



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

Setor de Tecnologia

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica

**SIMULAÇÃO EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO SOB DEMANDA DE
BAIXO TEMPO DE THROUGHPUT: UM ESTUDO DE CASO EM UMA
GRÁFICA DIGITAL**

Marcos José Ribeiro

**Curitiba
2004**

TERMO DE APROVAÇÃO

Marcos José Ribeiro

SIMULAÇÃO EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO SOB DEMANDA DE BAIXO TEMPO DE THROUGHPUT: UM ESTUDO DE CASO EM UMA GRÁFICA DIGITAL

Esta dissertação foi julgada como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Engenharia Mecânica e aprovada em sua forma final pelo programa de pós-graduação em Engenharia Mecânica do setor de tecnologia da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Outubro de 2004.

BANCA EXAMINADORA:

Prof^ª. Maria Lúcia Leite Ribeiro Okimoto, Dr^ª. Eng^ª. (presidente)
Programa de Pós-Graduação de Engenharia Mecânica, UFPR.

Prof^º. Ricardo Mendes Júnior, Dr. Eng, Dr. Eng^º.
Programa de Pós-Graduação em Construção Civil, UFPR.

Prof^º. Walter Jesus Paucar Casas, Dr. Eng^º.
Programa de Pós-Graduação Engenharia Mecânica, UFRS.

Prof^º. OsirisCanciglieri Júnior, Dr. Eng^º.
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, PUC-PR.

Marcos José Ribeiro

**UTILIZAÇÃO DE SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL EM SISTEMAS DE
PRODUÇÃO SOB DEMANDA DE BAIXO TEMPO DE
THROUGHPUT:UM ESTUDO DE CASO**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Gestão da Produção e Ergonomia do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Setor de Ciência e Tecnologia, Universidade Federal do Paraná.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Maria Lúcia Ribeiro Okimoto

Co-orientador: Prof. Dr. Ricardo Mendes Júnior

Curitiba

2004

AGRADECIMENTOS

Para poder estar escrevendo algumas palavras de agradecimento, frutos de um trabalho desenvolvidos ao longo de meses, devem reconhecer:

Primeiramente a Deus por me proporcionar o dom da vida e a inteligência, ter ensinado a usar a fé para me ajudar nos momentos aonde me senti “perdido”.

Aos meus pais pelo amor e dedicação nas diversas etapas da minha vida, inclusive nas situações difíceis. Agradeço a vocês por terem me incentivado sempre em todas as fases da minha formação acadêmica a continuar batalhando pelo melhor.

À minha esposa Eléia o meu reconhecimento por dedicar o seu carinho em momentos difíceis da minha vida, pela sua compreensão quando tive que dedicar algumas horas de nossa vida para este mestrado e, sobretudo para o maior ensinamento que você me trouxe, o amor.

Gostaria também de agradecer aos colegas de mestrado que estiveram juntos na mais diversas atividades, nos grupos de estudo e debates, sendo que o aprendizado foi muito mais amplo que eu imaginava.

À minha orientadora Prof^a. Dr^a. Maria Lúcia Leite Ribeiro Okimoto e meu co-orientador Prof^o. Dr. Ricardo Mendes Júnior, o meu respeito e admiração.

RESUMO

Esta dissertação é o produto da análise de um estudo de caso aplicado em uma gráfica digital. Devido à rápida obsolescência que o conteúdo intelectual impresso está exposto nos dias atuais frente à evolução tecnológica, as gráficas digitais têm sido uma boa escolha para minimização dos custos de produção quando forem necessárias de baixas tiragens e/ou prazos de entrega pequenos. Sendo assim, a operação destes ambientes gráficos requer que a administração seja focada em sistemas de produção sob demanda.

No caso estudado, foi empregada a simulação através do ROCKWELL ARENA® para testar se uma implementação de uma alternativa à rotina de pré-processamento de ordens de serviço poderia ocasionar o aumento do número de ordens liberadas, sem alteração na quantidade de recursos empregados. Os resultados obtidos nas simulações justificaram a implantação de um sistema via ambiente internet em substituição ao meio físico da ordem de serviço, promovendo assim a padronização da informação.

Palavras chave: Simulação, ARENA, Gráfica Digital.

ABSTRACT

This dissertation is the product of the analysis of a case study applied in a digital graph. Due to the fast obsolescence that the content intellectual printed paper is exposed in the days current front the technological evolution, the digital graphs have been a good choice to reduce of the production costs when they are necessary of low circulations and/or small delivery periods. Being like this, the operation of these graphic atmospheres requests that the administration in focus on production systems under demand.

In the studied case, the simulation was used through ROCKWELL ARENA® to test an implementation of an alternative to the routine of pre-processing of service orders it could cause the increase of the number of liberated orders, without alteration in the amount of resources employees.

The results obtained in the simulations justified the implantation of a system through ambient web in substitution to the physical middle of the service order, promoting like this the standardization of the information.

Words key: Simulation, ARENA, Digital Graph

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - TIPOS DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO ADAPTADO DE TUBINO (1997).....	18
FIGURA 2 - REPRESENTAÇÃO DO PROCESSO	30
FIGURA 4 - LIMITES DO SOFTWARE DE SIMULAÇÃO	36
FIGURA 5 - DETALHES DOS LIMITES ULTRAPASSADOS NA VERSÃO DEMO.....	36
FIGURA 6 - FORMULÁRIO MANUAL DA ORDEM DE SERVIÇO DE UMA GRÁFICA DIGITAL	38
FIGURA 7 - TÉCNICA DE PESQUISA PARA O ESTUDO DO CASO.....	42
FIGURA 8 - POSIÇÃO DO ESTUDO EM RELAÇÃO AO MACRO FLUXO DA GRÁFICA	43
FIGURA 9 - MODELO PRELIMINAR COM SUB-MODELOS.....	43
FIGURA 10 – SUB-MODELO ANALISAR ORDEM DE SERVIÇO	45
FIGURA 11 - ATIVIDADE DE TELEFONAR AO CLIENTE	45
FIGURA 12 - ATIVIDADE DE GERAÇÃO DA ORDEM DE PRODUÇÃO PARA A GRÁFICA	46
FIGURA 13 - MODELO ATUAL COM OS SUB-MODELOS	51
FIGURA 14 - MODELO PROPOSTO COM ELIMINAÇÃO DE ATIVIDADE TELEFONEMA.....	58
FIGURA 15 - CREATE: SÍMBOLO PARA DEFINIR A CRIAÇÃO DE ENTIDADES.....	67
FIGURA 16 - PROCESS: SÍMBOLO PARA DEFINIR O PROCESSO NO MODELO	68
FIGURA 17 - DECIDE: SÍMBOLO PARA DEFINIR ESCOLHA NO MODELO	68
FIGURA 18 - RECORD: SÍMBOLO PARA DEFINIR COLETA DE DADOS.....	69
FIGURA 19 - ASSIGN: SÍMBOLO PARA ATRIBUIR DADOS OU MUDANÇAS DE ESTADOS	69
FIGURA 20 - DISPOSE: SÍMBOLO PARA RETIRAR ENTIDADES NO FINAL DO PROCESSO	69

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - RITMO DE ABERTURA DE ORDENS DE SERVIÇO	49
TABELA 2 - NÚMERO DE ENTRADAS POR ENTIDADE	53
TABELA 3 - NÚMERO DE SAÍDAS POR ENTIDADE.....	54
TABELA 4 - RESULTADOS DOS CUSTOS NO MODELO ATUAL	54
TABELA 5 - TEMPO MÉDIO DE FILA NO MODELO ATUAL	55
TABELA 6 - QUANTIDADE MÉDIA NA FILA NO MODELO ATUAL	56
TABELA 7 - RESULTADOS DOS CONTADORES NO MODELO ATUAL.....	57
TABELA 8 - COMPARATIVOS DAS MELHORIAS SIMULADAS NAFASE DE ENTRADA	58
TABELA 9 - COMPARATIVOS DAS MELHORIAS SIMULADAS NAFASE DE SAÍDA.....	59
TABELA 10 - COMPARATIVO DE CUSTOS DA MELHORIA SIMULADA.....	60
TABELA 11 - COMPARATIVO DO TEMPO MÉDIO DE FILA NA MELHORIA SIMULADA	60

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
1.1 APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA	11
1.2 OBJETIVOS	12
1.2.1 Gerais.....	12
1.2.2 Específico.....	13
1.3 MOTIVAÇÃO PARA O ESTUDO.....	13
1.4 DESCRIÇÃO DA METODOLOGIA.....	14
1.5 LIMITAÇÕES DA PESQUISA.....	14
2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	16
2.1 SISTEMAS DE PRODUÇÃO	16
2.1.1 Fundamentos de um sistema de produção.....	16
2.1.2 Sistema fabril	17
2.1.3 Processo de manufatura ou fabricação	17
2.1.4 Tarefa	17
2.1.5 Operação	17
2.1.6 Ferramenta	18
2.2 FUNÇÃO DA PRODUÇÃO	18
2.2.1 Classificação de sistemas de produção.....	18
2.2.2 Produtos padronizados	19
2.2.3 Produtos sob medida.....	19
2.2.4 Processos discretos.....	19
2.2.4.1 Processos discretos repetitivos em massa.....	20
2.2.4.2 Processos discretos repetitivos em lote.....	20
2.2.4.3 Processos discretos por projeto	20
2.3 CLASSIFICAÇÃO DO SISTEMA PRODUTIVO DO ESTUDO DE CASO	21

