

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE MINAS GERAIS

Graduação em Engenharia de Produção

Danielle Brey-Gil Faria

**MODELAGEM E SIMULAÇÃO DA MANUFATURA EM UMA INDÚSTRIA DE
EMBALAGENS PLÁSTICAS.**

Belo Horizonte

2012

Danielle Brey-Gil Faria

**MODELAGEM E SIMULAÇÃO DA MANUFATURA EM UMA INDÚSTRIA DE
EMBALAGENS PLÁSTICAS.**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de
Produção da Pontifícia Universidade Católica de
Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção
do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientador: Profa. Dra Maria Aparecida Fernandes
Almeida.

Belo Horizonte

2012

Danielle Brey-Gil Faria

**MODELAGEM E SIMULAÇÃO DA MANUFATURA EM UMA INDÚSTRIA DE
EMBALAGENS PLÁSTICAS.**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Produção da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Maria Aparecida Fernandes Almeida (Orientadora) – PUC Minas

Silvio Júlio Cavalcanti de Freitas – PUC Minas

Noel Torres Júnior - UFMG

Belo Horizonte, 14 de junho de 2012.

AGRADECIMENTOS

À orientadora, Professora Maria Aparecida Fernandes Almeida, e ao monitor de Pesquisa Operacional pelo apoio, incentivo, dedicação e suporte recebido.

A empresa pesquisada por permitir o desenvolvimento do estudo e o aprendizado agregado. Meus sinceros agradecimentos pela acolhida e contribuição da alta direção e funcionários, com os quais compartilhei e adquiri conhecimentos.

Aos colegas do curso de Engenharia de Produção que, de alguma forma, também contribuíram para esta construção.

RESUMO

As empresas de manufatura de bens buscam, dentre outras necessidades, estudar a otimização do seu processo produtivo da forma mais viável possível. A modelagem e simulação de sistemas permitem a execução de experimentos sobre a realidade sem a necessidade de estabelecer mudanças físicas. Este trabalho consiste em simular um processo produtivo de uma indústria de embalagens plásticas. O trabalho apresenta um modelo dinâmico com o uso de um software de simulação discreta. Os dados, coletados em três meses de produção, foram utilizados para identificar gargalos nos setores da fábrica. Foram estudados as entidades, os processos, as filas e os recursos do sistema. A partir do modelo original foram analisados diversos cenários obtidos com alterações nos parâmetros do modelo. O intuito foi identificar efeitos de melhoria no processo para apresentação à empresa como uma alternativa futura. Tais cenários representam novas oportunidades estratégicas para o empreendedor no que diz respeito ao aumento da produção e transformações na forma de trabalho.

Palavras-Chave: Manufatura. Simulação. Filas. Embalagens plásticas. Melhoria.

ABSTRACT

Companies manufacturing goods they seek, among other needs, study the optimization of their production process in the most feasible as possible. The modeling and simulation systems allow you to perform experiments on the reality without the need for physical changes. This work is to simulate a production process of a plastic packaging industry. The paper presents a dynamic model using a discrete simulation software. The data collected in three months of production, were used to identify bottlenecks in the factory sector. We studied the entities, processes, queues and system resources. From the original model were obtained with various scenarios analyzed changes in model parameters. The aim was to identify the purpose of improving the process for submission to the company as a future alternative. These scenarios represent a new strategic opportunities for the entrepreneur with regard to increased production and changes in the way of working.

Keywords: Manufacturing. Simulation. Queues. Plastic packaging. Improvement.

LISTA DE FIGURA

Figura 1 – Programação empurrada vs. programação puxada	13
Figura 2 – Sistema complexo de filas	17
Figura 3 - Sistema complexo de filas na empresa Beta.....	17
Figura 4 - Roda da estratégia competitiva	18
Figura 5 - Definição da estratégia produtiva	19
Figura 6 - Etapas da metodologia de modelagem	20
Figura 7 - Passos em um estudo de modelagem e sistemas.....	22
Figura 8 - Embalagens, sacos e bobinas plásticas	25
Figura 9 – Triagem.....	26
Figura 10 – Máquina aglutinadora	26
Figura 11 – Máquina recuperadora	27
Figura 12 – Máquina extrusora	28
Figura 13 – Máquina de corte e solda	28
Figura 14 – Acabamento.....	29
Figura 15 – Fluxograma geral do processo	32
Figura 16 – Fluxograma lógico criado no software Arena	32
Figura 17 – Definição de componentes da modelagem	33
Figura 18 - Classificação dos sistemas para fins de modelagem.....	34
Figura 19 - Linha de produtos em estudo	37
Figura 20 – Comparação Modelo Original x Modelo Proposto	43
Figura 21 – Cenário 08	43
Figura 22 – Gráficos Cenário 01 e Cenário 09: Taxa de ocupação x Servidor.....	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Tabela de parâmetros	38
Tabela 2 – Dados para alimentar o modelo no Arena	39
Tabela 3 – Cenário 01_cenário atual da empresa.....	41
Tabela 4 – Cenário 09_melhor cenário dos experimentos	42
Tabela 5 – Apuração do tempo do tempo em fila dos cenários 01 e 09	45

LISTA DE SIGLAS

OC – Ordens de Compra

OF – Ordens de Fabricação

OM – Ordens de Modelagem

SM - Dimensionamento

APS – Sistema de Programação Avançada

PE – Polietileno

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 Justificativa	13
1.2 Objetivos	14
1.2.1 <i>Objetivo Geral</i>	14
1.2.2 <i>Objetivos Específicos</i>	14
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	15
2.1 Conceitos Gerais.....	15
2.1.1 <i>Simulação e Modelagem</i>	15
2.1.2 <i>Teoria das Filas</i>	16
2.1.2 <i>Estratégia de produção e planejamento operacional</i>	17
2.2 Processo, Modelo e Sistema.....	19
2.2.1 <i>O modelo de um processo</i>	19
2.2.2 <i>A simulação de um processo</i>	20
2.2.3 <i>Aplicação</i>	20
3 METODOLOGIA	22
4 ESTUDO DE CASO	25
4.1 A empresa	25
4.2 Definição da Temática	29
4.3 Plano de simulação para a empresa Beta	30
4.3.1 <i>Formulação e análise do problema</i>	30
4.3.2 <i>Planejamento do projeto</i>	31
4.3.3 <i>Formulação do modelo conceitual</i>	32
4.3.4 <i>Coleta de dados</i>	35
4.3.5 <i>Tratamento de dados</i>	36
4.4 Análise	39
5 CONCLUSÃO	48
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	50
APÊNDICE A – PLANILHA DE BANCO DE DADOS.....	51
APÊNDICE B – RELATÓRIO DO CENÁRIO 9 GERADO PELO ARENA.....	52

1 INTRODUÇÃO

Todo ambiente fabril necessita de organização, planejamento, e controle de produção. E, para que se consiga traduzir um processo complexo em uma forma simples de se detectar possíveis problemáticas faz-se necessária a observação e o acompanhamento do serviço realizado em todos os setores de uma indústria. Uma das formas de se analisar esse processo é utilizando a simulação para sistemas complexos através da sua modelagem. A parte da representação do sistema em forma de blocos oferece uma visão como um todo e orienta o observador a perceber pequenas perturbações no sistema levando-o a reorganizar a estrutura existente. Por mais que as coisas aparentam estar em ordem, “a força do hábito induz o homem a não perceber pequenos problemas.” (Professor de Ciências Ambientais).¹

Já os relatórios podem ser utilizados na elaboração do planejamento de um negócio a partir da capacidade de relacionar Sistema – Entidade – Processo – Fila - Recurso em todos os setores. Sendo o planejamento um dos alicerces da engenharia, utilizamos técnicas que conferem a implementação da Time Based-Competition, ou competição com base no tempo. Sendo o tempo, uma medida facilmente determinada e que facilita a compreensão dos resultados de qualidade e eficiência dos processos, segundo HAR19xx citado por Portnoi (2012). É um procedimento que consiste em Mapear, Medir, Modificar e Acompanhar um problema para então modelar esta situação, propor soluções e acompanhar os resultados.

O eu contribui e facilita o controle de produção na medida em que o analista é capaz de alterar o valor das variáveis e simular os resultados sem prejudicar a produtividade na realidade. É uma forma de se fazer experimentos na alimentação da produção e avaliar o seu comportamento antes de modificá-lo.

Deste modo, o trabalho apresenta um estudo de caso em que foi aplicada a modelagem e simulação de sistemas para melhor ilustrar as vantagens de sua utilização. A empresa Beta, nome fictício, foi escolhida para estudo e análise crítica do processo produtivo. Foi construído um modelo que representa o fluxo produtivo da Beta de forma que possibilite a avaliação do sistema, para isto foi utilizado o software ARENA como ferramenta que auxiliou nessa implementação computacional. Tomando-se a importância desta aplicação Morris, citado por Altiok, pág.4, tradução feita pela autora (2007) afirma que “A modelagem de simulação foi

¹ Aula proferida na PUC-Minas, mai.2012.

aplicada para estimar as métricas de desempenho, para responder perguntas "E se?" e, mais recentemente, para treinar trabalhadores no uso de novos sistemas.”¹

Nesse sentido, Almeida (2009) conclui este raciocínio expressando que “Todo processo de identificação da distribuição de probabilidade mais adequado a expressar o comportamento da variável aleatória sob estudo começa, obrigatoriamente, com a coleta de dados.”

Portanto, após a definição da estrutura do presente trabalho, o primeiro passo foi realizar a coleta de dados, gerar distribuições de probabilidade que represente o comportamento de cada setor. Foi criado um modelo de acordo com o fluxograma da empresa e então teve início a simulação da manufatura de embalagens plásticas no período de 24 dias de trabalho. O que resultou na geração um relatório pelo software Arena, base para a identificação dos gargalos na produção.

Com o resumo da simulação do sistema real e avaliação dos resultados o objetivo foi gerar novos cenários a partir de alterações na quantidade de recursos utilizados com a finalidade de compor uma situação não existente para comparar os resultados e obter, após a simulação de 9 cenários, um modelo que melhor atenda a demanda. Resultado este que poderá ser utilizado, futuramente, pela empresa como uma estratégia produtiva, ou seja, de forma estratégica e empresa irá utilizar os resultados do estudo para fazer melhorias em seu processo produtivo atual, garantindo assim melhor produtividade, um ganho mercadológico.

Desta forma, utilizando uma simulação computacional é possível estudar o sistema antes de implantar qualquer mudança real, evita desgastes com testes fracassados. Se ganha mais eficiência no desenvolvimento de projetos garantindo melhores resultados. Os níveis de detalhes necessários para inserir no software permitem ao analista ampliar a sua visão e perceber alguns detalhes que antes não eram considerados, porém eles são o diferencial no estudo. A grande vantagem de uma simulação é a possibilidade de perceber outros comportamentos de processo, indagar a respeito daquilo que está acontecendo e, discutir o novo.

¹ Simulation modeling has been applied to estimate performance metrics, to answer “what if” questions, and more recently, to train workers in the new systems.

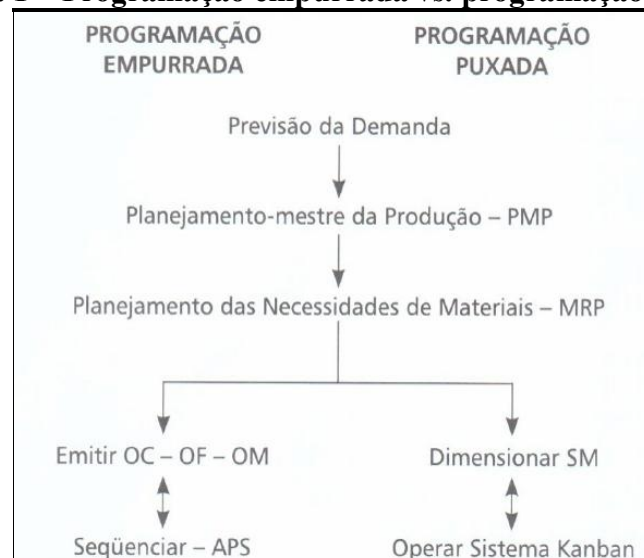
1.1 Justificativa

Uma empresa que busca manter-se e destacar-se no mercado melhora sua produtividade, reduz desperdícios e atende bem ao cliente através de estratégias competitivas. Simular o processo, identificar gargalos e avaliar os resultados tornam-se então prioridades para este estudo. A empresa Beta possui mais de 30 anos de mercado e sofre constantes transformações no seu processo devido ao alto nível de diversidade de seus produtos, uma vez que o seu sistema produtivo é classificado como sistema em lote.

A diferenciação, se alcançada, é uma estratégia viável para obter retornos acima da média em uma indústria porque ela cria uma posição defensável para enfrentar as cinco forças competitivas, embora de um modo diferente do que na liderança de custos. (PORTER, 2004).

Desta forma, ela atende aos clientes que procuram por um produto padronizado ao mesmo tempo em que atende outros clientes que buscam uma especificação diferenciada no produto. O que gera a necessidade de se fazer a programação empurrada e a programação puxada na mesma empresa. Veja:

Figura 1 – Programação empurrada vs. programação puxada



Fonte: TUBINO, 2008

Características estas que foram determinantes na fase de coleta de dados. Pois, diante de um sistema complexo, o presente trabalho representa apenas uma parte da linha de produtos da programação empurrada, ou seja, para fabricação de um produto com

especificações padronizadas a estação de trabalho anterior produz sem se preocupar se a próxima etapa está apta a receber, simplesmente empurra a produção.

Tomando-se conhecimento dessa complexidade na produção, entende-se que o uso de um instrumento capaz de relacionar todas as variáveis em um só modelo é a opção mais próxima da realidade. Portanto, foi criado um modelo de simulação gráfico e visual de forma integrada.

E que o desenvolvimento deste seja proveitoso para outras indústrias em diferentes áreas.

1.2 Objetivos

1.2.1 *Objetivo Geral*

- Criar modelo para o processo produtivo em estudo utilizando um software de simulação. E, analisar a dinâmica do sistema de acordo com os princípios da simulação como estratégia produtiva contribuindo para a empresa.