2.4	MODELAGEM E SIMULAÇÃO DE PROCESSOS.....	21
2.4.1	<i>Modelagem</i>	21
2.4.2	<i>Simulação</i>	22
2.5	SISTEMA DE IMPRESSÃO DE ARQUIVO DIGITAL	23
2.6	THROUGHPUT TIME	24
2.7	SIMULAÇÃO COM O ROCKWELL ARENA®	24
2.7.1	<i>Centrais de atendimento telefônico (call centers)</i>	24
2.7.2	<i>Saúde</i>	25
2.7.3	<i>Logística</i>	25
2.7.4	<i>Manufatura</i>	26
3.	MÉTODO DE PESQUISA	27
3.1	AMBIENTE DA APLICAÇÃO	28
3.2	COLETA DE DADOS	29
3.3	CONTRATO DE PRESTAÇÃO DE SERVIÇOS	29
3.3.1	<i>Cliente</i>	30
3.3.2	<i>Transporte</i>	31
3.3.3	<i>Processo</i>	31
3.4	SIMULAÇÃO	34
3.4.1	<i>Escolha do programa de simulação</i>	35
3.4.2	<i>Limitações do programa</i>	35
3.4.3	<i>Redefinição da área a ser simulada</i>	37
3.5	DESCRIÇÃO DA ROTINA DA INTERPRETAÇÃO	38
4.	ESTUDO DE CASO.....	42
4.1	PROPOSTA DE MODELO	42
4.2	VALIDAÇÃO DO MODELO COMPUTACIONAL	46
4.3	ANÁLISE DETALHADA DO MODELO.....	47
4.3.1	<i>Criação das entidades</i>	48

4.3.2 Manipulação das entidades (ordens de serviço).....	49
4.4 RESULTADOS OBTIDOS DA APLICAÇÃO DO MODELO.....	51
4.4.1 Resultados de entradas e saídas nas fases do processo.....	53
4.4.2 Custos nas fases do processo.....	54
4.4.3 Tempo médio de fila	55
4.4.4 Quantidade média de fila.....	55
4.4.5 Contagens no Processo.....	56
4.5 ANÁLISE DE ELIMINAÇÃO DE ATIVIDADE DO PROCESSO	57
4.5.1 Resultados de entradas e saídas nas fases do processo.....	58
4.5.2 Custos nas fases do processo.....	59
4.5.3 Tempo médio de fila	60
5. DISCUSSÃO SOBRE OS RESULTADOS DO ESTUDO	61
5.1 RECOMENDAÇÕES FUTURAS DE TRABALHOS	62
6. CONCLUSÃO	63
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	64
APÊNDICE 1 – MODELAGEM NO ARENA.....	67
APÊNDICE 2 – RELATÓRIO DO MODELO ATUAL	70
APÊNDICE 3 – RELATÓRIO DO MODELO PROPOSTO.....	82

1. INTRODUÇÃO

O seguinte capítulo apresenta uma introdução ao assunto abordado nesta dissertação de mestrado, sendo explanado o ambiente no qual foi trabalhado e os objetivos da pesquisa.

1.1 Apresentação do Problema

Dentro de um ambiente de uma gráfica convencional, a maneira de trabalho esta ligada a flexibilidade que esta tem de atender a exigências dos clientes. A flexibilidade é a maneira como a gráfica pode adaptar o seu processo produtivo em função do produto solicitado pelo cliente. Tanto maior poderá ser os esforços necessários para atender os requisitos produtivos quanto for o grau de criatividade do cliente, ou seja, quanto mais complexo for o produto desejado.

Entretanto, no ambiente de uma planta de impressão digital que utiliza a materialização geralmente em papel de um conteúdo intelectual que foi armazenado em mídia digital, pode existir problemas para os administradores manterem o controle pleno de todas as atividades de forma a obter os melhores resultados. De certa forma, o ritmo que esta atividade gráfica necessita pode “ofuscar” os executivos na percepção de como a sua planta trabalha a ponto de que pequenos problemas possam ser até erroneamente considerados como partes do processo.

Ainda é possível destacar que este sistema produtivo da impressão digital requer profissionais habilitados que tenham familiaridade no emprego de programas de computadores voltados à edição e manipulação de estações gráficas, para que possam processar os dados dos serviços e operar o equipamento de impressão, com pontualidade e qualidade.

Na indústria gráfica os serviços de impressão sob demanda possuem as seguintes características:

- Pequenos prazos de entrega;
- Baixa tiragem de produção;
- Grande variabilidade de títulos;
- Uma elevada “volatilidade” de conteúdo;

A característica de “volatilidade” geralmente esta associada a manuais de programas e/ou cursos voltados para estes.

O presente projeto de estudo de caso escolhido, pretende estudar a possibilidade da utilização da simulação computacional em sistemas de produção sob demanda de baixo tempo de passagem (“*throughput*”) em uma gráfica de impressão digital, como uma ferramenta para tomada de decisão na melhoria do processo.

1.2 Objetivos

Os objetivos deste trabalho estão divididos em objetivos gerais e específicos. Os primeiros descrevem de forma ampla os propósitos desta dissertação e os específicos a forma pela qual os objetivos gerais serão alcançados.

1.2.1 Gerais

Estudar a viabilidade de aplicação de um modelo de simulação que represente a realidade de um processo industrial sob demanda e seu impacto como ferramenta de auxílio à organização do sistema de produção.

1.2.2 Específico

1. Propor e analisar um modelo computacional de uma gráfica digital no *Rockwell Arena*.
2. Estudar se a simulação de uma parte do processo sob demanda da gráfica digital possibilite:
 - Redução de custos;
 - Melhoria de produtividade

1.3 Motivação Para o Estudo

Em razão desta flexibilidade produtiva que o sistema de impressão digital pode proporcionar ao cliente, como exemplo a produção de materiais com tiragem reduzida em menos de 24 horas, surge um problema aos administradores destas plantas em gerenciar a diversidade complexa de variáveis, de forma a manter os requisitos de qualidade dentro de padrões aceitáveis.

Pode-se entender que as diversidades de variáveis a serem administradas serão: o tempo de retorno do material ao cliente, o tipo de papel e tamanho a ser empregadas na impressão, a gramatura, a tiragem, a quantidade de setups das máquinas e a diagramação. Estas variáveis citadas devem possuir um monitoramento mais intensivo pelos administradores deste tipo de negócio.

Através da necessidade de monitorar as principais variáveis apresentadas anteriormente, surgiu a determinação em pesquisar a existência de elementos que auxiliassem os administradores na observação do processo produtivo sob demanda, de forma que pudessem ser antecipadas respostas às ações futuras e planejamentos a serem executados.

O elemento escolhido para o estudo foi à simulação que foi aplicado em um ambiente gráfico que possui a característica de produção sob encomenda com baixo tempo de *throughput*.

1.4 Descrição da Metodologia

A metodologia de pesquisa a ser utilizada será um estudo de caso exploratório, que será aplicado a uma gráfica digital que trabalha com impressão sob demanda com baixo tempo de passagem (*throughput*).

O desenvolvimento será em função da (complexidade no gerenciamento causada pela diversidade) de variáveis a serem controladas no processo de impressão sob demanda, pois quanto maior for a fidelidade da descrição das rotinas utilizadas para a composição deste trabalho de pesquisa, maiores serão as chances de reprodução do cenário a ser reavaliado no futuro ou adaptado a outros casos fora da área gráfica.

1.5 Limitações da Pesquisa

A pesquisa a ser desenvolvida estará sujeita as seguintes limitações:

1. O ambiente em estudo se trata de um sistema de produção sob demanda realizado em uma empresa nacional do ramo gráfico, a qual não autoriza a divulgação de seu nome.
2. As situações de contingenciamento do processo de produção não foram abordadas no estudo, por serem de ordem estratégica ao negócio da empresa.
3. A limitação técnica do programa de simulação Rockwell *ARENA*[®] que foi disponibilizado para o estudo na versão demo, o qual não permite

que o modelo seja simulado com mais de 100 itens em processo entre a fase de entrada e saída durante o período de simulação.

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

O seguinte capítulo apresenta a teoria base necessária para o desenvolvimento desta dissertação através das várias fontes bibliográficas consultadas na elaboração deste texto. Serão abordados conceitos e definições de sistemas de produção, simulação e sistema de impressão de arquivo digital e do programa disponível.

2.1 Sistemas de Produção

Os sistemas de produção evoluíram ao longo dos anos de seus processos primitivos artesanais para processos. Contudo após a revolução industrial ocorrida ao final do século XIX, as atividades de produção passaram a serem visualizadas e caracterizadas sobre a natureza de como se processa a produção, ou seja, de uma maneira mais disciplinada do ponto de vista de como fazer.

A partir disto, é possível apresentar algumas definições que se tornam necessárias para caracterizar e melhorar a compreensão de qual natureza de ambiente produtivo no qual o estudo de caso foi aplicado, ou seja, em que categoria produtiva se enquadra.

2.1.1 Fundamentos de um sistema de produção

Os fundamentos de um sistema de produção podem ser considerados como um conjunto de tarefas e operações em sistema fabril, em geral, que utiliza ferramentas para o processo de manufatura ou fabricação.

2.1.2 Sistema fabril

Um sistema fabril de manufatura (conjunto de processos) é uma série de processos de fabricação resultando em produtos finais específicos com arranjo ou *layout* para todos os processos, equipamentos e pessoas (BLACK, 1998).

2.1.3 Processo de manufatura ou fabricação

Um processo de manufatura e/ou fabricação pode ser, geralmente, composto de equipamento projetado para realizar procedimentos específicos. Porém, isto não é suficiente para afirmar que estamos com um processo de manufatura ou fabricação, por exemplo, um robô de solda em uma fábrica. Agora se este for utilizado como uma parte de um conjunto, segundo Black (1998), ele considera que um agrupamento de máquinas pode formar um sistema de manufatura.

2.1.4 Tarefa

A tarefa (*Job*) é um conjunto ou seqüência de operações realizada em máquina, ou um conjunto de destas, ou mesmo um conjunto de tarefas realizadas por um trabalhador em uma posição numa linha de montagem.

A posição da linha de montagem em algumas vezes pode ser chamada de posto de trabalho (BLACK, 1998).

2.1.5 Operação

É o resultado de uma ação ou tratamento específico ou o conjunto do qual é composta a tarefa de um trabalhador. Algumas vezes chamado de processo (BLACK, 1998).

2.1.6 Ferramenta

É o implemento utilizado para fixar, cortar, moldar ou conformar os materiais de trabalho (BLACK, 1998).

2.2 Função da Produção

A função da produção consiste em todas as atividades que diretamente estão relacionadas com a produção de bens ou serviços, sendo que a essência da produção esta em adicionar valor aos bens ou serviços durante o processo de transformação. (TUBINO, 1997)

Qualquer “coisa” que não seja absolutamente o mínimo de recursos materiais, equipamentos e/ou força de trabalho requerido para adicionar valor ao produto é desperdício, ou seja, apenas uma atividade que muda fisicamente o produto agrega valor. (HAY, 1992)

2.2.1 Classificação de sistemas de produção

Um sistema produtivo pode ser classificado em relação ao grau de padronização dos produtos, pelos tipos de operação que sofrem e pela natureza do produto. O sistema de produção segundo Tubino (1997) se divide em contínuo e discreto. Este último ainda pode ser subdividido em processos repetitivos em massa ou lotes e processos por projetos, conforme Figura 1.

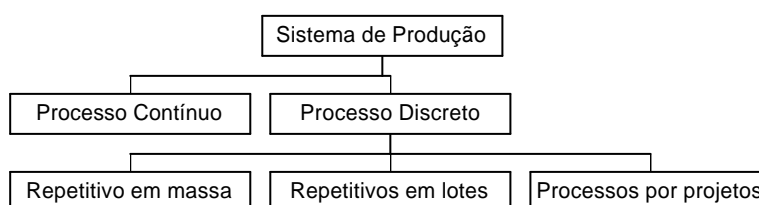


Figura 1 - Tipos de Sistemas de Produção Adaptado de Tubino (1997)

2.2.2 Produtos padronizados

Produtos padronizados são aqueles bens ou serviços que apresentam alto grau de uniformidade. Seus sistemas produtivos podem ser organizados de forma a padronizar mais facilmente os recursos produtivos (máquinas, homens e materiais) e métodos de trabalho e controles, contribuindo para uma maior eficiência do sistema, com conseqüente redução dos custos. Dentro deste grupo estão incluídas a fabricação de bens e a prestação de serviço (TUBINO, 1999).

2.2.3 Produtos sob medida

Os produtos sob medida são bens ou serviços desenvolvidos para um cliente em específico. Como o sistema produtivo espera a manifestação dos clientes para definir os produtos, esses não são produzidos para estoque e os lotes normalmente são unitários. Devido a que o prazo de entrega é um fator determinante no atendimento ao cliente, os sistemas que trabalham sob encomenda possuem normalmente grande capacidade ociosa que dificulta a padronização dos métodos de trabalho e dos recursos produtivos, gerando produtos mais caros do que os padronizados (TUBINO, 1999).

2.2.4 Processos discretos

Os processos discretos envolvem a produção de bens ou serviços que podem ser isolados em lotes ou unidades, particularizando-os uns dos outros. “Os *processos discretos podem ser divididos em repetitivos em massa, processos repetitivos em lotes e processos por projetos*”.(TUBINO, 1999)

2.2.4.1 Processos discretos repetitivos em massa

TUBINO (1999), afirma que os processos discretos repetitivos em massa são aqueles empregados na produção em grande escala de produtos altamente padronizados. Normalmente, as demandas pelos produtos são estáveis fazendo os seus projetos tenham poucas alterações no curto prazo, possibilitando a montagem de uma estrutura produtiva altamente especializada e pouco flexível, onde altos investimentos possam ser amortizados durante um longo período de tempo.

2.2.4.2 Processos discretos repetitivos em lote

Os processos discretos repetitivos em lote caracterizam-se pela produção de um volume médio de bens ou serviços padronizados em lotes, sendo que cada lote segue uma série de operações que necessita ser programada à medida que as operações anteriores forem realizadas. *“O sistema produtivo deve ser relativamente flexível, empregando equipamentos pouco especializados e mãos-de-obra polivalentes, visando atender diferentes pedidos dos clientes e flutuações de demanda”* (TUBINO, 1999).

2.2.4.3 Processos discretos por projeto

Os processos por projeto têm como finalidade o atendimento de uma necessidade específica do cliente, com todas as suas atividades voltadas para esta meta. O produto tem uma data específica para ser concluído e, uma vez concluída, o sistema produtivo se volta para um novo projeto. Os produtos são concebidos em estreita ligação com os clientes, de modo que suas especificações impõem uma organização dedicada ao projeto. *“Exige-se alta flexibilidade dos recursos produtivos, normalmente às custas de certa ociosidade, enquanto a demanda por bens ou serviços não ocorrer”* (TUBINO, 1999).

Os exemplos mais característicos deste tipo de processo por projeto são a indústria aeroespacial, algumas aeronáuticas, grandes equipamentos de geração de energia e a construção civil.

2.3 Classificação do Sistema Produtivo do Estudo de Caso

O sistema produtivo da gráfica digital sob demanda deste estudo de caso pode ser composto de uma mistura entre o processo repetitivo em lotes e processo por projetos.

Em algumas situações o cliente necessita de um produto simples que é replicado várias vezes. Por exemplo, copiar várias vezes de um original que possui somente uma imagem de um dos lados.

Em outras situações, o sistema pode ser classificado por projetos, pois um cliente pode pedir uma cópia de muitos originais que compõe um único produto. Por exemplo, na impressão de um livro que é composto de muitas páginas diferentes que em conjunto se tornam um único produto.

2.4 Modelagem e Simulação de Processos

A seguir serão apresentadas definições de como pode ser caracterizadas a modelagem e simulação de processos.

2.4.1 Modelagem

Segundo Anu (1997), alguns autores definem como modelagem o processo de construção de um modelo a ser simulado. Porém BANKS (1996), explica que um modelo deve ser suficientemente detalhado para que seja possível obter conclusões sobre o sistema real.

2.4.2 Simulação

Segundo Banks (1999) a simulação pode ser *“uma operação de imitação de um processo do mundo real que envolve a geração de uma história artificial de um sistema que possibilita inferências na operação de características existentes no mundo real”*. Outros autores simplificam como sendo *“uma simulação de um modelo do sistema”* (ANU, 1997). Ou ainda, entende-se a simulação, como *“um processo de construção de um modelo de um sistema real e condução de experimentos com este para o propósito do entendimento do comportamento do sistema e/ou a evolução de várias estratégias para a operação do sistema”* (SHANNON, 1998)

Desta forma é possível concluir que a simulação pode ser definida como a tentativa da representação de uma situação real de um processo através de um modelo matemático que, durante a evolução deste possam ser analisadas as respostas que as alterações implementadas causem no sistema.

No processo de simulação se faz necessário à utilização de programas, porém na escolha deste deve ser criteriosamente analisada.

“As características que distinguem um programa do outro são a interatividade (possibilidade de alterar o modelo durante a simulação), reusabilidade (possibilidade de criação de blocos ou sub-modelos que podem ser aproveitados em outras partes do processo ou simulação através de blocos), transparência visual (demonstrar a evolução das filas pelo critério de chegada), conectividade (possibilitar a integração com planilhas eletrônicas ou banco de dados) e suporte”. (DIAMOND, 2002, p. 11)

Embora após a escolha do programa, através dos critérios citados anteriormente, a fase de verificação do modelo é uma das etapas mais importantes do processo de construção do mesmo.

“(…) um dos mais maiores problemas do usuário do software de simulação é determinar o quanto o modelo é uma representação precisa do sistema em estudo, porém uma revisão da literatura sobre validação indica que relativamente pouco foi escrito sobre este tema. Além disso, o que está escrito é às vezes mais ‘filosófico’ que formas prática recomendadas para tal”. (KELTON, Law & David, 1982, p. 12).

Desta forma, não basta apenas dominar o recurso do simulador. É necessário ter o entendimento do problema como um todo a ser modelado.

“Simulação de uma empresa requer uma detalhada ‘compreensão’ das operações na empresa incluindo as seqüências dos processos, os recursos (máquinas, humanos e materiais) e as restrições que comandam os processos e recursos. A maior parte desta informação esta contida nas funções subjacentes e documentos da empresa. As seqüências do processo às vezes são complexas e o número de recursos empregados pela empresa é grande. Além do mais, a seqüência do processo e a informação dos recursos trocam todo tempo”. (SRINIVASAN; JAYARAMAN, 1997, p.12)

Mesmo que você possa dominar o problema, ainda assim poderá ter problemas com a sua performance.

“A performance humana é às vezes um elemento de alto risco na eficiência total de muitos tipos de sistemas. Por exemplo, aproximadamente dois terços dos acidentes aéreos são atualmente atribuídos a erros do piloto. Infelizmente, o projeto tradicional de processos tende a colocar o foco desproporcional na performance técnica do equipamento, com um pouco de consideração para o fator humano”.(LAUGHERY, 1999, P. 12)

2.5 Sistema de Impressão de Arquivo Digital

Um sistema de impressão de arquivo digital consiste na transferência de dados criados através do auxílio de sistemas computacionais, do arquivo digital, para um meio físico (geralmente o papel) através de impressoras.

Também pode ser compreendido que a impressão digital é *“um termo amplo que inclua alguma tecnologia de reprodução que receba arquivos eletrônicos e use de pontos para replicação.”*(DIGITAL PRINTER CENTER, 2004, p.13).

As impressoras na atualidade podem possuir diferentes tecnologias para a obtenção das impressões, tais como as por transferência de tintas, cera ou fusão de pós a laser. Dentre os critérios que definem a escolha do meio de impressão destacam-se a fidelidade da imagem em relação à tela, custos e a velocidade de impressão.