1.2.2 *Objetivos Específicos*

Os objetivos específicos do presente trabalho foram citados a seguir, de acordo com a avaliação de um estudo de caso do sistema de manufatura de embalagens plásticas:

- Criar um modelo de Simulação discreta de ordem de pedidos em uma indústria de embalagens;
- Identificar os gargalos existentes no processo produtivo da empresa em estudo;
- Propor melhorias para os gargalos do processo em estudo a partir da criação de um novo modelo utilizando um software de simulação.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Conceitos Gerais

2.1.1 *Simulação e Modelagem*

Existem várias definições para simulação de sistemas nas produções literárias. De acordo com NAYLOR citado por ALMEIDA (2009),

“Simulação é uma técnica numérica para realizar experiências em um computador digital, envolvendo certos tipos de modelos lógicos que descrevem o comportamento de um sistema econômico ou de negócios (ou um aspecto parcial de um deles) sobre extensos intervalos de tempo.” (NAYLOR citado por ALMEIDA, 2009)

Segundo Schiber citado por Almeida (2009), “[...] implica na modelagem de um processo ou sistema, de tal forma que o modelo imite as respostas do sistema real numa sucessão de eventos que ocorrem ao longo do tempo.” Para Gordon citado por Almeida (2009), “[...] é a técnica de solucionar problemas observando o desempenho no tempo de um modelo dinâmico do sistema.” Conforme Prado (2009), “[...] trata de modelos simbólico-diagramático-computacionais.”

Porém, a definição que melhor se adequa a esta construção é citado por Pegden (1991), que afirma que simulação é o processo de projetar um modelo computacional de um sistema real e conduzir experimentos com este modelo com o propósito de entender seu comportamento e/ou avaliar estratégias para sua operação. Nota-se que, foram gerados 8 experimentos a partir do cenário do modelo atual da empresa para se alcançar um resultado estável e satisfatório. Assim, a partir dos relatórios do 9º cenário, que representa o modelo ideal na solução da problemática, é que foram feitas implicações no comportamento do sistema para melhorias futuras no processo.

Modelagem é a concepção de uma representação simplificada de um sistema complexo de uma empresa com o objetivo de fornecer previsões de medidas (métricas) da performance do sistema de interesse. Tal representação simplificada é chamada de modelo. O modelo é projetado a captar determinados aspectos comportamentais do sistema modelado – aqueles que são de interesse do analista/modelador – a fim de obter conhecimento e uma visão sobre o

comportamento do sistema. (MORRIS citado por ALTIOK (1967), pág.1, tradução feita pela autora)¹

2.1.2 Teoria das Filas

Um dos aspectos mais comuns na linha de produção de uma indústria instável é o acúmulo de produtos em fila esperando para serem processados pelo próximo setor de serviço. O que pode caracterizar problemas na qualidade, produtividade e aumento nos custos da produção.

Este assunto é um dos pilares abordados pela Pesquisa Operacional com diversas aplicações no mercado, seja na produção de bens ou serviços. “A Teoria das Filas trata de problemas de congestionamento de sistemas, onde a característica principal é a presença de “clientes” solicitando “serviços” de alguma forma”, afirma ANDRADE (2004).

Em todos os modelos desta Teoria são utilizadas as seguintes expressões, e seus respectivos significados neste trabalho:

Clientes/Entidades = material, medido em kg, que entra ou sai de cada processo produtivo

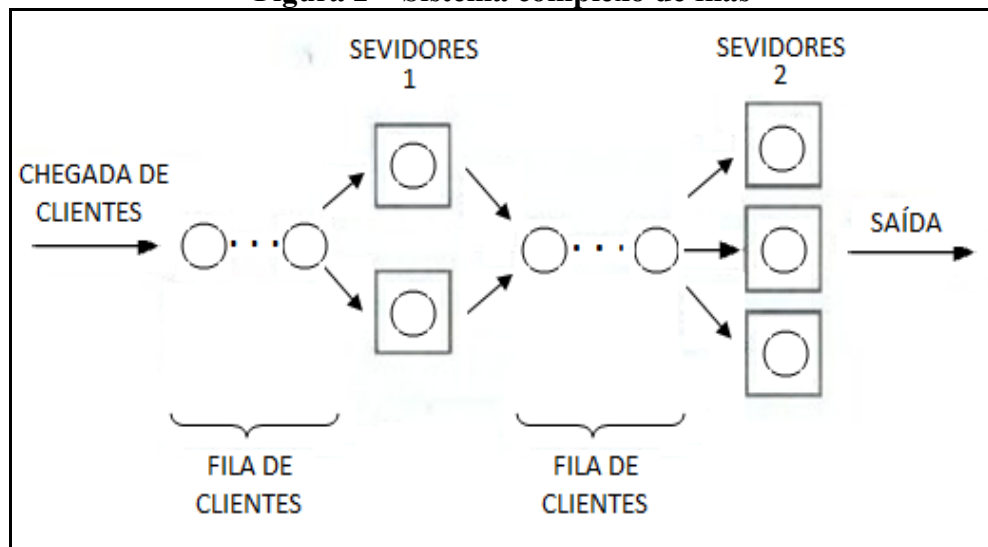
Servidores = maquinário ou posto de trabalho utilizado em cada processo

Recursos = número de operários por servidor

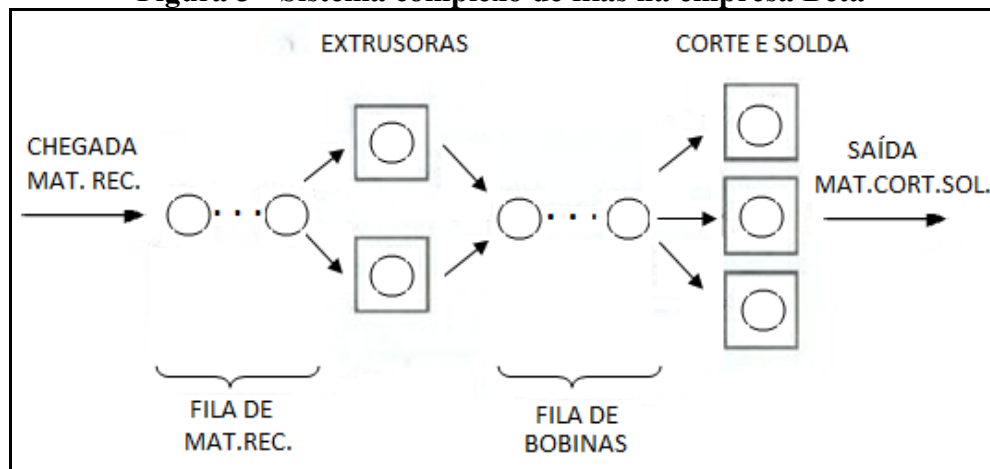
Fila = sequência de material aguardando para ser processado

Observe o diagrama abaixo que representa um sistema complexo de filas. A chegada de clientes gera uma fila para ser atendida pelos servidores. Sendo que o número de servidores varia de acordo com o setor e, finalmente, se obtêm o produto gerado por este setor.

¹ Modeling is the enterprise of devising a simplified representation of a complex system with the goal of providing predictions of the system's performance measures (metrics) of interest. Such a simplified representation is called a model. A model is designed to capture certain behavioral aspects of the modeled system – those that are of interest to the analyst/modeler - in order to gain knowledge and insight into the system's behavior.

Figura 2 – Sistema complexo de filas

Fonte: Adaptado de Andrade, 2008, p.131

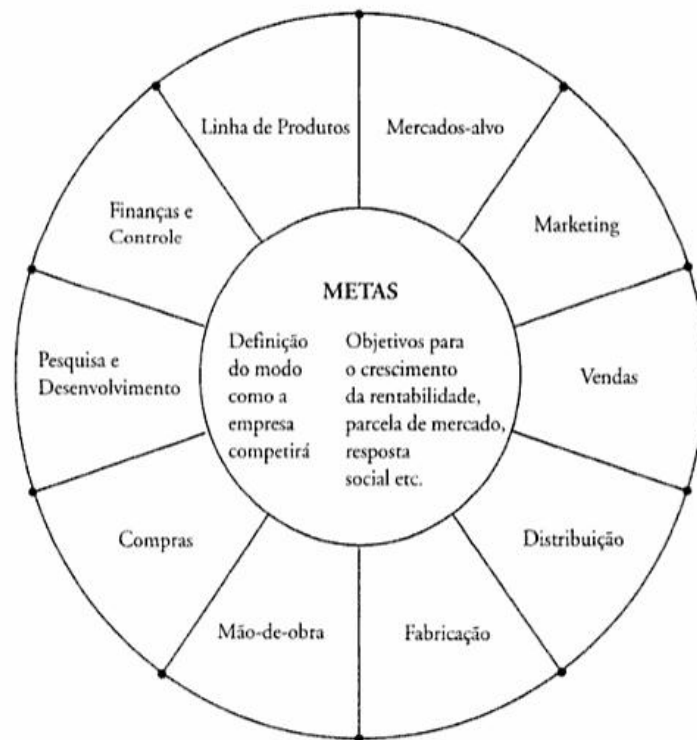
Figura 3 - Sistema complexo de filas na empresa Beta

Fonte: Adaptado de Andrade, 2008, p.131

2.1.2 Estratégia de produção e planejamento operacional

Uma organização séria visando desenvolver uma estratégia competitiva para ganhar mercado toma como referência um método muito utilizado para formulação de estratégias padrão para o negócio.

Figura 4 - Roda da estratégia competitiva



Fonte: PORTER, 2004, Introdução XXXVI

A essência dessa estratégia comporta aspectos políticos internos e externos da empresa relacionado em acordo com seus objetivos e metas. Entretanto, vamos abordar apenas um elemento dentre os raios da roda, a estratégia ligada à fabricação. Neste sentido, justificamos nosso estudo no intuito de analisar as simulações visando o melhor resultado que garanta competitividade para a empresa Beta. Transformações que garantem o aumento da qualidade e produtividade e, a redução de custos. Assim, corrobora-se a necessidade deste estudo em direção à estratégia produtiva.

De acordo com Tubino (2008), a estratégia produtiva consiste na definição de um conjunto de políticas, no âmbito da função de produção, que dá sustento à posição competitiva da unidade de negócios da empresa. A estratégia produtiva deve especificar como a produção irá suportar uma vantagem competitiva e como ela irá complementar e apoiar as demais estratégias funcionais. O objetivo é extrair deste conceito a idéia de que a modelagem de um sistema através da simulação computacional também significa uma ação estratégica para a empresa que deseja alinhar todas as áreas de sua empresa de forma a garantir melhor

aproveitamento dos recursos com o menor custo possível. Veja os critérios e áreas contempladas por este conceito:

Figura 5 - Definição da estratégia produtiva



Fonte: TUBINO, 2008, p.39

2.2 Processo, Modelo e Sistema

2.2.1 O modelo de um processo

“Porque criar um modelo do processo produtivo sendo que já sabemos aonde ocorre o gargalo?” (Informação verbal).¹. Esta é uma das perguntas feitas por empresários que já consideram conhecer bem o processo produtivo da empresa e, pela força do óbvio, não permitem que se estude determinadas dificuldades sofridas pela organização. Aqui é que se dá início ao trabalho realizado na empresa Beta, desde o conhecimento do sistema até a sua análise.

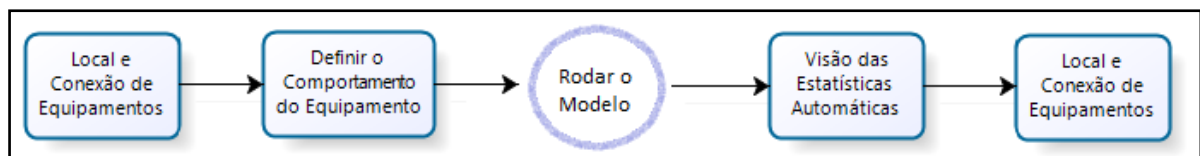
A formulação do modelo deve ser realizada de forma gradativa, que inicia com rascunhos de um fluxograma, para então se definir os componentes, descrever as variáveis e as interações lógicas que compõem o sistema até se chegar a um modelo consistente de informações, FREITAS (2008).

A modelagem, então, segundo FREITAS (2008) é um processo de criação e descrição simplificando organizações e o seu funcionamento do sistema real.

¹ Dados da entrevista. Pesquisa de campo realizada na empresa Beta, set.2011.

Para a composição e construção da modelagem devem-se seguir alguns passos para que o analista/modelador garanta que serão abordadas as principais características de um modelo. Para tal, temos como referência um fluxograma do guia do usuário Arena Packaging, (2010) descrito em cinco etapas:

Figura 6 - Etapas da metodologia de modelagem



Fonte: Adaptado de Rockwell, 2010, p.6, tradução feita pela autora

2.2.2 A simulação de um processo

Simulação compreende avaliar o comportamento do sistema a cada momento em que se altera índices para testar alterações no processo. Serve para verificar e encaminhar soluções destinadas aos problemas frequentes enfrentados por analistas de diversos seguimentos.

2.2.3 Aplicação

A simulação de processos pode ser aplicada a inúmeros sistemas relacionados à indústria, comércio ou serviços. Como, por exemplo, um sistema de produção no segmento de vedação de uma empresa de médio porte. Caso estudado por Guimarães (2011).

No estudo de caso citado acima, fez-se a análise do processo descrevendo as etapas do mesmo para que se possa compreender o ambiente em estudo e elaborar um modelo o mais próximo do real possível. O que contribui para uma análise da simulação a partir da coleta de dados. Uma das partes mais importantes do trabalho, pois, segundo Freitas (2008), o fato é que se necessita de dados para simular corretamente um sistema.

Estruturada a lógica do modelo, definidas todas as entidades, determinados os indicadores de desempenho, e mensurada a unidade de tempo do estudo, realizou-se a

animação da modelagem e a análise dos resultados. Momento em que se propõem melhorias no processo no que diz respeito à alocação de recursos para atender bem ao mercado exigente.

Desta forma, como respaldo para a empresa em estudo, agora é possível identificar as limitações e ociosidades do processo, otimizar a alocação de funcionários, identificar ociosidade nos tempos de ocupação e saber, antecipadamente, qual a disponibilidade de fabricação para definir seu planejamento de produção.

Vantagens estas, antes citadas por Pegden (1991) e Banks(1984):

- O tempo pode ser controlado, comprimido ou expandido, permitindo reproduzir os fenômenos de maneira lenta ou acelerada, para que se possa melhorar estudá-los.
- Identificação de “gargalos”, preocupação maior no gerenciamento operacional de inúmeros sistemas, tais como fluxos de materiais, de informações, e de produtos.
- Mostrar realmente como o sistema opera com relação a capacidade.

Observa-se então a vasta aplicabilidade e benefícios na representação de um modelo operacional e na simulação de seu sistema produtivo.