2.6 Throughput Time

O throughput time é “o tempo entre a liberação de uma ordem de produção por um controlador de sistema e a finalização desta ordem.”(KARACAL, 1997, p.13)

2.7 Simulação com o Rockwell Arena®

Na literatura disponível para pesquisa foram encontradas algumas aplicações do Rockwell ARENA® nas mais diversas áreas de atuação, destacando-se trabalhos realizados em centrais de atendimento telefônico (*Call Centers*), nos processos industriais químicos e alimentícios, portos, na área da saúde, processos de logística, manufatura, siderúrgicas, mineração, aplicações militares e outras. A seguir serão apresentados alguns casos de simulações onde foi empregado tal programa.

2.7.1 Centrais de atendimento telefônico (*call centers*)

Os investimentos das empresas que acreditam que este recurso de abordagem ao cliente via telefônica, causam a estas um grande investimento de recursos financeiros para que esta operação seja eficiente e produtiva. Desta maneira, Malcolm e Gulati (2001) realizaram uma pesquisa usando simulação no Arena para testar se os programas de gerenciamento de escalas de atendimento estavam sendo um método eficiente quando aplicados em situações de larga escala.

Em uma outra situação, a utilização da simulação com o Arena® propiciou a uma grande companhia de fabricante de fotocópias a reduzir os custos de atendimento das equipes de campo, propiciando assim “*melhorias da satisfação do cliente e ferramenta de decisão gerencial*” (ROCKWELL, 2001, p.14).

2.7.2 Saúde

O gerenciamento de planos de saúde que operam em um ambiente de preços agressivos e competição fizeram que Alexopoulos (2001) trabalhasse no desenvolvimento de um modelo de aplicação de simulação no âmbito da saúde. Neste sentido eles pesquisaram um modelo de cinco atividades mais comuns em consultas para planos de atendimento a pessoas pobres e as suas conseqüências.

Uma contribuição que merece destaque foi a de Centeno (2001) que trabalhou o uso da simulação para desenvolver um estudo no dimensionamento de recursos no setor de maternidade do Jackson Memorial Hospital.

Em determinadas situações reais, áreas médicas necessitam obter respostas rápidas a diversidades que ocorrem em um desastre. Assim Bregman e Gilat (2001) fizeram o uso da simulação para desenvolver um modelo em um hospital, baseado no histórico de atendimentos, para que pudessem se preparar em casos de possíveis desastres. Após a conclusão deste trabalho de simulação, este modelo foi utilizado por mais de 4 anos como parte de planos de estudo sobre a avaliação da eficiência no atendimento de tragédias em hospitais gerais em Israel.

“O uso da simulação pode auxiliar no gerenciamento de um departamento de emergências de hospitais ao ponto de estudá-lo sob o enfoque de sua performance e propor soluções, testando-as antes de colocar em prática para não tumultuar a agitada rotina” (ROSSETI, 2001, p.15).

2.7.3 Logística

A área da logística é mais uma das áreas que o estudo da simulação é empregada, nas mais diversas situações. Gatersleben e Weij (2001) estudaram modelos em simulação no Arena[®] para prever o comportamento de passageiros no terminal embarque em um aeroporto de forma dinâmica, onde pudessem observar os gargalos e suas possíveis causas.

Já Dijk *et al.* (2001) fizeram o uso da simulação para desenvolver com sucesso um projeto de construção de uma praça de pedágio na Holanda, onde foram previstas as modalidades de pagamento (dinheiro , crédito ou eletrônico) em ambas direções e o número de cabines necessárias.

A simulação no Arena[®] foi empregada por Harris e Dessouky (2001) para avaliar o espaço disponível em um estacionamento de um layout disponível atual e nas possíveis mudanças que poderiam ocorrer na Universidade de Miami, de maneira a diminuir o número de carros que ficavam relutando em conseguir uma vaga.

2.7.4 Manufatura

A utilização de simulação tem provado que através do estudo é possível obter um melhor nível de compreensão dos sistemas, fato que Moraes e Franzese (2001) conseguiram comprovar ao estabelecer modelos para uma nova linha de produção da Ford em Taubaté/SP. Com esta simulação eles conseguiram observar a evolução entre a capacidade do sistema e o estoque em processo considerando o processo efetivamente. Ao final obtiveram melhorias na capacidade e redução do estoque em processo.

Ferreira *et al.* (2001) afirma que o uso da simulação na manufatura pode ajudar a desenvolver modelos para demonstrar técnicas de gerenciamento de produção como o *Kanban*, já Shady *et al.* (1997) diz que a simulação aplica-se também no treinamento de novos engenheiros de processos ou responsáveis de produção a melhorar seu layout produtivo.

3. MÉTODO DE PESQUISA

O método de pesquisa a ser aplicado é um estudo de caso em uma gráfica digital que trabalha com impressão sob demanda com baixo tempo *throughput*.

Na elaboração deste estudo se fez necessário definir algumas fases para orientar o estudo:

Na primeira fase é realizada a coleta dos principais dados do processo e daqueles que afetam diretamente a produtividade do operador no desenvolvimento de sua tarefa tais como:

- Quantidade média diária de ordens de serviços processadas;
- Quantidade média diária de ordens de serviço aguardando processamento;
- Tempo médio de espera de ordens de serviço antes do processamento;
- Tempo médio de *Throughput*;
- Quantidade média de clientes que são atendidos via telefone;
- Quantidade de chamadas telefônicas retornadas ao cliente;

Na segunda fase são obtidos os dados referentes à descrição do processo em suas tarefas e recursos necessários para executá-los.

Na terceira fase, os dados e descrição das tarefas são convertidos para o modelo computacional no Rockwell Arena[®], modelo este que depois de validado é definido como estado atual do processo.

Na quarta fase, através da análise dos resultados de várias simulações são propostas e testadas alterações no modelo a fim de se obter melhorias na produtividade do processo e maior produtividade com menor custo.

Na quinta fase, o resultado da solução encontrada na fase anterior é implementado na situação real e os resultados são comparados com o modelo.

Por último, são realizadas as análises e discussões do estudo de caso, ressaltando quais os potenciais de melhorias e quais estudos futuros podem resultar desta pesquisa.

3.1 Ambiente da Aplicação

O objetivo do estudo de caso deste trabalho foi estabelecido para a simulação computacional de uma planta de impressão digital. O ambiente é de gestão complexa, pois se processam diariamente mais de 80 ordens de serviço de um único cliente corporativo que está distribuído em seis sedes (ou unidades), aonde existem aproximadamente cento e vinte pessoas de contato, que geram serviços aleatórios não repetitivos de impressão e acabamento e, por consequência de logística que devem ser executadas dentro de um prazo de 24h. Em função desta quantidade de informações foi verificada a necessidade de pesquisar uma maneira de compatibilizar as necessidades específicas de cada cliente em função da disponibilidade e capacidade mão-de-obra direta e equipamentos instalados na gráfica.

O perfil dos serviços destes clientes corporativos possui particularidades muito específicas em cada um de seus centros solicitantes. Foi observado que historicamente as frequências e características dos produtos solicitados são bem distintos entre as unidades, ou seja, é percebida uma tendência no desenvolvimento de um padrão ou característica da natureza do produto solicitado em cada uma das unidades, bem como uma sazonalidade na ocorrência destas.

3.2 Coleta de Dados

Para este estudo de caso o método da coleta de dados foi realizado através da análise dos dados inseridos no banco de dados da gráfica digital. Neste banco de dados algumas informações principais dos clientes são inseridas em conjunto com os dados da ordem de serviço.

As fases principais desta coleta de dados foram:

1. Análise dos requisitos do programa de simulação para definir um *create* (módulo do Arena: média e desvio-padrão)
2. Definição das variáveis que possam atender aos requisitos do programa: data e hora.
3. Exportação do banco de dados das variáveis data e hora de cada ordem de serviço emitida em casa sede para uma planilha eletrônica.
4. Estratificação e análise da estatística descritiva dos dados para obtenção do intervalo médio de emissão de uma ordem de serviço com o seu respectivo desvio padrão.
5. Validação dos valores encontrados

Realizadas estas etapas, é possível utilizar-se destes valores para parametrização do programa de simulação em cada elemento que visa representar cada sede do cliente.

3.3 Contrato de Prestação de Serviços

O ambiente da gráfica digital é regido através de um contrato de prestação de serviço, aonde foram definidas regras para o funcionamento a esta intuição corporativa. Dentre as cláusulas contratuais existe uma que determina o ritmo pelo

qual o serviço deverá ser executado, em 24 horas entre a saída do cliente e o retorno ao mesmo.

Através da visão geral do fluxo de trabalho que foi obtido com a análise do contrato de prestação de serviço, é possível compreender que o processo pode ser resumido como demonstrado na Figura 2.

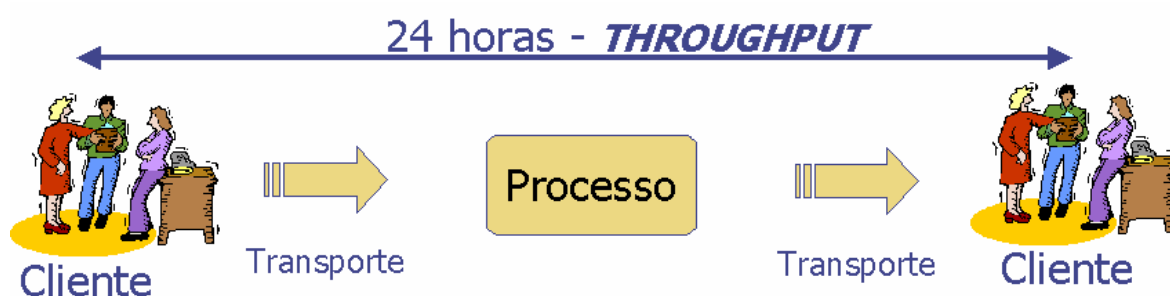


Figura 2 - Representação do Processo

Das 24 horas definidas como tempo de *throughput* referidas em contrato, fica evidenciado que o tempo de transporte pode influenciar no desempenho das atividades da gráfica. A influência desta atividade no tempo total pode ser devida a atrasos no percurso da rota de coleta e entregas, uma vez que as unidades estão espalhadas ao redor de um raio de 18 km.