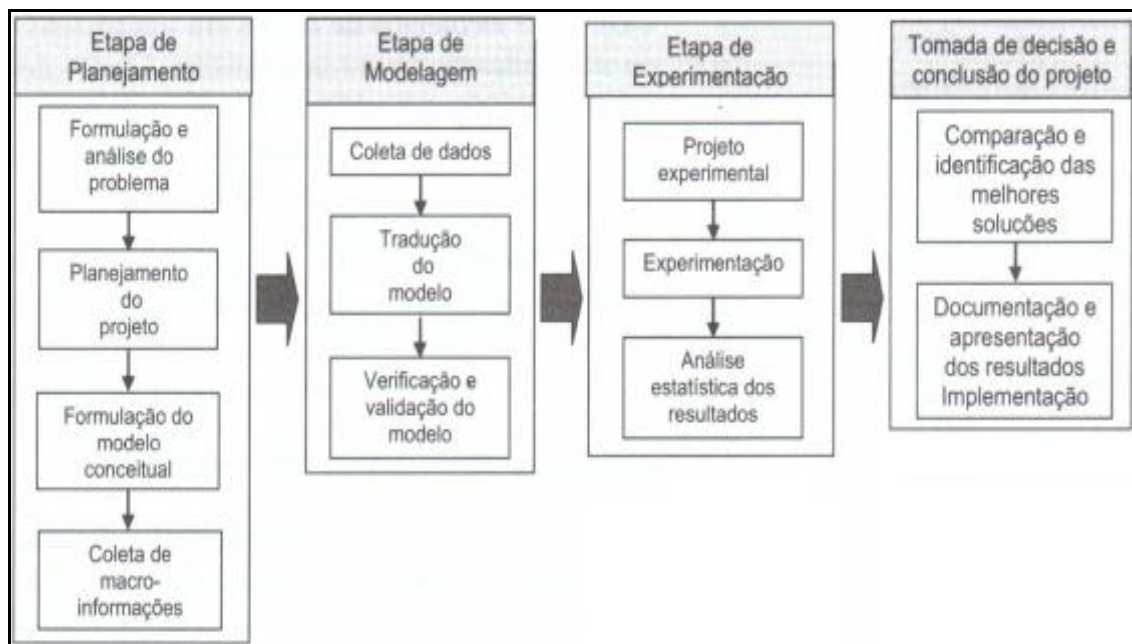
3 METODOLOGIA

A metodologia experimental é baseada na execução de vários passos de forma lógica para se concluir a simulação e gerar os resultados. Segundo Pegden (1991), de forma geral, a simulação é um processo mais amplo, e compreende o método experimental como:

- Descrever o comportamento do sistema
- Construir teorias e hipóteses considerando as observações efetuadas
- Usar o modelo para prever o comportamento futuro, isto é, os efeitos produzidos por alterações no sistema ou nos métodos empregados em sua operação.

E, de acordo com os principais autores que estudam o assunto como Banks (1984), Law e Kelton (1991), Pegden (1990) e Kelton e Sadowski (1997) os principais passos na formulação de um estudo de Modelagem e Simulação são:

Figura 7 - Passos em um estudo de modelagem e sistemas



Fonte: Adaptado de Freitas, 2008, p.29

Sendo assim, dividimos a metodologia em 13 etapas a seguir:

- 1ª _ Seleção da Metodologia: Simulação de Sistemas. Corresponde à simulação do sistema produtivo da empresa do Estudo de caso;
- 2ª _ Seleção das Técnicas: Técnica de Simulação Discreta e Teoria das Filas, ou seja, os valores das variáveis de estado são alterados apenas em pontos bem definidos;
- 3ª _ Seleção do software de simulação: ARENA;
- 4ª _ Construção de um modelo do processo estudado: Fluxograma. Foram representados todos os setores que envolvem o processamento da linha de produtos em estudo;
- 5ª _ Coleta de dados: tempo de execução das tarefas em cada setor produtivo. A coleta dos dados foram realizadas em pesquisa de campo, sendo medidos até 3 vezes ao dia, todos os dias durante 3 meses na execução de cada tarefa em estudo;
- 6ª _ Fazer um estudo estatístico dos dados (amostragem);
- 7ª _ Inserir os dados no software ARENA de acordo com os caracteres exigidos pelo programa. A partir do banco de dados, todos os valores coletados em pesquisa de campo foram inseridos na ferramenta do Input Analyzer para gerar as expressões de distribuição de probabilidade. Desta forma, as expressões foram inseridas no software de acordo com o solicitado em cada bloco.
- 8ª _ Revisar o processo elaborado no software ARENA. Consiste em fazer uma avaliação visual e analítica do modelo verificando se este modelo condiz com o processo real da empresa em estudo;
- 9ª _ Fazer a simulação. Após a validação do modelo, inicia-se a primeira simulação utilizando o sistema computacional. Em que serão observados o comportamento do sistema a partir da avaliação do movimento dos insumos no decorrer do processo e visualização dos indicadores de funcionamento da simulação presente em cada bloco;
- 11ª _ Gerar relatórios. Ao finalizar a simulação, o software gera os relatórios referentes à simulação. São apresentados dados numéricos e gráficos referente ao comportamento do sistema em cada setor do processo;

12^a_ Analisar resultados identificando os gargalos. A partir dos dados dos relatórios, serão identificados os setores que apresentam gargalos no processo. Cabe ao analista, utilizar critérios técnicos e de percepção para fazer tais inferências;

13^a_ Criar um novo modelo de melhoria para o processo. Após a simulação e análise do primeiro modelo o analista/modelador deve realizar alterações em alguns parâmetros deste modelo para iniciar este processo de experimentação. Assim, serão criados novos modelos até que seja definido um modelo que apresente resultados de melhoria no processo.

4 ESTUDO DE CASO

4.1 A empresa

A empresa Beta atua no mercado há mais de 30 anos e possui como principal atividade a reciclagem de sacos plásticos, transformação de resinas termoplásticas de baixa densidade (PE) e distribuição do produto acabado.

Hoje, atenta ao bom atendimento ao cliente, fabrica seus produtos dentro das especificações definidas pelas normas brasileiras, em tempo hábil e com alto nível de qualidade. Esse é o caminho que ela traça para atender bem o mercado da forma como ele merece.

Determinada a consolidar parcerias com seus clientes, fornecedores e funcionários, a Beta desenvolve a melhoria contínua de seus produtos e processos e mantém um excelente ambiente de relacionamento entre todos os envolvidos. Além de contribuir para o desenvolvimento sustentável através da reciclagem de embalagens plásticas, uma atividade realizada por poucas empresas em Minas Gerais.

Figura 8 - Embalagens, sacos e bobinas plásticas



Fonte: Fotos da autora

A linha de produtos envolve a fabricação de sacos, películas e embalagens plásticas. Sendo o estudo do fluxo de matéria-prima na produção o foco deste trabalho e, o plano de simulação e a análise de resultados dos experimentos o produto deste trabalho.

Os setores de produção e uma visão geral de cada um de acordo com FARIA (2010):

► Separação

Figura 9 – Triagem



Fonte: Fotos da autora

- O primeiro setor do processo realiza a limpeza do material como um todo;
- Os sacos vindos do refugo de outras empresas é separado manualmente de papéis; cordas, durex, e qualquer outra impureza que possa existir;
- O material é então ensacado e reservado ao próximo setor.

► Aglutinação

Figura 10 – Máquina aglutinadora



Fonte: Fotos da autora

- Aglutinar (Colar, unir, juntar);

- Nesta fase o material é inserido no aglutinador que irá cortar o plástico até virar um farelo que é derretido e novamente solidificado com água fria a fim de formar grãos para melhor ser inserido ao funil da máquina seguinte.

► Recuperação

Figura 11 – Máquina recuperadora



Fonte: Foto da autora

- Nesta fase os grãos de plástico são transportados ao funil e inseridos por meio de uma rosca sem fim em um tubo revestido de 12 resistências aumentando a temperatura do material a 250° este é forçado a passar por um conjunto de telas aonde serão retiradas impurezas finas como limalhas e até mesmo areia;
- Após passar pelas telas o material derretido é extraído da máquina em forma de fios que são resfriados em uma banheira e picotados a fim de formar grãos prontos para se transformarem um novo saco plástico.

► Extrusão

Figura 12 – Máquina extrusora

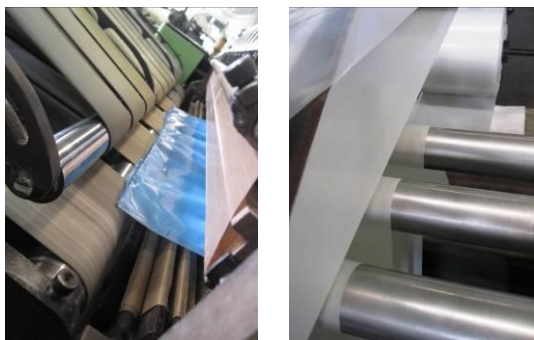


Fonte: Fotos da autora

- O material agora já em forma de grãos e sem nenhum tipo de impureza é levado para a extrusora que irá injetar o material em um novo tubo, derretido a 180° e através de uma matriz circular irá tomar forma tubular com ajuda da inserção de ar no seu centro definindo seu diâmetro;
- Para definição de sua espessura a máquina controla a velocidade do motor de inserção de material e a velocidade da bobinadeira que irá enrolar o produto em tarugos para, posteriormente, ser levado ao processo de corte e solda.

► Corte-Solda

Figura 13 – Máquina de corte e solda



Fonte: Fotos da autora

- Neste setor o material tubular será desbobinado passando por rolos de compensação de tração e transportado até uma matriz horizontal que irá cortar o saco em um tamanho especificado e ao mesmo tempo fazer a solda do fundo do saco por meio de uma prensa aquecida;
- O material é retirado de acordo com a quantidade pré-determinada e preparado para o seu recebimento no setor de acabamento.

► Acabamento

Figura 14 – Acabamento



Fonte: Fotos da autora

- Este setor tem a finalidade de embalar o material produzido na forma em que ele irá ser entregue á seus clientes.
- Os sacos plásticos além de serem testados, contados e embalados serão também identificados de forma à cumprir todas as exigências dos fornecedores.

4.2 Definição da Temática

Após definir o tema deste trabalho, o objetivo foi selecionar referências bibliográficas que ilustrassem a importância do mesmo através das definições das ferramentas utilizadas e da finalidade de cada uma. Não menos importante, esclarece a aplicabilidade no mercado inserido nos conceitos de Engenharia de Produção.

Escolhemos a essa empresa, porque foi percebido nela a cultura de se fazer modificações no sistema visando à melhoria na qualidade e produtividade para o atendimento do mercado.

Desta forma, entendeu-se ser pertinente uma análise em uma das áreas que sustentam o negócio de uma indústria: processo. E, criar um modelo que represente o fluxo da produção como um todo, para então se analisar o sistema e criar um novo cenário sugerindo modificações no mesmo.

4.3 Plano de simulação para a empresa Beta

O plano de simulação é um roteiro de estudo que foi criado para a empresa Beta em vista de orientar o analista/modelador no desenvolvimento da simulação. Segundo Harrel citado por ALMEIDA (2009), “[...] é uma forma de se planejar as experiências”.

4.3.1 Formulação e análise do problema

Este trabalho estuda o processo de reciclagem e manufatura de embalagens plásticas desde a chegada de material para triagem, transformação e acabamento da matéria-prima, embalagens plásticas flexíveis.

Em função do estudo deste processo e da identificação dos setores em que apresentem gargalo na chegada (alimentação) de material no processo, faz-se necessário o planejamento de ordem de produção, dimensionar o número de operadores por setor e o número de máquinas em operação, muito bem projetados a fim de se evitar acúmulo de material entre os processos, retrabalho e atrasos nas entregas.

O modelo em análise consiste em 6 processos de produção, organizados em uma linha de produção em U em que o produto gerado na saída de cada processo torna-se o produto de entrada do processo seguinte. A cada fase o material sofre transformações físico-químicas até se obter um resultado em acordo com o esperado. De acordo esses dados, foi elaborada uma simulação, utilizando o software Arena, a partir de um modelo geral do sistema, para se verificar a taxa de chegada e a taxa de atendimento de cada processo.

- a) Por que o problema está sendo estudado? O propósito é a modelização da taxa de atendimento, processamento, assim como o da taxa de chegada representando a

utilização dos recursos em 8 horas diárias de funcionamento dos setores no período de 24 dias em um mês.

b) Quais serão as respostas que o estudo espera alcançar? A partir da apropriação deste estudo nos conceitos da teoria das filas, os relatórios gerados na última fase da simulação serão instrumento para gerar os seguintes resultados:

- Tempo médio de espera em fila
- Número de servidores necessários para o equilíbrio do sistema
- Taxa de ocupação dos servidores
- Número de entidades de saída antes e depois dos experimentos
- Setor (es) que indicam a ocorrência de gargalo.

4.3.2 Planejamento do projeto

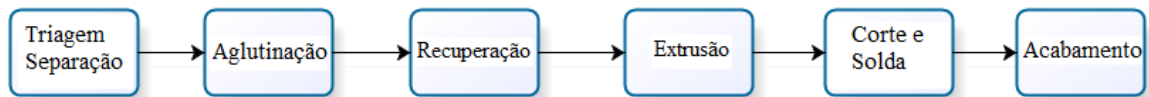
a) Recursos

- 1 analista/modeladora estudante do curso de Engenharia de Produção da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais.
- Alta direção e funcionários da empresa Beta.
- 3 computadores equipados com o software Arena versão 13.90.00000.
- Pesquisa de campo, entrevista e banco de dados coletados na empresa Beta.
- Consulta a materiais didático e científico.
- Laboratório de informática e biblioteca da instituição PUC-Minas.

b) Cronograma para desenvolvimento do trabalho

4.3.3 Formulação do modelo conceitual

Figura 15 – Fluxograma geral do processo

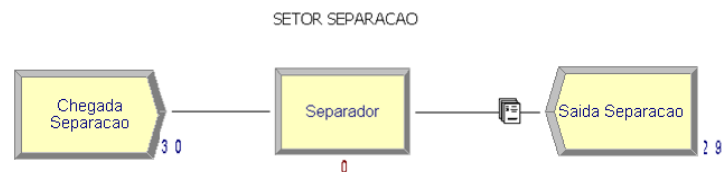


Fonte: Elaborado pela autora

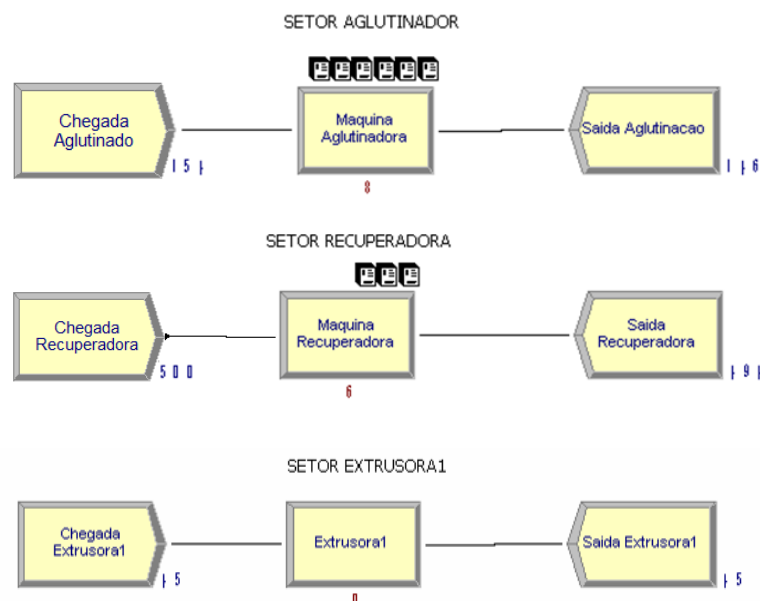
O fluxograma da Figura 15 é uma representação macro da linha de processamento do insumo para fabricação de sacos plásticos flexíveis. Passando pelos setores de reciclagem (Triagem/Separação, Aglutinação e Recuperação), transformação (Recuperação e Extrusão), Corte e Solda e, por fim, o setor de embalagem e acabamento do produto.

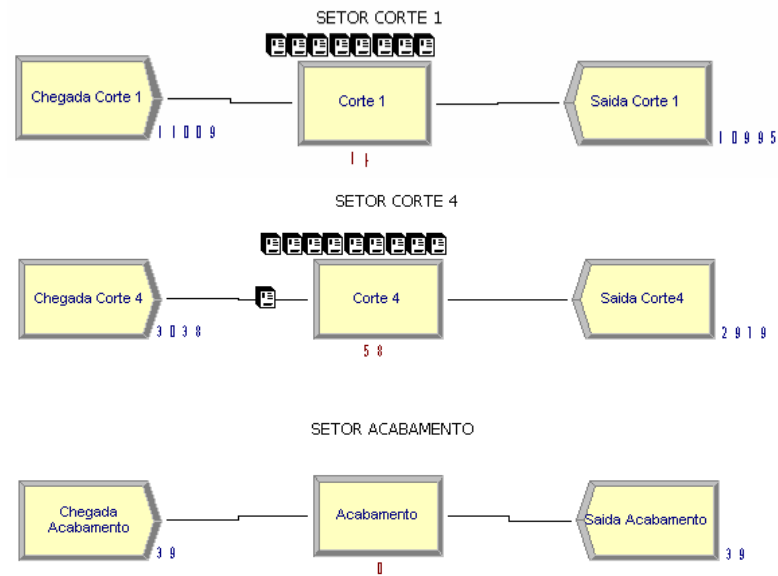
Figura 16 – Fluxograma lógico criado no software Arena

(continua)



(conclusão)

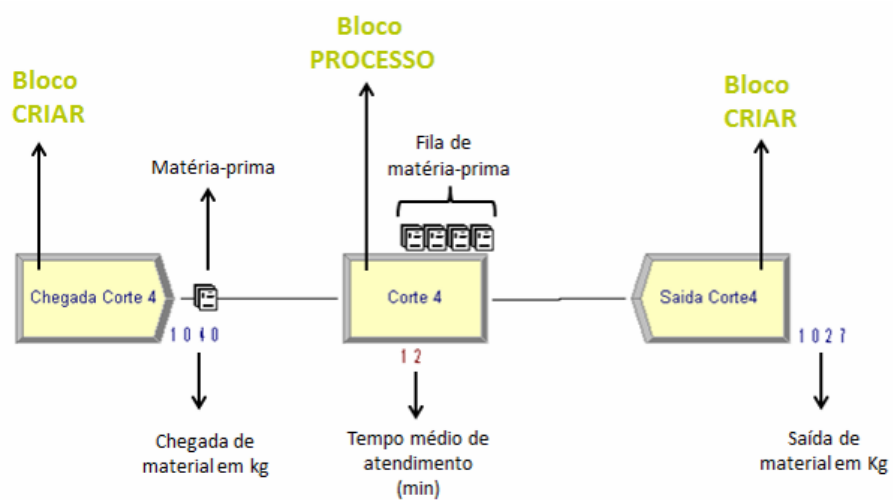




Fonte: Elaborado pela autora

Para entendimento do fluxo lógico do software Arena segue um esquema com a definição dos componentes de um modelo:

Figura 17 – Definição de componentes da modelagem



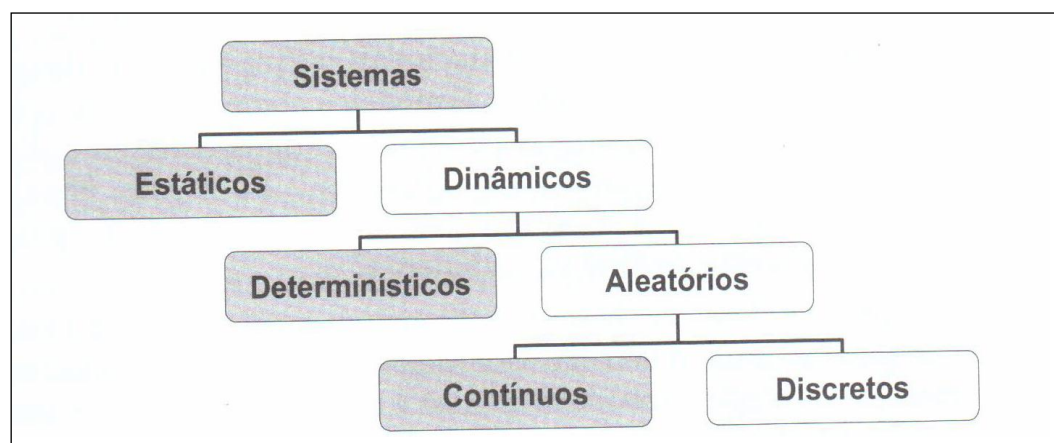
Fonte: Elaborado pela autora

A Figura 17 é modelo originalmente construído no software de simulação. Sendo um módulo de animação permitindo a visualização dos indicadores de chegada, saída e tempo em tempo real, podendo ser acelerado ou retardado de acordo com o pretendido. A modelagem do fluxograma lógico criado faz referencia aos 6 processos em estudo com seus respectivos blocos de controle de entrada e saída de material. Sendo interligados diretamente por processo e indiretamente, em nuvem, entre processos. Cria-se assim um fluxo de material entre eles em sentido único. E, para se identificar cada bloco foi possível inserir o nome da máquina e o nome do “cliente” de entrada e saída de cada fase, veja Figura 18.

Os números em azul, mostrado no primeiro bloco, representam a taxa de chegada de material plástico medido em quilogramas/minuto. No segundo bloco, os números em vermelho ilustram o tempo médio de atendimento, processamento, de cada quilograma de insumo/minuto. Por sua vez, o terceiro bloco, também com um numeral em azul, representa a taxa de saída de material plástico medido em quilogramas/minuto.

De acordo com a Figura 19, uma classificação dos modelos de simulação determinado por Freitas (2008). O modelo da Figura 17 é classificado como um sistema aleatório dinâmico discreto. Em que as variáveis de estado não são alteradas no decorrer do tempo sendo que seus valores só mudam em determinados pontos.

Figura 18 - Classificação dos sistemas para fins de modelagem



Fonte: FREITAS, 2008, p.46

A simulação é uma técnica que permite a simulação de sistema como um todo ou de forma isolada. Em vista do modelo da Figura 17, apesar de ser uma modelo que envolve o

movimento sequencial de material nos 6 setores descritos, as mesmas possuem uma disposição física independente, facilitando e permitindo o uso de cada setor para um estudo independente. Sendo assim, a análise das operações pode contribuir tanto para conhecer e avaliar um problema global quanto um problema de partes dos componentes desse sistema. Neste contexto, como o estudo foca a identificação de gargalos no processo a exploração de experimentos e resultados dos setores de forma estratificada pode se tornar objeto de estudos futuros.

4.3.4 Coleta de dados

Esta fase do estudo em questão é indispensável para se identificar as distribuições de probabilidade mais adequadas ao procedimento real. E, inclusive, pode ser o início dos entraves para se desenvolver uma pesquisa de campo, pois nem sempre os dados estão disponíveis como uma coleta regular da empresa, caso existam, nem sempre estarão disponíveis para exploração e divulgação e ainda, caso mais complicado, a coleta pode ser muito complexa e/ou de difícil acesso. Entretanto, a qualidade dos resultados dependerá da eficácia do tratamento dos dados coletados.

A partir dessa perspectiva, a determinação de como os dados seriam coletados e tratados se fez da seguinte forma:

- Criação de uma tabela de controle diário da produção registrando o setor, máquina, descrição do material em operação, início e término da atividade e quantidade de material produzido.

O apontamento foi realizado nos setores de triagem, recuperação, extrusão e corte e solda de duas à três vezes ao dia. Considerando a produção diária em operação no período de 3 meses fechados, dezembro/2011 à fevereiro/2012, de 6 h às 19 h de segunda à sexta e, aos sábado de 6h às 16h, excluindo domingos e feriados.

Para o processo de aglutinação os dados foram determinados com base em estimativas de operadores, pois a sequência de atividades neste processo não apresenta grandes diversificações entre uma amostragem e a outra. Desta forma, a pesquisa de campo foi realizada com o operador mais experiente no setor para se obter dados mais confiáveis. Um caso semelhante foi a apuração dos dados do setor de acabamento, pois apesar da baixa diversidade no tempo de processamento deste setor a apuração em tempo real apresentava

dificuldades por três motivos: alta rotatividade de ordem de produção, localização física do setor, indisponibilidade de tempo da autora de forma eficaz para o estudo.

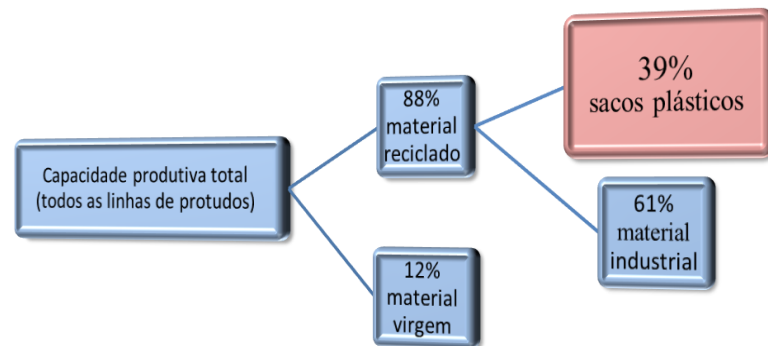
- Geração de uma planilha, no programa Excel, de banco de dados para apuração de todos os dados coletados. Como mostrado no Apêndice A.

O programa de Excel é um aplicativo muito utilizado pelo mercado como um todo na produção de planilhas que concentrem dados pertinentes a um ambiente em estudo. Possibilitando ainda a inserção de inúmeros dados, neste caso em específico, contando com todas as tabelas geradas para análise do processo, foram coletados mais de 16800 dados numéricos, ou não, referentes aos apontamentos em pesquisa de campo.

4.3.5 Tratamento de dados

Etapa realizada na medida em que os dados eram disponíveis ou no momento oportuno para o analista/modelador. É preciso ter discernimento e atenção para se extrair exatamente as informações que colaborem com os objetivos do analista e possível alcance nos estudos. Assim, toda informação deve ser organizada de forma compreensível por uma terceira pessoa o que facilita a discussão da problemática entre áreas distintas. E, além disso, pode-se fazer necessária a divulgação de tais documentos para aqueles que apenas queiram acompanhar os resultados finais através da observação dos arquivos gerados pelo estudo.

Neste contexto, programa Excel foi explorado com a finalidade de estudar o comportamento das operações de forma pontual a partir da ferramenta filtros, permitindo a analista selecionar apenas as informações pertinentes a gama de produtos em estudo, uma vez que, esta distinção de produtos durante a coleta de dados seria um complicador atrasando os apontamentos. Segue esquema de como foi definida a linha de produtos para estudo:

Figura 19 - Linha de produtos em estudo

Fonte: Dados da pesquisa

Foi definido estudar o grupo de material reciclado para fabricação de sacos plásticos, pois esta produção segue as padronizações definidas pelas normas brasileiras do plástico. O que minimiza a complexidade do estudo e confere maior credibilidade. Pois, o processo de produtos padronizados segue uma sequência de produção mais linear do que a análise da linha de produtos fabricados sob especificações especiais de acordo com as necessidades dos clientes. Sendo o processo de fabricação da linha de produtos especiais muito mais complexo.

A criação do modelo do sistema exige do analista inserir dados tais como: taxa de chegada, taxa de saída, tempo de processamento, número de entidades, número de recursos, etc. No caso da Figura 20, como foram coletados dados de todo o processo nas mais diversas condições/situações, atípicas ou não, o analista adotou os seguintes critérios na exclusão de valores:

- dados referentes às outras de linhas de produto;
- de cunho duvidoso, no caso das estimativas dos operadores;
- produção em véspera de feriado;
- produção relativa a hora extra;
- relativo ao trabalho de funcionários em teste ou período de experiência;
- relativo a funcionários que possuem mais de uma função simultânea (encarregado de produção);
- no que diz respeito a setores e maquinários não contabilizados no estudo;
- anotações realizadas por funcionários com baixo grau de instrução.

Sabe-se que, as menores variações no ambiente de trabalho podem prejudicar a excelência na execução dos serviços, portanto, esta foi a principal razão de se eliminar dados não confiáveis. Este é um motivo-problema que distancia os resultados finais da modelagem dos resultados reais.

Após definir o fluxograma lógico do modelo, o segundo passo é gerar as distribuições de probabilidade. Os valores selecionados no banco de dados foram inseridos no Input Analyzer, ferramenta provida como um componente padrão do software Arena, com o objetivo de determinar a qualidade da forma da distribuição de probabilidade a partir da extração do gráfico da distribuição juntamente com a expressão que a determina.