Para um maior entendimento das partes desta gráfica e seu contrato, a seguir serão apresentados alguns detalhes de cada uma destas.

3.3.1 Cliente

O cliente pode ser compreendido como qualquer pessoa autorizada e responsável na emissão de uma ordem de serviço preenchida a mão, ao qual anexa original físico e/ou a mídia disponibilizando para transporte, em qualquer uma das unidades da corporação.

O local de disponibilização na unidade do cliente pode ou não ser centralizado, dependendo do tamanho da sede e do sistema organizacional desta unidade.

3.3.2 Transporte

É a tarefa compreendida como a coleta e a movimentação das ordens de serviços acompanhadas de cada original físico e/ou mídia, originadas nas sedes até a planta de impressão.

Esta tarefa de transporte também é aplicada para o retorno do material produzido no processo acompanhado dos originais físicos para o mesmo local de saída ou outro especificado na ordem de serviço. O ponto de entrega na sede do cliente pode ou não ser centralizado, dependendo da maneira como é organizada a estrutura na sede destino.

3.3.3 Processo

São todas as tarefas realizadas dentro do ambiente da gráfica através da utilização dos recursos de infra-estrutura, mãos-de-obra diretas e indiretas. As tarefas deste processo visam a execução das ordens de serviço conforme requisitado pelo cliente e que atenda ao requisito estabelecido no contrato de prestação de serviço para que o retorno ao cliente seja em 24 h.

O processo de impressão no caso estudado é formado por um conjunto de tarefas seqüenciais, o qual pode ser visualizada na **Erro! A origem da referência não foi encontrada..**

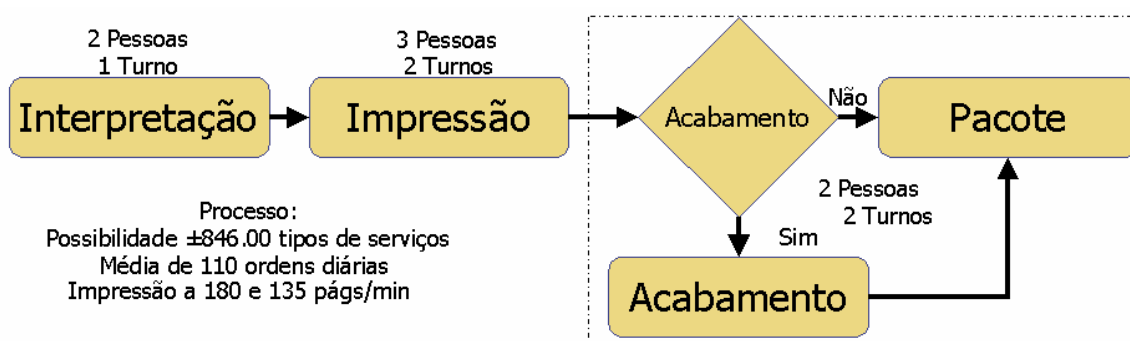


Figura 3 - Macro Processo

A tarefa de interpretação é uma atividade na qual uma pessoa fica responsável em ler e analisar cada uma das ordens de serviço que chegam manuscritas. A partir destas informações analisadas esta pessoa tem a responsabilidade de gerenciar a transformação em ordens de produção padronizadas, com o auxílio de um banco de dados, pois o mesmo transcreve cada uma das ordens de serviço no sistema de gerenciamento da gráfica.

Após este cadastramento, as informações são transformadas em ordens de produção, que acompanham durante o processo e são direcionadas as etapas subseqüentes para que a execução da impressão venha atender aos requisitos descritos na ordem de serviço.

A ordem de produção dentro do processo é acompanhada com os originais desde a sua emissão até o processo de empacotamento, com o objetivo de rastreabilidade, para que ao final do processo, retorne ao operador que a emitiu para que este possa gerar os documentos de logística (romaneios de entrega e notas fiscal de transporte e faturamento).

A tarefa de impressão é aquela na qual o operador (impressor) analisa as informações contidas na ordem de produção, realiza a digitalização dos originais físicos (quando necessário), configura o equipamento de impressão, imprime e realiza o descarregamento das cópias realizadas.

Durante a jornada de trabalho, é observado que o operador desta tarefa apresenta em determinados momentos períodos de “ociosidade”, ou seja, ele fica observando a máquina produzindo. Um dos motivos para que esta “ociosidade” ocorra se deve aos recursos tecnológicos dos equipamentos de impressão. Um destes recursos é a existência de mais de um ponto de abastecimento da matéria-prima (gavetas ou rolos). Sendo assim, as operações deste operário quando a máquina em atividade pode ser resumida ao monitoramento dos indicadores nível de matéria prima, reabastecimento de papel, atendimentos a paradas da máquina por atolamento de papel no trajeto interno do equipamento e a retirada de produtos acabados.

Em alguns arranjos de *layout* de gráficas digitais podem existir as possibilidades de combinar o tempo das tarefas de retirada de produto acabado e reabastecimento de papel, de modo a organizar as atividades para que um operador possa cuidar de dois equipamentos com capacidades produtivas similares.

A tarefa de acabamento consiste em um conjunto de atividades que em sua grande maioria requer habilidades manuais, que são executadas após o processo de impressão e que podem ser divididas em duas principais:

- Tarefas de acabamento propriamente ditas;
- As atividades de empacotamento, sendo esta obrigatória em todas as ordens de produção.

As atividades de acabamento propriamente ditas são todas aquelas que podem ser realizadas através de uma combinação de atividades manuais que não requerem serviço de impressão, que ao final se transforma no produto solicitado pelo cliente.

Dentre as combinações de acabamentos possíveis de serem executados na planta em estudo os tipos mais requisitados pelos clientes:

- Encadernamento automatizado;
- Dobra com grampeamento automático na lombada;
- Picotamento.

O encadernamento semi-automático é uma atividade no qual o funcionário do setor geralmente adiciona uma capa e contra-capas, perfura um dos lados do impresso e aplica uma espiral plástica ou metálica.

A dobra com grampeamento automático na lombada é uma atividade na qual a pessoa do setor de acabamento transforma impressos em um formato de revista, através do abastecimento individual em um equipamento destinado a este fim.

O serviço de picotamento é aquele no qual o cliente requerer que em uma ou mais páginas de um impresso tenha uma área destacável.

A atividade de empacotamento é uma tarefa obrigatória do processo definida em contrato na qual pode ser executada depois de uma atividade de acabamento ou não. O objetivo desta fase do processo é acondicionar o conteúdo que foi produzido em embalagens individuais nas quais é agregada uma etiqueta de endereçamento com a rastreabilidade da ordem de serviço do cliente. Após a conclusão do empacotamento e identificação, o material é disposto para o setor de transporte encaminhar o retorno ao cliente, para conclusão da ordem de serviço.

3.4 Simulação

A finalidade da simulação computacional proposta é estudar o comportamento do efeito da variabilidade de produtos possíveis de serem produzidos na gráfica em

relação à demanda, recursos de infra-estrutura e mão de obra direta e indireta disponíveis.

3.4.1 Escolha do programa de simulação

A escolha do programa de simulação computacional, dentre as variedades ofertadas no mercado, para utilização neste estudo de caso obedeceu aos seguintes critérios:

- Disponibilidade mesmo que uma versão demo no departamento desta pós-graduação;
- Apresentar uma interface intuitiva na construção do modelo, através do uso de fluxogramas;
- Possibilidade de apresentação de relatórios ao final da simulação através de tabelas e gráficos.

Sendo assim os critérios, o programa habilitado que atende é o Rockwell Arena[®] versão 4.0 em sua versão demo-acadêmica.

3.4.2 Limitações do programa

Pelo motivo de optar por uma versão demo do programa de simulação computacional, foram impostas a modelagem do processo condições limitantes: número de módulos, número de elementos e objetos de simulação, vide

Figura 3.

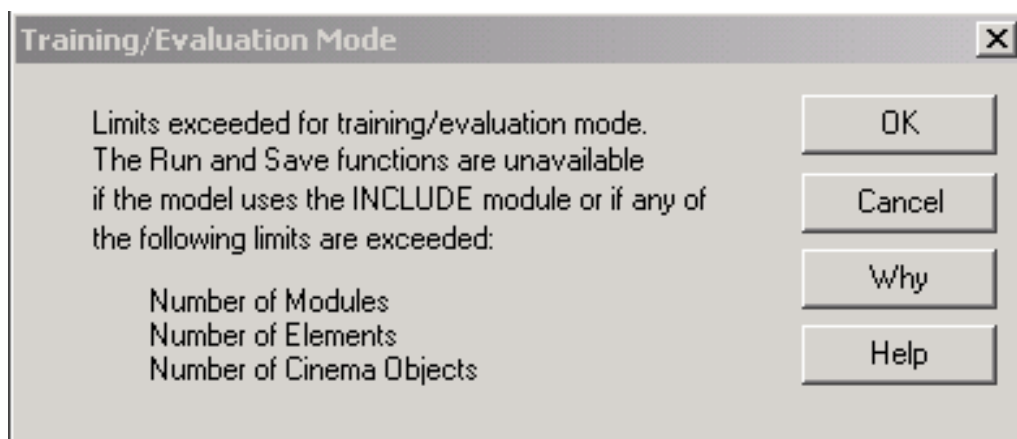


Figura 3 - Limites do Software de Simulação

Para demonstrar os limites é demonstrado na Figura 4 quais os valores que não podem ser ultrapassadas com conseqüências de não obter resultados válidos.