Para inserir a distribuição nos blocos de chegada de cada setor foram extraídos os valores do banco de dados para determinar:

Tabela 1 – Tabela de parâmetros

Parâmetros	Variáveis de chegada	Fórmula	Unidade
Intervalo médio entre chegadas	IC	$\frac{1 \text{ hora}}{\lambda}$	hora
Ritmo médio de chegada	λ	$\frac{\text{N}^\circ \text{ chegadas}}{\text{hora}}$	$\frac{\text{clientes}}{\text{hora}}$
Parâmetros	Variáveis referentes ao atendimento	Fórmula	Unidade
Taxa médio de atendimento	TA	$\frac{\sum \text{atendimentos}}{\text{N}^\circ \text{atendimentos}}$	$\frac{\text{clientes}}{\text{min}}$
Ritmo médio de atendimento	μ	$\frac{1 \text{ hora}}{\text{TA}}$	$\frac{\text{clientes}}{\text{hora}}$
Número de servidores	M	-	maquinário ou posto de trabalho

Fonte: Elaborado pela autora

Com os cálculos concluídos, os valores resultantes foram inseridos nos respectivos campos como descrito abaixo:

Tabela 2 – Dados para alimentar o modelo no Arena

SERVIDORES	NOME DO BLOCO	TIDO DE BOLCO	NÚMERO DE SERVIDORES	DISTRIBUIÇÃO DE PROBABILIDADE	EXPRESSÃO / VALOR	UNID.
Separação	Chegada sucata	Create	4	Exponencial	12.576	minutos
	Separador	Process	-	Erlang	ERLA(0.052, 4)	minutos
	Saida Sucata	Dispose	-	-	-	-
Aglutinação	Chegada aglutinadora	Create	1	Exponencial	1.923	minutos
	Máquina aglutinadora	Process	-	Exponencial	EXPO(2.17)	minutos
	Saida aglutinadora	Dispose	-	-	-	-
Recuperação	Chegada recuperadora	Create	1	Exponencial	0.6197	minutos
	Máquina recuperadora	Process	-	Weibull	1 + WEIB(0.749, 1.55)	minutos
	Saida recuperadora	Dispose	-	-	-	-
Extrusão 1	Chegada Extrusora 1	Create	1	Exponencial	61.037	minutos
	Extrusora 1	Process	-	Beta	0.13 + 1.08 * BETA(5.6, 15.4)	minutos
	Saida Extrusora 1	Dispose	-	-	-	-
Extrusão 3	Chegada Extrusora 3	Create	1	Exponencial	61.037	minutos
	Extrusora 3	Process	-	Erlang	0.37 + ERLA(0.0894, 4)	minutos
	Saida Extrusora 3	Dispose	-	-	-	-
Corte 1	Chegada Corte 1	Create	1	Exponencial	0.0411	minutos
	Corte 1	Process	-	Beta	0.13 + 0.27 * BETA(0.954, 1.57)	minutos
	Saida Corte 1	Dispose	-	-	-	-
Corte 4	Chegada Corte 4	Create	1	Exponencial	0.0962	minutos
	Corte 4	Process	-	Triangular	TRIA(0, 0.607, 1.7)	minutos
	Saida Corte 4	Dispose	-	-	-	-
Acabamento	Chegada Acabamento	Create	3	Exponencial	6.25	minutos
	Acabamento	Process	-	Exponencial	EXPO(0.16)	minutos
	Saida Acabamento	Dispose	-	-	-	-

Fonte: Dados da pesquisa

Para a escolha dos blocos, seguimos as seguintes definições da Rockell (2010):

- Bloco Create: é responsável pela criação de entidades no modelo.
- Bloco Process: responsável pelo processo executado pelo servidor à entidade (cliente).
- Bloco Dispose: é responsável pela retirada das entidades (clientes já servidos) do sistema.

4.4 Análise

Desde a criação da estrutura atual da empresa Beta direcionada à manufatura de sacos plásticos, ela se preocupa em atender bem os clientes. Ela garante a qualidade do produto e cumpre o prazo de entrega de acordo com o combinado, tanto para os produtos padronizados

quanto para aqueles personalizados. E, em acordo com seus princípios a ordem de produção gerada para atender cada cliente deve estar sintonizada com a capacidade produtiva da organização. Ou seja, são dimensionados o número de servidores (máquinas ou postos de trabalho) e o número de recursos (funcionários) de acordo com as entidades (kg de material produzido) e o tempo trabalhado para atender a demanda.

A empresa Beta, atualmente, trabalha com o atendimento a pedidos de diferentes especificações na sua produção o que caracteriza um processo complexo de se fazer inferências e alterações no que diz respeito à melhoria no fluxo produtivo. Esta é a razão de se criar um modelo computacional do sistema real e, a partir dele, realizar experimentos e análises com o intuito de obter resultados satisfatórios para conduzir futuras alterações no processo.

Para que se possa concretizar a simulação desta modelagem é indispensável, então, considerar as variáveis de tempo no sistema, número de “clientes” nas filas, taxa de utilização dos recursos e número de servidores. Esta determinação implicará na observação dos setores que apresentam baixa taxa de atendimento ocasionando o acúmulo de entidades (kg de material plástico) esperando nas filas do processamento, o que significa, em outras palavras, identificar os gargalos no sistema. Com esse propósito, foi gerada a primeira modelagem no software de simulação computacional a partir do banco de dados coletados presencialmente na empresa Beta. Entretanto, a fim de se preservar os dados confidenciais da mesma os resultados apresentados neste trabalho foram alterados proporcionalmente ao resultado real.

Uma vez inseridas todas as variáveis e expressões de distribuição de probabilidade na modelagem real do sistema, foi feita a simulação para o tempo de 8 horas, que corresponde ao número de horas trabalhadas/dia, com 24 replicações, que corresponde a 24 dias trabalhados/mês. Após o término desta primeira simulação foi possível gerar o relatório (Reports) de resultados em 8 páginas contendo os dados numéricos em forma de tabelas e gráficos, uma das ferramentas disponíveis no software Arena. Para melhor visualização, segue um resumo das variáveis relevantes para este estudo:

Tabela 3 – Cenário 01_cenário atual da empresa

Número de Replicações = 24

Tempo da Simulação = 8 horas

	Separador	Aglutinador	Recuperadora	Extrusora 1	Extrusora 3	Corte 1	Corte 4	Acabamento
IC (min)	EXPO (12,576)	EXPO (1,923)	EXPO (0,6197)	EXPO (6,1037)	EXPO (6,1037)	EXPO (0,0411)	EXPO (0,0962)	EXPO (6,25)
TA (min)	ERLA (0,052, 4)	EXPO (2,17)	1 + WEIB (0,749, 1,55)	0,13 + 1,08 * BETA (5,6, 15,4)	0,37 + ERLA (0,0894, 4)	0,13 + 0,27 * BETA (0,954, 1,57)	TRIA (0, 0,607, 1,7)	EXPO (0,16)
VA Time (TA)	0,2089	2,1850	1,6731	0,4190	0,7349	0,2312	0,7681	0,1651
TF (min)	0	38,0773	148,28	0,0134768	0,04022203	197,4	210,46	0
TS (min)	0,2089	40,1357	149,43	0,4325	0,7751	197,54	210,89	0,1651
NF (kg)	0	19,6998	238,9	0,00226437	0,0063684	4812,4	2177,61	0
M	4	1	1	1	1	1	1	3
TOS (%)	0,00430847 (0,4308 %)	0,9745 (97,45 %)	0,9999 (99,99 %)	0,06779101 (6,7791 %)	0,1144 (11,44 %)	1,0000 (100 %)	1,0000 (100 %)	0,00905816 (0,905816 %)
Entidades entrada (kg)	39,5833	250,75	769,96	77,7917	74,8333	11682,17	4980,92	79,0833
Entidades saída (kg)	3.472 por hora							

*Legenda: IC = intervalo entre chegadas sucessivas

TA = tempo de atendimento

VA Time = tempo de valor agregado

TF = tempo em fila

TS = tempo total no sistema

NF = número de clientes na fila

M = número de servidores

TOS = taxa de ocupação dos servidores

Fonte: Dados da pesquisa

Em acordo com o segundo objetivo específico desta construção, destacamos os valores das variáveis NF, M e TOS que caracterizam a presença de gargalo no comportamento deste sistema. Comparando-se os valores de NF entre os setores, percebe-se uma alta amplitude, diferença entre o valor mais baixo e o valor mais alto, o que confere a grande espera dos “clientes” no atendimento, caracterizando a formação de filas.

Observando-se o TOS, da Tabela 3, verifica-se uma alta taxa de ocupação para os servidores aglutinador, recuperadora, corte 1 e corte4. A taxa de ocupação considerada

razoável seria em torno de 70% considerando que para cada servidor acima citado existe um recurso (funcionário). Desta forma, como as TOS dessas seções estão variando entre 97% e 100% isto significa que há instabilidade nestes processos. Ou seja, os recursos estão em operação em até 100% do tempo. Com isso, o número de servidores deve ser aumentado para diluir a quantidade de produtos semi-acabados processados e, conseqüentemente, reduzir a porcentagem de ocupação dos servidores.

A partir desse desses resultados, a simulação deste modelo teve continuidade, de forma experimental, na criação de outros 9 cenários rodados, consecutivamente, alterando-se apenas os valores de M (número de servidores) verificando-se o comportamento do sistema no que diz respeito as alteração das taxas de ocupação dos servidores a fim de se reduzir a TOS.

Como foi dito, a experimentação finalizou na construção do 9º cenário que representa o alcance do objetivo proposto para este estudo. Considerado o melhor cenário que garanta melhoria para o sistema real. Veja no Apêndice II o relatório completo do cenário 09 gerado no software Arena. Segue o resumo deste cenário com seus respectivos valores:

Tabela 4 – Cenário 09_melhor cenário dos experimentos

Número de Replicações = 24

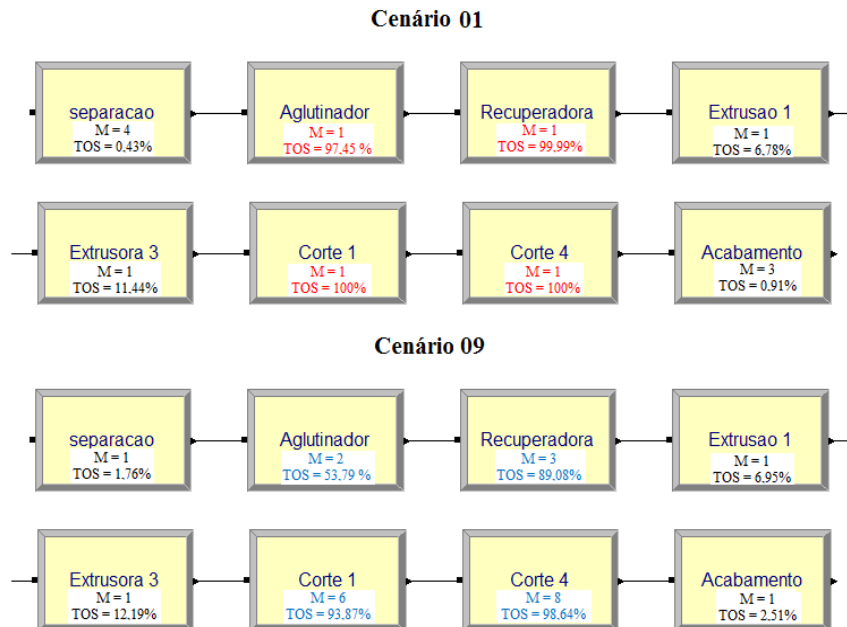
Tempo da Simulação = 8 horas

	Separador	Aglutinador	Recuperadora	Extrusora 1	Extrusora 3	Corte 1	Corte 4	Acabamento
IC (min)	EXPO (12,576)	EXPO (1,923)	EXPO (0,6197)	EXPO (6,1037)	EXPO (6,1037)	EXPO (0,0411)	EXPO (0,0962)	EXPO (6,25)
TA (min)	ERLA (0,052, 4)	EXPO (2,17)	1 + WEIB (0,749, 1,55)	0,13 + 1,08 * BETA (5,6, 15,4)	0,37 + ERLA (0,0894, 4)	0,13 + 0,27 * BETA (0,954, 1,57)	TRIA (0,0,607,1,7)	EXPO (0,16)
VA Time (TA)	0,2088	2,1316	1,6684	0,4215	0,7268	0,2316	0,7701	0,1565
TF (min)	0,00266464	0,8120	2,2084	0,01558109	0,05743220	0,2692	3,9600	0,00502961
TS (min)	0,2114	2,9441	3,8789	0,4371	0,7844	0,5008	4,7263	0,1615
NF (kg)	0,00023318	0,4175	3,6031	0,00255990	0,00986131	6,5596	41,3629	0,00083117
M	1	2	3	1	1	6	8	1
TOS (%)	0,01760138 (01,76 %)	0,5379 (53,79 %)	0,8908 (89,08 %)	0,06959777 (06,95 %)	0,1219 (12,19 %)	0,9387 (93,87 %)	0,9864 (98,64 %)	0,02519722 (02,51 %)
Entidades entrada (kg)	40,5833	242,54	771,67	79,2917	80,4583	11682,54	4986,63	77,5417
Entidades saida (kg)	17,871							

Fonte: Dados da pesquisa

Comparando-se os resultados da modelagem original e da modelagem proposta, obteve-se a seguinte evolução:

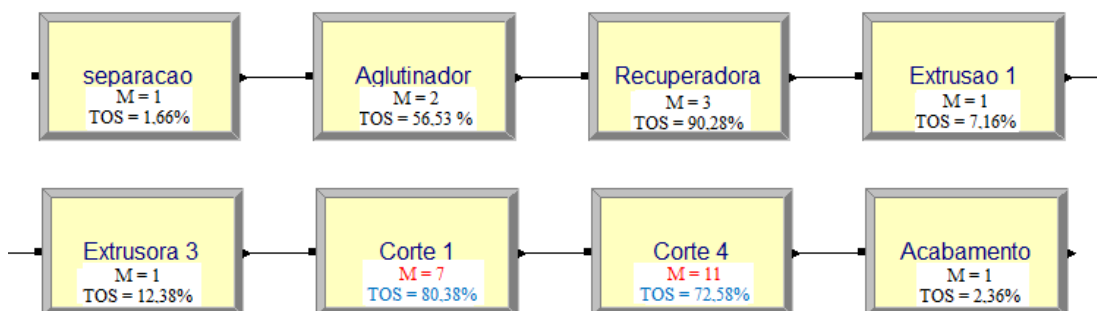
Figura 20 – Comparação Modelo Original x Modelo Proposto



Fonte: Dados da pesquisa

Constata-se uma redução nos valores da TOS para os setores em destaque com considerável aumento na quantidade de servidores. Mesmo que a TOS para a recuperadora, e para as máquinas de corte não tenham sido reduzidos a 70%, determinou-se que este cenário seria o melhor resultado, pois de acordo com a Figura 24, logo abaixo, que representa um resumo do cenário 08 para melhorar a TOS entre 70% e 80% nos setores de corte e solda a quantidade de M seria ainda maior, o que é muito distante do investimento em maquinários no um cenário real.

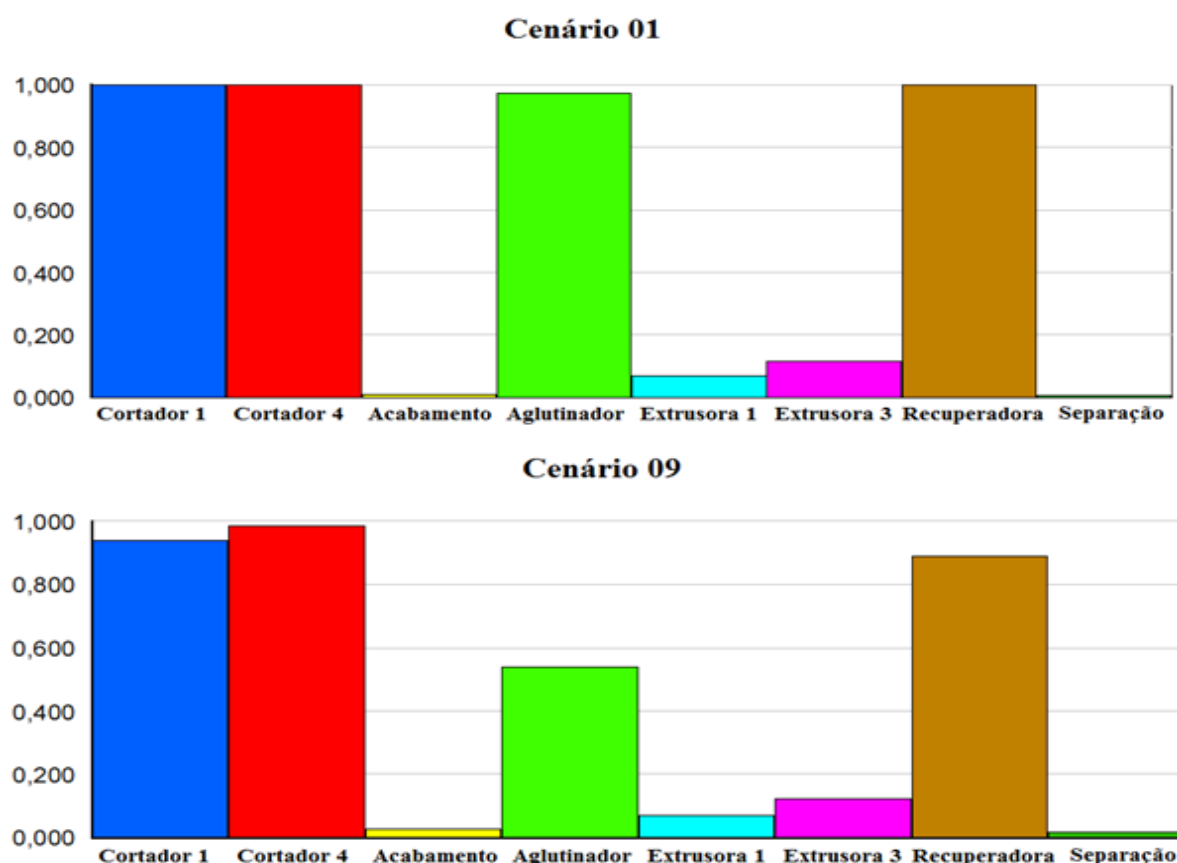
Figura 21 – Cenário 08



Fonte: Dados da pesquisa

Segue uma representação grafica de fácil análise visual que compara os resultados obtidos para a taxa de ocupação entre todos os setores da primeira e última modelagem geradas.

Figura 22 – Gráficos Cenário 01 e Cenário 09: Taxa de ocupação x Servidor



Fonte: Dados da pesquisa

Uma vez analisados os servidores que causam o acúmulo de material em fila é curioso notar a grande diferença dos resultados obtidos entre os 4 processos que geram gargalo e os demais, ou seja, a taxa de ocupação das seções separação, extrusoras e acabamento é muito baixa. Isto ocorre porque o banco de dados coletado na de pesquisa de campo de dezembro de 2011 a fevereiro de 2012, referente à figura 20, foram utilizados para se encontrar apenas os valores da do tempo de atendimento (TA), sendo que as expressões do intervalo de chegadas (IC) foram estimadas para todos os processos utilizando-se a função exponencial como distribuição de probabilidade. Uma vez que, esta função é a mais adequada para se fazer

estimativas. A justificativa para a ausência da coleta de dados para aferir os valores IC é o curto prazo de tempo disponível para a coleta, a complexidade na coleta destes valores e a indisponibilidade de tempo do analista em acompanhar as operações. Deste modo, percebe-se, a partir da análise da Figura 25, a grande diferença nos valores mostrados. Entretanto, a veracidade das análises de forma macro não deixa de representar a realidade do comportamento das operações, uma vez que o conhecimento e experiência da analista nesta organização contribuíram para esta avaliação. Conclusão defendida por Freitas (2008), que diz que os erros costumam ser cometidos no desejo de se obter soluções rápidas para os problemas. E, no que diz respeito à construção de modelos muito detalhados ele afirma:

Inúmeros detalhes levam a modelos: de alto custo, com grande consumo de tempo de desenvolvimento, sujeito a uma lenta execução computacional, com menos precisão e com grande dificuldade de verificação. Um maior nível de detalhes não implica, necessariamente, em maior precisão. O nível de detalhes deve ser apenas suficiente para satisfazer os objetivos traçados. (FREITAS, 2008, p.35).

Não obstante, obteve-se sucesso em relação aos objetivos traçados. Veja a tabela a seguir:

Tabela 5 – Apuração do tempo do tempo em fila dos cenários 01 e 09

	Separador	Aglutinador	Recuperadora	Extrusora 1	Extrusora 3	Corte 1	Corte 4	Acabamento
Cenário 01								
TF (min)	0	38,0773	148,28	0,0134768	0,04022203	197,4	210,46	0
Cenário 09								
TF (min)	0,00266464	0,8120	2,2084	0,01558109	0,05743220	0,2692	3,9600	0,00502961

Fonte: Dados da pesquisa

A Tabela 5, extraída dos relatórios obtidos dos cenários 01 e 09 representa um resultado satisfatório após a simulação dos 9 cenários com o intuito de gerar melhorias, ou seja, alcance da proposta de diluir os gargalos através da redução de espera dos produtos semi-acabados, “clientes”, aguardando em fila para serem processados, “atendidos”. Neste contexto, a variável tempo em fila (TF) é a mais adequada para análise. Os números

representam o tempo, em minutos, da espera em fila de 1 quilo de material para manufatura. Deste modo, nota-se consideráveis alterações nos seguintes setores:

- ✓ Aglutinador, Recuperadora, Corte 1 e Corte 4: redução entre de 98% e 99,99% do tempo de espera de 1 quilo de material em fila

Isto implica que, para cada montante de 40 quilos de material manufaturado, média movimentada por saca, que hoje representa uma espera de 25 horas, com as alterações sugeridas esta mesma quantidade passaria a permanecer em fila apenas 30 min.

Com tudo, na visão da analista deste trabalho, sugere-se algumas alterações no reposicionamento de recursos das áreas mais críticas do sistema de produção. Nota-se, nas tabelas nas tabelas 3 e 4, que o valor do número de servidores (M) teve cresceu de 13 para 23. O que significa um alto investimento financeiro da empresa em novos maquinários e na disposição de espaço físico para alocação dos mesmos, ou seja, inviabiliza a aplicação das alterações aqui sugeridas.

Entretanto, tomando-se conhecimento do ambiente fabril como um todo, fazem-se pertinentes algumas inferências na proposta de outras duas alternativas para a empresa Beta, diferentemente da compra de outras 10 unidades de maquinário, veja:

- I. Aumento do número de recursos (funcionários) por servidor
- II. Substituição dos servidores existentes por outros de tecnologia mais avançada

Certamente, para a concretização das duas alternativas propostas é necessário o investimento financeiro. Porém, os ganhos do resultado desta alteração podem gerar muito mais renda em produtividade do que a situação atual.

A primeira alternativa seria um investimento no aumento do quadro de funcionários com o intuito de o operário não ficar sobrecarregado na operação de uma maquina e, no caso de qualquer alteração no trabalho ele não perderia tanto tempo com uma manutenção ou alimentação do maquinário em vista da colaboração de mais uma pessoa no mesmo posto de trabalho.

Já a segunda alternativa, mesmo que exija maior investimento em curto prazo em relação à alternativa I, considera-se esta como a melhor opção para a organização. Em vista de

que a empresa já está em atividade há muitos anos, e o mercado está aquecido para este ramo, percebe-se a existência de alguns processos e maquinários muito antigos e, portanto, antiquados para absorver um aumento na produção. Concluindo, a proposta é substituir os maquinários antigos, por outros que ofereçam uma tecnologia mais avançada garantindo assim melhor aproveitamento de apenas um funcionário por maquinário ao passo que não ocorra desnecessárias paradas para ajustes e manutenção manuais que poderiam ser feitas por um sistema automatizado ou até mesmo robotizado. A empresa pode ainda encontrar no mercado boas ofertas de financiamento na compra destes equipamentos e usufruir, ao longo prazo, os benefícios proporcionados pela modernização. O que poderia garantir um resultado ainda melhor para a empresa, observando novamente os valores das entidades de saída das tabelas 3 e 4, em que 3472 quilos de material produzido por hora no cenário atual passou para 17871 quilos/hora, um aumento significativo na produção que poderia ser muito maior a partir da instalação de equipamentos mais modernos.

5 CONCLUSÃO

Ao aceitar o desafio de se fazer o estudo e a análise de um sistema real e complexo em uma indústria tínhamos em mente de que seria um trabalho que exigiria grande esforço e empenho no seu desenvolvimento. Em vista de que seria essencial para esta construção acadêmica o discernimento na escolha dos caminhos seguidos e a responsabilidade do aluno em apresentar resultados condizentes com o conhecimento científico adquirido no curso de Engenharia de Produção. Por este motivo, escolheu-se um tema de grande importância nas práticas atuais de mercado relacionado principalmente à pesquisa operacional, e não menos importante fez-se referência às áreas de engenharia de operações e processos de produção e engenharia da qualidade, três das dez áreas contempladas na Engenharia de Produção.

Esta escolha chamou a atenção pelo fato de se reconhecer a importância de um estudo técnico e analítico do comportamento de um sistema fundamental para a elaboração de novas metodologias de melhoria em uma organização. Neste contexto, foi considerado relevante o empenho de se realocar recursos do processo produtivo ao mesmo em tempo que se reduz desperdícios, aumenta a produtividade e agrega-se valor ao sistema gerando lucro para a empresa. Processo possível através da modelagem de um sistema utilizando-se um recurso computacional de simulação.

Para tanto, as ferramentas e variáveis inerentes a esta simulação foram exploradas a partir de dados concretos medidos em pesquisa de campo, além de algumas expressões terem sido estimadas devido a determinados fatos complicadores neste processo. Estas limitações correspondem ao curto prazo de tempo para coleta de dados de entrada. Ou seja, a indisponibilidade de tempo do analista dificultou a coleta destes dados devido à complexidade nas medições. Uma vez que, o processamento da linha de produtos em estudo é realizado juntamente com o processamento das outras linhas de produto, dificultando a identificação do início e término de cada um deles. Entretanto, a ocorrência desta problemática não foi impeditiva para se alcançar os objetivos traçados neste trabalho. Uma vez que os resultados proferidos pelos relatórios da simulação condizem com a realidade vivida pela empresa Beta, citada como estudo de caso.

Entendeu-se que as sugestões de mudança no redimensionamento de recursos, geradas pelos experimentos, irão contribuir para a empresa avaliar o seu processo e, futuramente,

realizar alterações que proporcionem melhorias no fluxo de material no chão de fábrica a partir da redução das filas de atendimento dos produtos semi-acabados em cada setor.

No decorrer desta construção, percebeu-se grande correlação das áreas abordadas além da dificuldade de se interpretar e fazer inferências a práticas complexas de produção. Porém, mesmo com as dificuldades encontradas entende-se que este trabalho condiz com os objetivos do estudo: aplicar o conhecimento científico da engenharia de produção em um estudo de caso real proporcionando análises do sistema em questão e sugerir possíveis alterações futuras de melhorias no processo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, Maria A.F. Simulação de Sistemas, notas de Aula. Belo Horizonte, 2009.
- ALTIOK, Tayfur; MELAMED, Benjamin. **Simulation modeling and analysis with arena**, London: Elsevier, c 2007.
- ANDRADE, Eduardo L. **Introdução à Pesquisa Operacional: métodos e modelos para Análise de Decisão**, 3ª edição, Rio de Janeiro: LTC, 2004.
- CHASE, Richard B., AQUILANO, Nicholas J LACOBS, F. Robert. **Administração da Produção para a vantagem competitiva**, 10ª Edição, Porto Alegre: Bookman, 2005.
- FARIA, Rodrigo Brey-Gil. **Retrofit Industrial**. 2010. 104f. Monografia (Conclusão do Curso) – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Graduação em Controle e Automação, Belo Horizonte.
- FREITAS FILHO, Paulo José de. **Introdução à modelagem e simulação de sistemas com aplicação em Arena**. 2, ed. Florianópolis: Visual Books, 2008.
- GUIMARAES, A.; DIALLO, M. **Aplicabilidade da simulação computacional no processo produtivo: estudo de caso**. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 31, 2011, Belo Horizonte. Anais...Belo Horizonte: Minascentro, 2011.
- JACOBS, F.R; CHASE, R.B. **Administração da produção e de operações: o essencial**. Porto Alegre: Bookman, 2009.
- PORTER, Michael E. **Estratégia competitiva: técnicas para análise de indústrias e da concorrência**. 2.ed. Rio de Janeiro : Elsevier, 2004.
- PORTNOI, Marcos. **Planejamento e a Engenharia**. Disponível em: http://www.eecis.udel.edu/~portnoi/academic/academic-files/planejamento.html#_Toc43792366 Acesso em: 26 mai. 2012.
- PRADO, Darci S. **Teoria das Filas e da Simulação**, 2ª Edição, Belo Horizonte: Editora IDG, 2004.
- PRADO, Darci S. **Usando o ARENA em Simulação**, Belo Horizonte: Editora EDG, 2004.
- ROCKELL SOFTWARE, Rockwell Automation. **Arena Packaging USER'S GUIDE PUBLICATION ARENPK-UM001F-EN-P-April 2010**.
- TUBINO, Dalvio F. **Planejamento e Controle da Produção, teoria e prática**. 1 ed. São Paulo :Atlas, 2008.