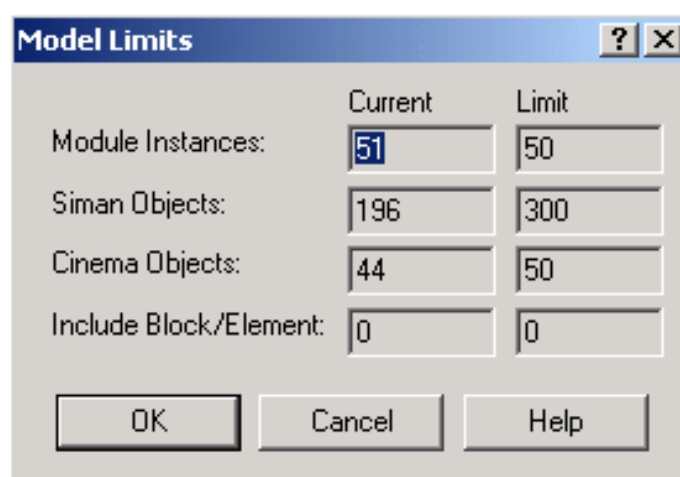


Figura 4 - Detalhes dos Limites Ultrapassados na Versão Demo

As limitações impostas nesta escolha são de ter no máximo os seguintes itens:

- 50 módulos de exemplo, ou seja, a construção do modelo não pode ultrapassar a 50 “sinais gráficos básicos” no desenho do fluxograma;
- 300 objetos *SIMAN*[®];
- 50 objetos *CINEMA*[®];
- Nenhum bloco/elemento.

Os objetos *SIMAN*[®] são os mecanismos (linguagem de programação) que controlam a execução dos modelos de simulação no *ARENA*[®]. A cada vez que é iniciada a simulação, o programa se encarrega de converter a representação gráfica em instruções desta. O *CINEMA*[®] é o módulo que faz a parte do programa responsável pela animação.

Através destas restrições foi realizado um processo de modelagem do processo completo da gráfica, desde a chegada da ordem até o empacotamento, pelo processo de tentativa e erro, ou seja, obter resultados do modelo até próximo do limite de operação da versão demo.

Diante das limitações encontradas em obter o modelo completo da gráfica digital, fez-se à opção pela revisão do objetivo inicial do estudo da simulação do sistema completo, alterando-o para a análise mais aprofundada de uma das tarefas, ou seja, uma das partes do processo. A tarefa escolhida para análise foi a da INTERPRETAÇÃO por ser aquela chave na qual comanda a entrada de informações e que realiza contatos com clientes em caso de dúvidas. Sendo assim, esta tarefa foi detalhada com o máximo de informações da rotina de trabalho do funcionário até os limites da versão demo.

3.4.3 Redefinição da área a ser simulada

Conforme foi explicado anteriormente, a versão demo impôs ao estudo de caso um realinhamento dos objetivos, alterando de um estudo do processo global, para se concentrar em uma parte do processo.

3.5 Descrição da Rotina da Interpretação

Através de uma análise gerencial do processo, a área de INTERPRETAÇÃO foi considerada estratégica, pois o funcionário alocado a esta atividade tem a responsabilidade de abastecer com as informações descritas das ordens de serviço enviadas pelo seu cliente em um sistema gerenciador e realizar contatos com estes a cada vez que houver dúvidas no pedido.

Como citado anteriormente, o material que chega a gráfica deve ser composto de uma ordem de serviço e uma mídia matriz.

O funcionário realiza a leitura das ordens de serviço, que foram preenchidas de forma manual, individualmente. Durante esta leitura ele faz a recomposição da informação transcrita da necessidade do cliente de forma padronizada, para compreender qual é o produto que deverá sair ao final do processo.

Na Figura 5, é demonstrada uma ordem de serviço, que possui alguns campos principais, que descrevem o produto a ser obtido na gráfica.

Ordem de Serviço		N° XXX.XXX	
Centro de Custo	Descrição do Centro de Custo (Nome do Setor)		Data
Solicitante			
Serviço			
Originais	Cópias	Total	F <input type="checkbox"/> F/V <input type="checkbox"/> PB <input type="checkbox"/> Cor <input type="checkbox"/> A3 <input type="checkbox"/> A4 <input type="checkbox"/> A5 <input type="checkbox"/>
Papel	Gramatura		
Acabamento	Colar	Encadernar	Inserir Folha Colorida
	Dobrar	Furar	Picotar
	Empacotar	Grampear	Plastificar
Capa Personalizada	<input type="checkbox"/> T1 <input type="checkbox"/> T2	<input type="checkbox"/> T3 <input type="checkbox"/> T4	<input type="checkbox"/> T5 <input type="checkbox"/> T6 <input type="checkbox"/> Acetato <input type="checkbox"/> Cor <input type="checkbox"/>
Local de Entrega			
Data de entrega	Observações		

Figura 5 - Formulário Manual da Ordem de Serviço de uma Gráfica Digital

A atividade do funcionário consiste em ler e transcrever pelo menos 18 campos, dos 19 listados, para cada serviço a ser executado em um banco de dados de controle gerencial.

As informações principais fornecidas pelo cliente, que são transcritas para o sistema de controle são:

1. Número da ordem de serviço, que vem pré-impressa no talão, e é um número seqüencial não repetido.
2. Número do centro de custo. Esta informação se faz necessária para a geração de relatórios de produção e cobrança, que ao final de um período de 30 dias é repassado ao setor administrativo do cliente para que este possa fazer um rateio das despesas com serviços gráficos.
3. Uma descrição do centro de custo, ou seja, um nome que possa ser facilmente compreendido.
4. A data de solicitação;
5. Nome do solicitante, ou seja, a pessoa autorizada a realizar o pedido de serviço, para que em caso de dúvidas ou problemas no processo possa ser contatada;
6. Telefone de contato;
7. Descrição do serviço a ser executado, ou seja, explicar de forma simples qual é o tipo produto requisitado;
8. Quantidade de originais, ou seja, a quantidade de páginas da matriz a ser trabalhada na ordem;
9. Quantidade de cópias solicitadas, ou seja, as quantidades de produtos que devem ser entreguem ao final do processo;
10. Optar se é somente frente ou frente e verso. Em casos de reprodução, se faz necessário informar a maneira como a imagem será transferida ao papel. Não necessariamente, um original pode ser igual à cópia, por exemplo: um manual impresso em frente e verso apresentado como

original que deve ser reproduzido em cópias aonde a imagem será impressa em somente um lado do papel ou vice-versa.

11. Optar se a cópia é colorida ou preta e branco. Esta opção define se o conteúdo total do produto será realizado em uma máquina com capacidade de impressão colorida ou não.
12. Optar pelo tamanho final do papel, ou seja, o formato do produto acabado pode ser diferente do material apresentado como matriz, por exemplo: uma redução ou ampliação.
13. Descrever o tipo de papel a ser empregado no serviço, ou seja, optar por um conjunto de papéis disponíveis na gráfica para o produto final.
14. Descrever a gramatura do papel. Esta descrição de gramatura influencia na performance e qualidade do produto acabado até o ponto de tornar a impressão impossível em casos.
15. Selecionar os tipos de acabamento possíveis ou descrever em outros para serviços especiais.
16. Optar por um tipo de capa padronizada.
17. Descrever o local de entrega. O local de entrega pode ser diferente do local aonde foi elaborada a ordem de serviço, desde que seja um endereço de outra sede da corporação.
18. Informar o prazo de entrega. O cliente informa qual deve ser a sua necessidade de entrega em relação ao prazo.
19. Descrever informações adicionais se necessário para facilitar o processo de interpretação.

Devido à variabilidade das letras na forma escrita, o funcionário pode ter problemas na leitura da ordem de serviço, necessitando de mais tempo para algumas ordens que outras. Além disto este sistema de ordem requer que o cliente tenha que conhecer um pouco do processo gráfico e ao mesmo tempo a disponibilidade de matéria-prima.

Em determinadas situações, um mesmo cliente autorizado a emitir ordens de serviço que necessite preencher mais de uma ordem para o mesmo original, acaba “simplificando” o preenchimento somente com informações de quantidade, destino e a palavra “idem a O. S. xxx” em cada ordem. Ao concluir esta “simplificação” ele anexa a primeira ordem que preencheu completa as demais “simplificadas” enviando com os originais (matrizes) para a gráfica. Neste caso, o funcionário da interpretação tem maiores dificuldades de recuperar informações após separar estas ordens “simplificadas”.

Em um dia de trabalho este funcionário tem a possibilidade de ler e ter que transcrever no sistema de controle da gráfica mais de dois mil campos, pois cada ordem de serviço é cadastrada individualmente. Quanto maior forem estes volumes de informações a serem manuseados, maiores são as chances de erros na transcrição ou mesmo leitura.

Esta atividade de interpretação possui um intervalo programado de uma hora durante a jornada de trabalho destinada a refeição. Esta parada no processo na gráfica não necessariamente coincide com a parada da emissão das ordens de serviço pelos clientes, podendo ser mais um fato complicador no gerenciamento da atividade após a pausa, ou seja, um acúmulo de ordens de serviço para processar.

4. ESTUDO DE CASO

O seguinte capítulo apresenta os detalhes do desenvolvimento da simulação da gráfica digital desde a concepção do modelo preliminar em suas fases de levantamento de dados, detalhes operativos da atividade de interpretação até a elaboração do modelo atualizado.

Ainda durante este capítulo é analisada qual parte do processo pode ser alterada para obter redução de custos e aumento de produtividade.