APÊNDICE A – PLANILHA DE BANCO DE DADOS

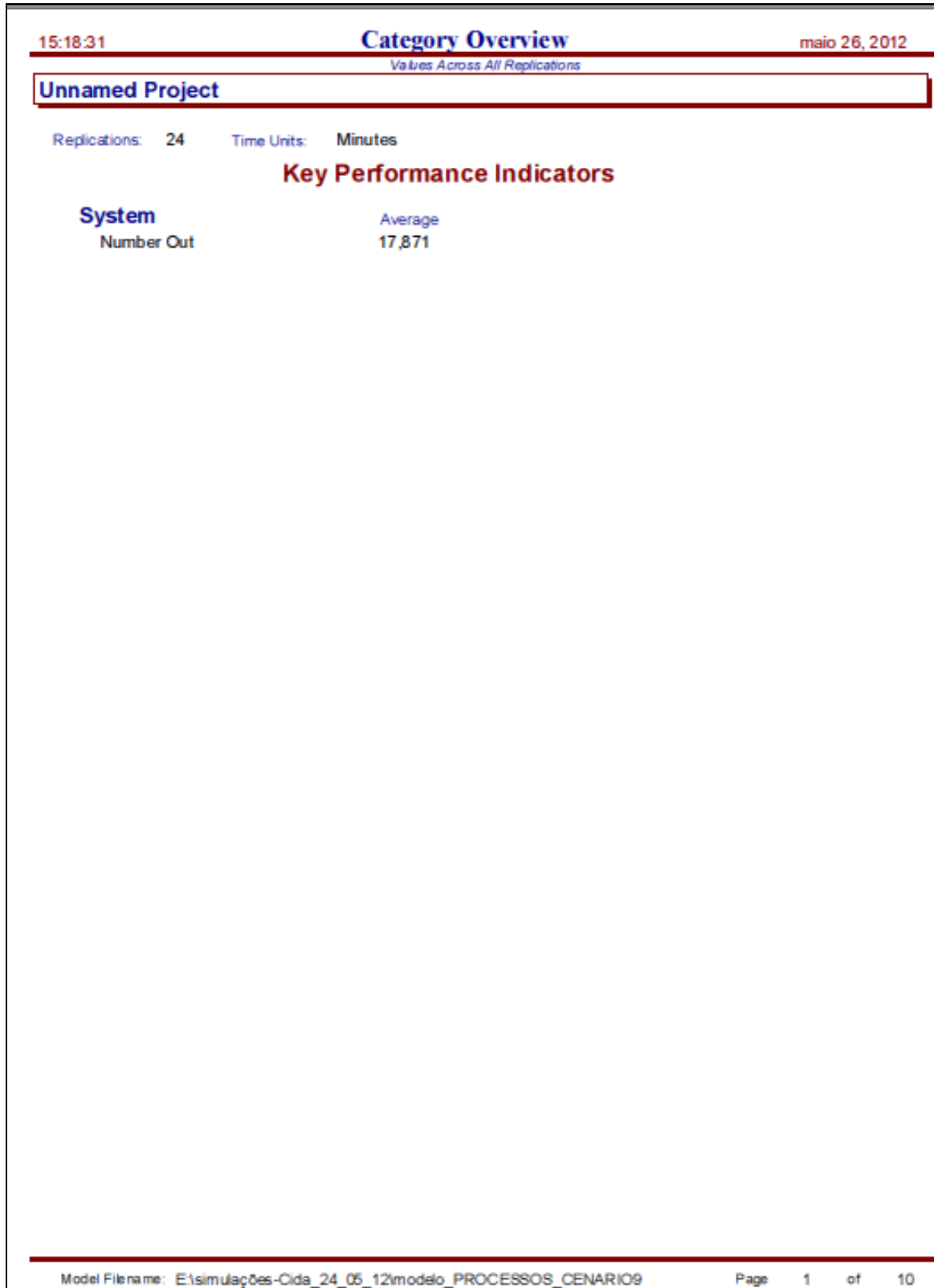
BANCO DE DADOS

Os dados presente nesta planilha foram coletados no período de 3 meses com o objetivo de verificar a produtividade das operações em cada setor. Portanto, não consta toda a produção do referido período de coleta de dados, mas sim, apenas aqueles viáveis para análise. Ou seja, foram retirados desta planilha os dados considerados atípicos, pela responsável da análise, em processo "normal" de produção.

DESCRIÇÃO SETOR		DESCRIÇÃO MATERIAL								PRODUÇÃO			
DATA	SETOR	MÁQUINA	ESPESSURA	Protuto	COR	INÍCIO	TÉRMINO	TEMPO PARADA (min)	MOTIVO PARADA	QUILOS	PARADAS DE MANUTENÇÃO	Obs	
09/fev	Recuperação				Azul	07:40	10:45			446			
09/fev	Recuperação				Preto	11:00	14:30			410			
09/fev	Extrusão	1	0,05	Plast. 30Lts	Azul	14:00	20:00			120			
09/fev	Extrusão	3	0,18	Industrial	Cinza	14:00	15:10			41			
09/fev	Extrusão	3	0,18	Industrial	Transparente Misto	15:10	19:50			158	Troca de tela às 07:20 (10min)		
09/fev	Separação					08:05	17:00	75	almoço + lanche manhã + lanche tarde	103,3			
09/fev	Separação					11:15	17:00	65	almoço + lanche tarde	9,8			
09/fev	Corte	4	0,07	Plast. 30Lts	Azul	14:10	15:05			33,6			
09/fev	Corte	4	0,12	Reforçado 100	Preto	15:15	18:00			219,5			
08/fev	Extrusão	1	0,05 1/2	Plast. 50 Lts	Preto	06:30	14:00			156			
08/fev	Extrusão	3	0,05 1/2	Plast. 100 Lts	Preto	07:30	09:40			101	Troca de tela às 07:40 (10min)		
08/fev	Extrusão	3	0,13	Industrial	Preto	09:40	14:00			206	Troca de tela às 10:00 e 14:05 (10min)		
08/fev	Extrusão	1	0,05 1/2	Plast. 50 Lts	Preto	14:00	20:00			154	Troca de tela às 15:30 (10min)		
08/fev	Separação					08:05	14:00	70	almoço + lanche manhã	44			
08/fev	Separação					11:25	15:35	60	almoço	103,5			
08/fev	Separação					15:35	18:00	5	lanche tarde	51,4			
08/fev	Separação					08:05	14:00	70	almoço + lanche manhã	46,9			
08/fev	Separação					14:00	17:00	5	lanche tarde	34			
08/fev	Separação					11:10	17:00	65	almoço + lanche tarde	53,9			
08/fev	Corte	4	0,12	Reforçado 100	Preto	08:10	17:55			731,5			
07/fev	Extrusão	1	0,09	Industrial	Cinza	06:30	12:20			136	Troca de tela às 10:30 (10min)		
07/fev	Extrusão	3	0,05 1/2	Plast. 50 Lts	Preto	07:40	12:00			204	Troca de tela às 7:30 (10min)		
07/fev	Extrusão	1	0,06	Plast. 50 Lts	Preto	12:20	14:00			49			
07/fev	Extrusão	3	0,06	Plast. 100 Lts	Preto	12:00	14:00			62			
07/fev	Recuperação				Preto	08:00	14:40			480		30kg x 16 sacos	
07/fev	Corte	4	0,07	Plast. 50 Lts	Preto	08:10	14:40			197,142		Cláudia Férias	
07/fev	Separação					08:05	17:00	75	almoço + lanche manhã + lanche tarde	53,8			
07/fev	Separação					08:05	17:00	75	almoço + lanche manhã + lanche tarde	54,6			
07/fev	Separação					08:05	17:00	75	almoço + lanche manhã + lanche tarde	70,7			

Fonte: Elaborada pela autora

APÊNDICE B – RELATÓRIO DO CENÁRIO 9 GERADO PELO ARENA



15:18:31

Category Overview

maio 26, 2012

Values Across All Replications

Unnamed Project

Replications: 24 Time Units: Minutes

Entity

Time

VA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Materialacabado	0.1565	0.01	0.1159	0.1980	0.00004684	1.2921
Materialaglutinado	2.1316	0.05	1.8760	2.3514	0.00050689	21.6801
Materialcortado1	0.2316	0.00	0.2301	0.2330	0.1300	0.3966
MaterialCortado4	0.7701	0.00	0.7600	0.7807	0.00312429	1.6989
MaterialExtrusao1	0.4215	0.00	0.4009	0.4447	0.1751	0.8121
MaterialExtrusao2	0.7268	0.01	0.6760	0.7587	0.4320	1.5495
Materialrecuperado	1.6684	0.01	1.6414	1.7000	1.0010	4.5674
Materialseparado	0.2088	0.01	0.1680	0.2696	0.03606748	0.6916

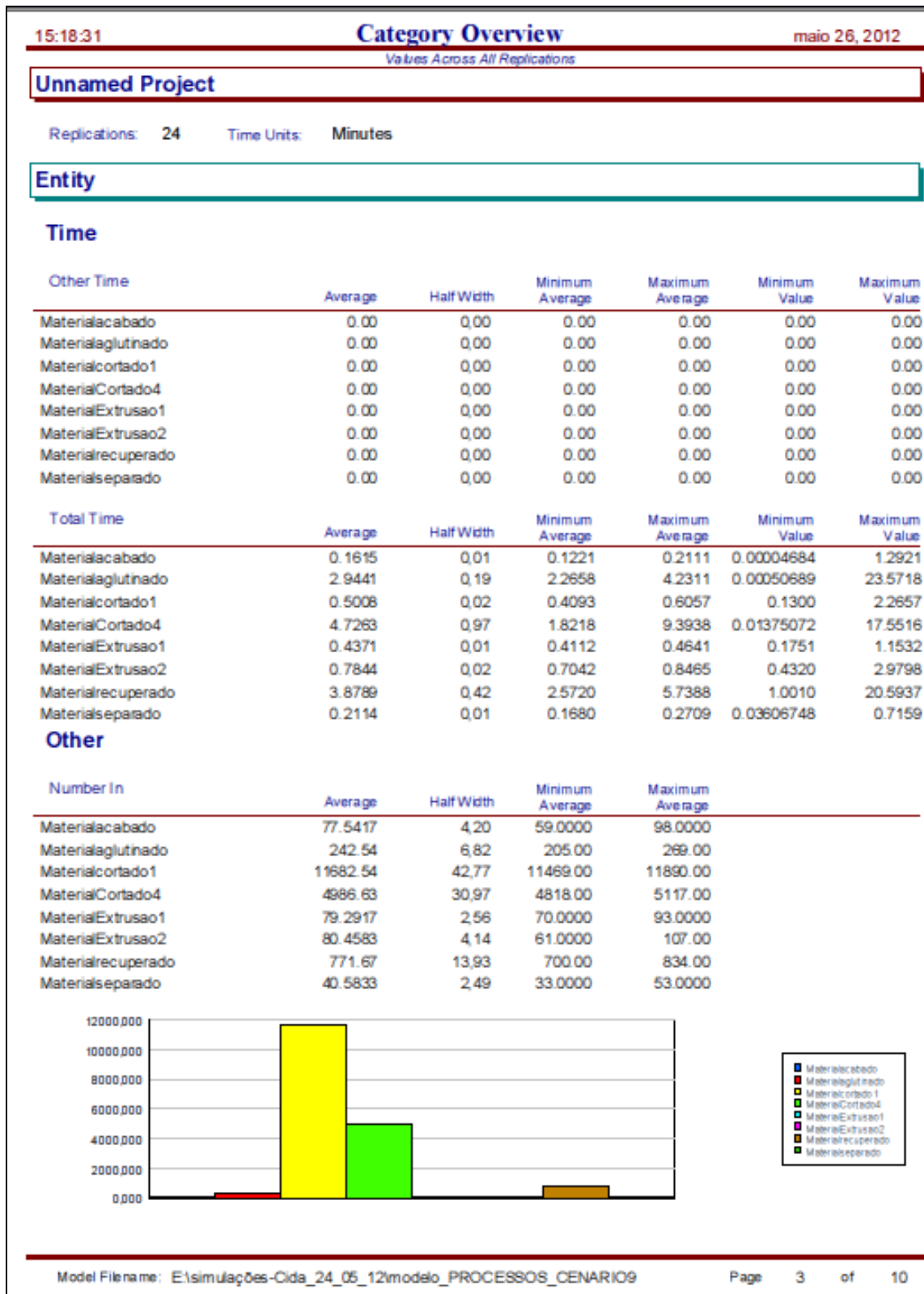
NVA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Materialacabado	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Materialaglutinado	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Materialcortado1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MaterialCortado4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MaterialExtrusao1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MaterialExtrusao2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Materialrecuperado	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Materialseparado	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Wait Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Materialacabado	0.00502961	0.00	0.00	0.01305879	0.00	0.4964
Materialaglutinado	0.8126	0.16	0.3690	1.8949	0.00	17.1367
Materialcortado1	0.2692	0.02	0.1788	0.3746	0.00	1.9434
MaterialCortado4	3.9562	0.96	1.0586	8.6169	0.00	16.4886
MaterialExtrusao1	0.01558722	0.00	0.00277946	0.04173857	0.00	0.6962
MaterialExtrusao2	0.05755402	0.01	0.00254721	0.1291	0.00	2.2914
Materialrecuperado	2.2104	0.42	0.9219	4.0845	0.00	17.6622
Materialseparado	0.00266464	0.00	0.00	0.01552754	0.00	0.3802