4.1 Proposta de Modelo

A combinação dos módulos gráficos de maneira lógica seqüencial deve representar o fluxograma pelo qual a entidade flui dentro do processo. Para obter o modelo preliminar foi necessário organizar as informações obtidas pela observação direta do processo, a análise de documentação e contato pessoal com o funcionário. Na Figura 6 é demonstrado como pode ser observado o processo da gráfica sob o foco de uma modelagem para simulação.



Figura 6 - Técnica de Pesquisa para o Estudo do Caso

Sendo um processo no qual existe um “retrabalho” devido à realização de contatos com os clientes através de telefonemas, se fez a necessidade de estabelecer qual era a taxa de freqüência pela qual isto ocorre.

Expandindo o macro modelo apresentado na **Erro! A origem da referência não foi encontrada.** anteriormente, devido as limitações do programa de simulação o estudo será concentrado na parte visualizada na Figura 7.

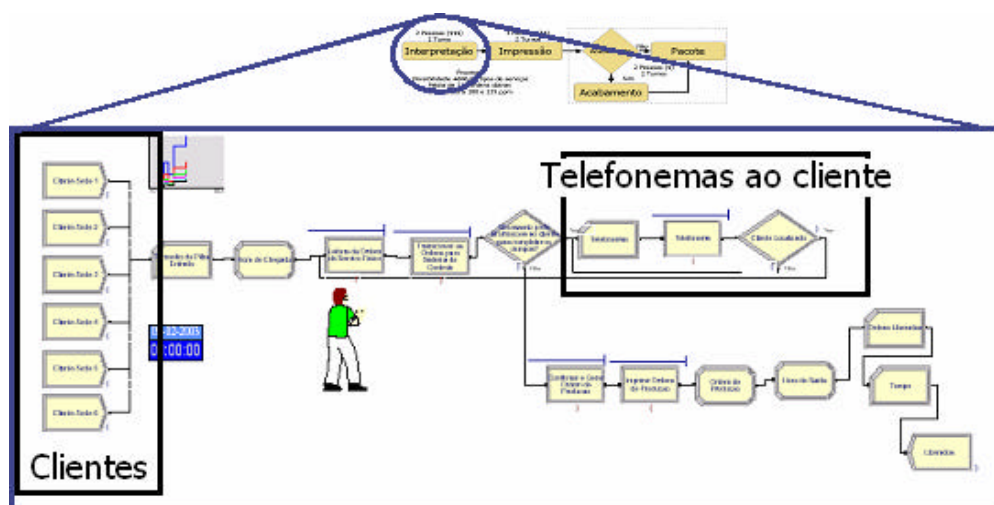


Figura 7 - Posição do Estudo em Relação ao Macro Fluxo da Gráfica.

Para facilitar a visualização das telas do processo nas figuras a seguir foi necessário utilizar um recurso do programa de simulação denominado sub-modelos, sendo assim o a tela da atividade de interpretação pode ser visualizada na Figura 8.

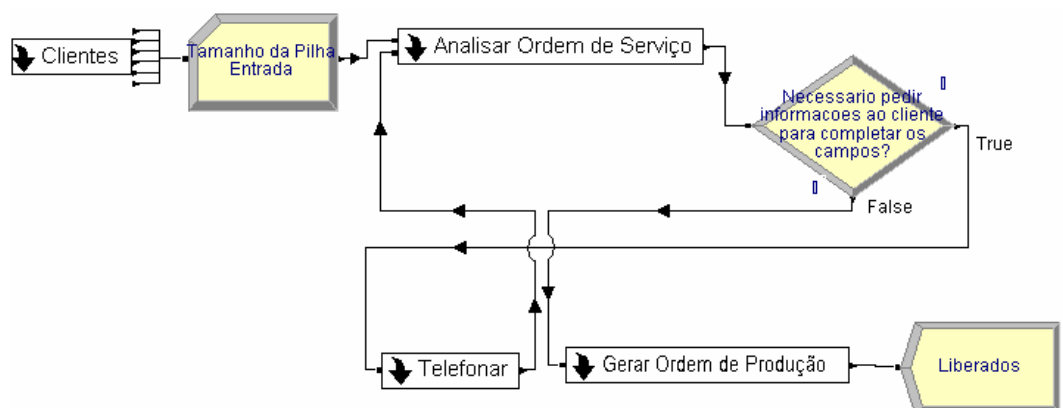


Figura 8 - Modelo Preliminar com Sub-Modelos

Neste modelo preliminar, são definidas de forma distintas fases da atividade de interpretação:

- As emissões de ordens de serviço pelo cliente, definida como “Clientes”;
- Um indicador de contagem de entradas no processo, definida como “Tamanho da Pilha de Entrada”;
- Uma etapa análise das ordens de serviço propriamente dita;
- Uma fase de decisão sobre a qualidade das informações interpretadas na etapa anterior;
- Em caso de problemas, a ordem de serviço é desviada para a etapa de contatos com o cliente na etapa “Telefonar”;
- Na sua grande maioria, o processo não necessita de desvios para realizar contatos com o cliente, prosseguindo diretamente para a geração da ordem de produção.

Para que o funcionário possa analisar as ordens de serviço que chegam do cliente, ele desenvolve uma rotina da leitura propriamente dita e a sua transcrição para o banco de dados da gráfica. Para efeitos de estudo, foi adicionado no modelo um recurso que realiza a marcação da hora da chegada da ordem, que ao final do processo utiliza desta informação para cálculos da performance. Na Figura 9, esta demonstrado o fluxo da análise da ordem de serviço, com as suas referentes entradas e saídas.

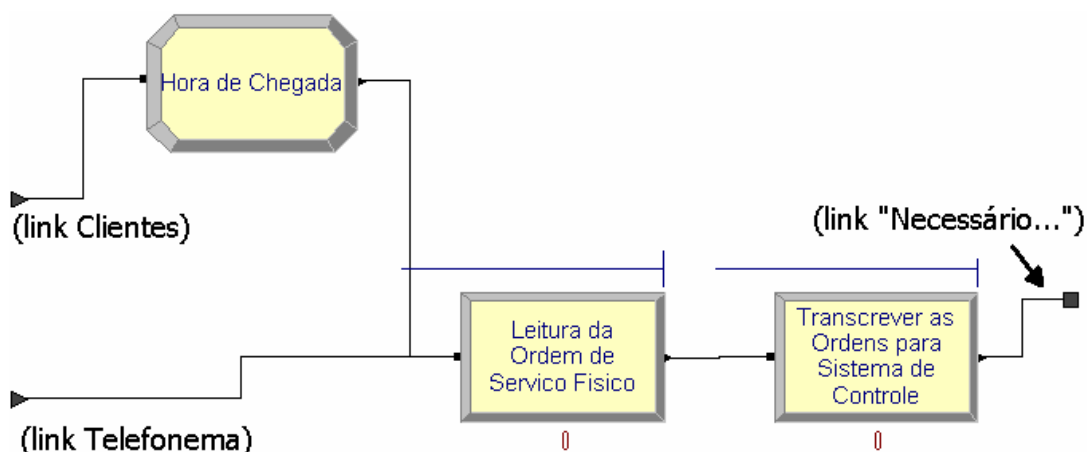


Figura 9 – Sub-Modelo Analisar Ordem de Serviço

Em determinadas situações, se o funcionário encontra algumas das ordens de serviço incompleto ele deve realizar o contato com o cliente que emitiu a ordem para esclarecer as dúvidas dos campos incompletos ou informações conflitantes, por exemplo, foi requerido que o material seja realizado cópias somente frente e também solicitado que seja frente e verso de maneira diferente ao original enviado. Porém, como às vezes o contato não é obtido no primeiro telefonema a sede do cliente, o mesmo funcionário que esta analisando outras ordens de serviço que estão chegando se sente obrigado a retornar mais tarde o telefonema. Na Figura 10 esta demonstrada a fase de telefonar.

Quando obtida as informações através do telefonema, a ordem de serviço retorna para a fase da análise aonde existe a atividade de cadastramento.

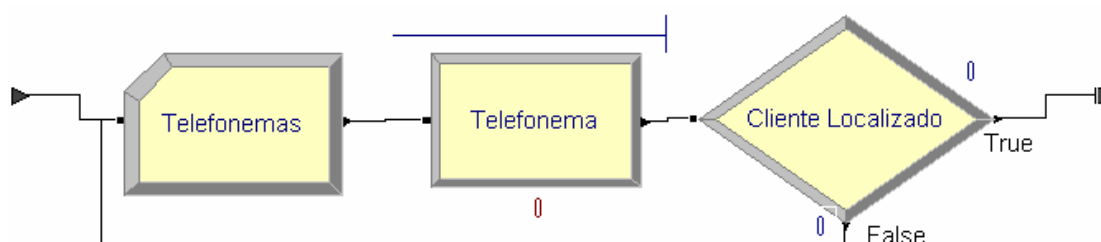


Figura 10 - Atividade de Telefonar ao Cliente

Quando a atividade de cadastramento está completa e não necessita de obtenção de mais informações do cliente, o mesmo funcionário é responsável por confirmar, gerar as ordens de produção e imprimir as ordens de produção para o setor responsável pela execução do trabalho solicitado. Na Figura 11, o sub-modelo descreve a seqüência das atividades. Para este estudo de caso, foram adicionados elementos no modelo para analisar a quantidade de ordens de produção são liberadas para a impressão, a hora da liberação do material para a produção e para verificar a performance um item para calcular o tempo de passagem do serviço dentro da gráfica.