Transfer Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Materialacabado	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Materialaglutinado	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Materialcortado1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MaterialCortado4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MaterialExtrusao1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MaterialExtrusao2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Materialrecuperado	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Materialseparado	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Model Filename: E:\simulações-Cida_24_05_12\modelo_PROCESSOS_CENARIO9

Page 2 of 10



15:18:31

Category Overview

maio 26, 2012

Values Across All Replications

Unnamed Project

Replications: 24

Time Units: Minutes

Entity

Other

Number Out	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Materialacabado	77.5417	4.20	59.0000	98.0000
Materialaglutinado	241.29	6.77	205.00	266.00
Materialcortado1	11670.42	42.95	11445.00	11886.00
MaterialCortado4	4914.08	18.86	4807.00	5005.00
MaterialExtrusao1	79.2083	2.56	70.0000	93.0000
MaterialExtrusao2	80.3333	4.20	60.0000	107.00
Materialrecuperado	767.46	12.92	700.00	811.00
Materialseparado	40.5417	2.52	32.0000	53.0000

WIP	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Materialacabado	0.02602839	0.00	0.01769531	0.03824654	0.00	3.0000
Materialaglutinado	1.4933	0.12	1.1176	2.2654	0.00	12.0000
Materialcortado1	12.1919	0.55	9.7760	14.8823	0.00	58.0000
MaterialCortado4	49.2541	10.26	18.2988	99.62	0.00	189.00
MaterialExtrusao1	0.07215767	0.00	0.06194481	0.08300490	0.00	3.0000
MaterialExtrusao2	0.1318	0.01	0.08867732	0.1859	0.00	4.0000
Materialrecuperado	6.2754	0.76	3.7508	9.5451	0.00	34.0000
Materialseparado	0.01783456	0.00	0.01138173	0.02244378	0.00	2.0000

Model Filename: E:\simulações-Cida_24_05_12\modelo_PROCESSOS_CENARIO9

Page 4 of 10

15:18:31

Category Overview

maio 26, 2012

Values Across All Replications

Unnamed Project

Replications: 24 Time Units: Minutes

Process

Time per Entity

VA Time Per Entity	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Acabamento	0.1565	0.01	0.1159	0.1980	0.00004684	1.2921
Corte 1	0.2316	0.00	0.2301	0.2330	0.1300	0.3966
Corte 4	0.7701	0.00	0.7600	0.7807	0.00312429	1.6989
Extrusora1	0.4215	0.00	0.4009	0.4447	0.1751	0.8121
Extrusora3	0.7268	0.01	0.6760	0.7587	0.4320	1.5495
Maquina Aglutinadora	2.1316	0.05	1.8760	2.3514	0.00050689	21.6801
Maquina Recuperadora	1.6684	0.01	1.6414	1.7000	1.0010	4.5674
Separador	0.2088	0.01	0.1680	0.2696	0.03606748	0.6916

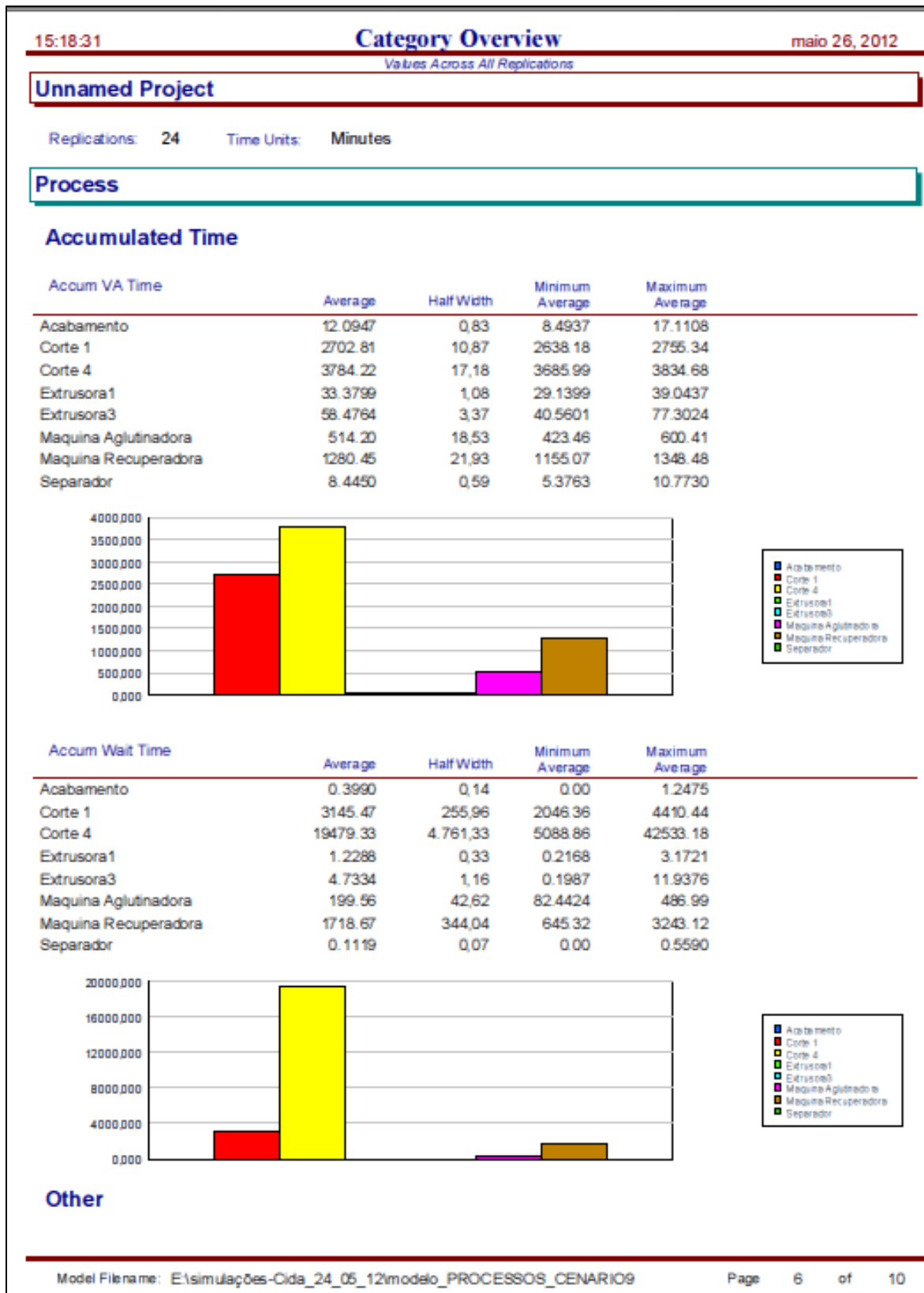
Wait Time Per Entity	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Acabamento	0.00502961	0.00	0.00	0.01305879	0.00	0.4964
Corte 1	0.2692	0.02	0.1788	0.3746	0.00	1.9434
Corte 4	3.9562	0.96	1.0586	8.6169	0.00	16.4886
Extrusora1	0.01558722	0.00	0.00277946	0.04173857	0.00	0.6962
Extrusora3	0.05755402	0.01	0.00254721	0.1291	0.00	2.2914
Maquina Aglutinadora	0.8126	0.16	0.3690	1.8949	0.00	17.1367
Maquina Recuperadora	2.2104	0.42	0.9219	4.0845	0.00	17.6622
Separador	0.00266464	0.00	0.00	0.01552754	0.00	0.3802

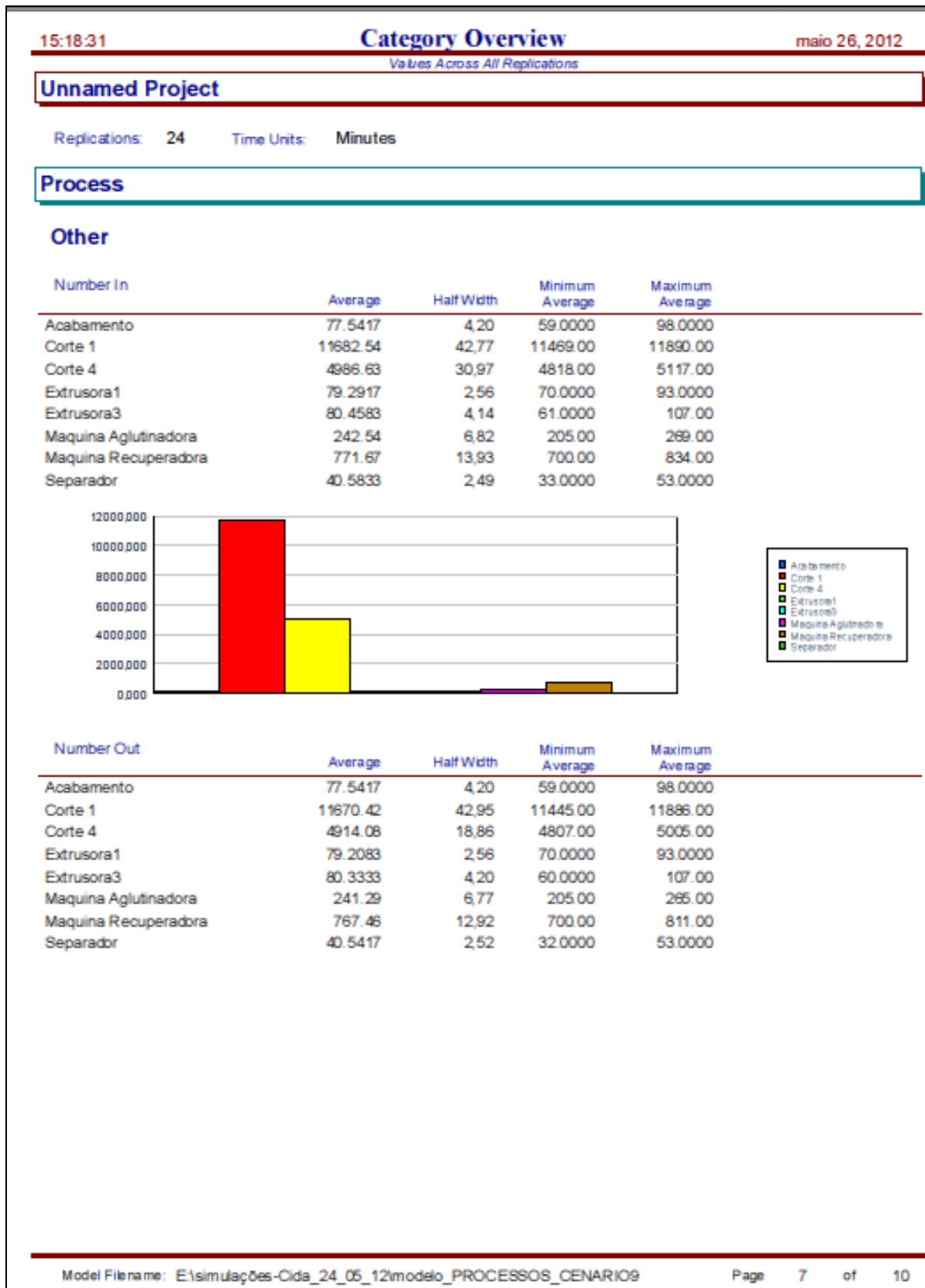
Total Time Per Entity	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Acabamento	0.1615	0.01	0.1221	0.2111	0.00004684	1.2921
Corte 1	0.5008	0.02	0.4093	0.6057	0.1300	2.2657
Corte 4	4.7263	0.97	1.8218	9.3938	0.01375072	17.5516
Extrusora1	0.4371	0.01	0.4112	0.4641	0.1751	1.1532
Extrusora3	0.7844	0.02	0.7042	0.8465	0.4320	2.9798
Maquina Aglutinadora	2.9441	0.19	2.2658	4.2311	0.00050689	23.5718
Maquina Recuperadora	3.8789	0.42	2.5720	5.7388	1.0010	20.5937
Separador	0.2114	0.01	0.1680	0.2709	0.03606748	0.7159

Accumulated Time

Model Filename: E:\simulações-Cida_24_05_12\modelo_PROCESSOS_CENARIO9

Page 5 of 10





15:18:31

Category Overview

maio 26, 2012

Values Across All Replications

Unnamed Project

Replications: 24

Time Units: Minutes

Resource

Usage

Instantaneous Utilization	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Cortador1	0.9387	0.00	0.9162	0.9568	0.00	1.0000
Cortador4	0.9864	0.00	0.9610	0.9991	0.00	1.0000
OperadorAcabamento	0.02519722	0.00	0.01769531	0.03564752	0.00	1.0000
OperadorAglutinadora	0.5379	0.02	0.4465	0.6254	0.00	1.0000
OperadorExtrusora	0.06959777	0.00	0.06070802	0.08134107	0.00	1.0000
OperadorExtrusora3	0.1219	0.01	0.08450569	0.1610	0.00	1.0000
OperadorRecuperadora	0.8908	0.02	0.8021	0.9375	0.00	1.0000
OperadorSeparador	0.01760138	0.00	0.01138173	0.02244378	0.00	1.0000

Number Busy	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Cortador1	5.6323	0.02	5.4974	5.7406	0.00	6.0000
Cortador4	7.8912	0.04	7.6883	7.9929	0.00	8.0000
OperadorAcabamento	0.02519722	0.00	0.01769531	0.03564752	0.00	1.0000
OperadorAglutinadora	1.0758	0.04	0.8930	1.2509	0.00	2.0000
OperadorExtrusora	0.06959777	0.00	0.06070802	0.08134107	0.00	1.0000
OperadorExtrusora3	0.1219	0.01	0.08450569	0.1610	0.00	1.0000
OperadorRecuperadora	2.6723	0.05	2.4064	2.8125	0.00	3.0000
OperadorSeparador	0.01760138	0.00	0.01138173	0.02244378	0.00	1.0000

Number Scheduled	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Cortador1	6.0000	0.00	6.0000	6.0000	6.0000	6.0000
Cortador4	8.0000	0.00	8.0000	8.0000	8.0000	8.0000
OperadorAcabamento	1.0000	0.00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
OperadorAglutinadora	2.0000	0.00	2.0000	2.0000	2.0000	2.0000
OperadorExtrusora	1.0000	0.00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
OperadorExtrusora3	1.0000	0.00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
OperadorRecuperadora	3.0000	0.00	3.0000	3.0000	3.0000	3.0000
OperadorSeparador	1.0000	0.00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000

Model Filename: E:\simulações-Cida_24_05_12\modelo_PROCESSOS_CENARIO9

Page 9 of 10