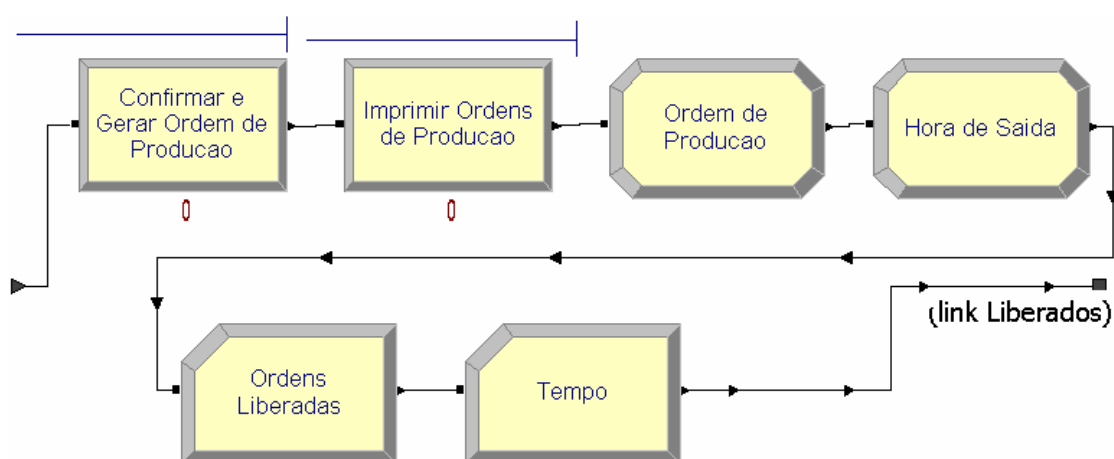


Figura 11 - Atividade de Geração da Ordem de Produção para a Gráfica

4.2 Validação do Modelo Computacional

Uma validação do modelo proposto consistiu em fazer executar o modelo diversas vezes e comparar os resultados com uma situação conhecida, a fim de que os dados obtidos sejam considerados equivalentes com a realidade.

Para Yücesan (2002) um processo modelado para simulação é considerado válido se a realidade for igual aos resultados obtidos através desta.

Do processo real conhecido da gráfica, quando executado o modelo proposto, os resultados se demonstraram coerentes com as quantidades médias de ordens de produção liberadas para a impressão, bem como as quantidades médias de chamadas telefônicas realizadas durante o dia para esclarecimentos das dúvidas das ordens de serviço.

Os valores são confirmados através do número de chamadas telefônicas registradas no relatório mensal de consumo do ramal do funcionário e pelos protocolos de coleta dos materiais.

4.3 Análise Detalhada do Modelo

O modelo que foi desenvolvido neste estudo de caso deve representar a realidade da rotina de um funcionário em uma gráfica digital que tem a responsabilidade de ler, transcrever as ordens de serviço enviadas das sedes de um cliente corporativo, para que ao final de sua tarefa possa produzir ordens de produção.

Para desenvolver o modelo de estudo foi necessário realizar algumas considerações:

1. Modelo deve ser capaz de ser simulado em uma versão demo de um programa de simulação, sem que exista a interrupção pelos limites do programa.
2. A tarefa de interpretação das ordens de serviço na chegada do material na gráfica segue o regime de uma fila de entrada do tipo: “primeiro que entra é o primeiro que sai”.

3. A tarefa de interpretação possui uma jornada de trabalho 8 horas de trabalho, divididas em dois períodos semelhantes separados por um descanso de 1 hora referente ao tempo destinado para refeição.
4. Durante a parada para a refeição, os clientes podem continuar emitindo ordens de serviço, pois cada sede pode seguir a um horário de descanso de refeição não coincidente com a do operador da gráfica.
5. No processo a ser simulado foram excluídas as influências dos tempos de transporte de chegada à gráfica e retorno ao cliente, devido às limitações do programa.

4.3.1 Criação das entidades

Para realizar este estudo, foram necessárias operações em uma base de dados pré-existente na gráfica, na qual o operador em estudo já manipulava. A principal operação foi exportar os dados históricos das ordens de serviço cadastradas para uma planilha de cálculos. A escolha da exportação para a planilha, vide figura x, é devida a facilidade de realizar funções de análise estatística quando o número de ordens de serviço for menor que 65.000 registros. Acima deste valor, se faz necessário criar rotinas de programação para poder gerar relatórios dentro do próprio programa controlador da base de dados. Com a análise estatística dos dados das ordens de serviço ao longo de dez meses de trabalho da gráfica, foi concluído que as entidades (ordens de serviço) possuem diferentes ritmo de emissão entre as unidades ao longo do dia.

Através da análise em todas as sedes foi observado que o ritmo de emissão das ordens de serviço segue a uma distribuição normal ao longo do dia. Os valores obtidos nesta análise estão resumidos na Tabela 1.

RITMO DE ABERTURA DAS ORDENS DE SERVIÇO (CLIENTES)		
CLIENTE	MÉDIA (min)	DESVIO PADRÃO (min)
Sede 1	15	10
Sede 2	18	9
Sede 3	30	3
Sede 4	23	2
Sede 5	40	15
Sede 6	26	8

Tabela 1 - Ritmo de Abertura de Ordens de Serviço

Pelos valores apresentados, foi observado que o cliente da Sede 5 possui um ritmo de emissão de ordens de serviço num intervalo médio de 40 min com um desvio padrão de 15 min. Este valor é plenamente justificável, pois esta sede é a menor em número de funcionários. Ainda destaca-se que as sedes possuem a autonomia de solicitar materiais que sejam produzidos para serem entregues em outras sedes. Na sede 1, existe um departamento de editoração gráfica que justifica manter um ritmo mais elevado e constante de emissão de ordens de serviço.

4.3.2 Manipulação das entidades (ordens de serviço)

A tarefa de manipulação das ordens de serviço é executada neste posto de trabalho por um funcionário dedicado. As atividades podem ser resumidas em duas:

- Leitura das ordens serviço que chegam anexas as ordens;
- Transcrição dos dados para um banco de dados.

Este banco de dados tem a finalidade de auxiliar na rastreabilidade e controle da produção da planta.

Durante a fase de leitura, o funcionário deve realizar uma inspeção nas ordens de serviço se todos os campos estão preenchidos corretamente e, coerentes com o tipo de serviço solicitado.

Uma vez seja constatada uma divergência, o funcionário tem que realizar contato telefônico com o cliente solicitante para esclarecer as dúvidas, porém em alguns casos as ordens ficam segregadas na tarefa devido ao fato de não encontrar o cliente solicitante ao primeiro telefonema de contato. Nesta situação o funcionário necessita realizar novos contatos até obter as informações que ele julgue suficientes para esclarecer as dúvidas devido a ordem de serviço incompleta ou mal preenchidas.

Todas as vezes que foram inseridos os valores corretos no banco de dados é gerada uma documentação interna de rastreabilidade ao qual associa um número de ordem de produção que é seqüencial e não repetitivo que tem a função de acompanhamento da evolução do trabalho no interior da gráfica para cada ordem de serviço.

A Ordem de Produção é um documento no qual é desdobrada em duas vias impressas sendo que uma segue para o interior da planta de produção com os originais anexados e a outra segue para arquivo anexada a ordem de serviço enviada pelo cliente.

Nesta fase da tarefa é observada a existência de uma elevada quantidade de informações que são manipuladas pelo funcionário. As chances de erro durante a fase de leitura e transcrição das ordens de serviço não podem ser desprezadas durante a jornada de trabalho.

Dentre os fatores que podem ser consideradas como fontes geradoras de erros destacam-se:

- A dificuldade de leitura da caligrafia do cliente;
- Ordens incompletas;
- A solicitação de serviços não padronizados, ou seja, conflitantes;

- Preenchimentos com matérias-primas indisponíveis ou inexistentes;
- Interrupções no processo devido a telefonemas ao cliente e outros;
- Ordens preenchidas com somente a frase: “Vide O.S. xx.xxx”.

4.4 Resultados Obtidos da Aplicação do Modelo

O modelo obtido da “transcrição da realidade” para um “organograma funcional” demonstra a tarefa que funcionário desempenha em seu cotidiano durante uma jornada de trabalho. Na Figura 12 esta representado o modelo com seus sub-modelos da situação atual da atividade em estudo.

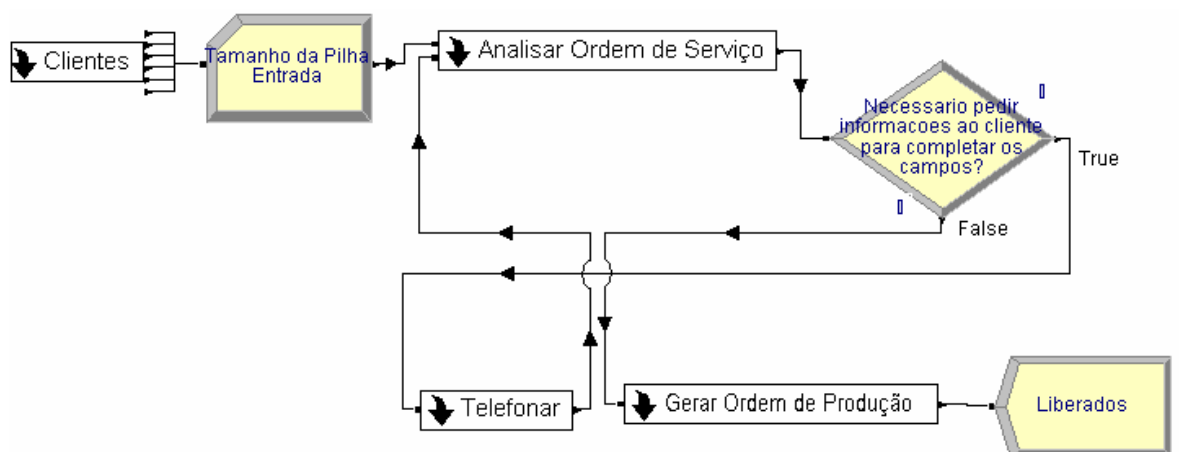


Figura 12 - Modelo Atual com os Sub-Modelos

Através da execução deste modelo é possível observar que durante a evolução a quantidade de entidades acumuladas no processo demonstra problemas de “*fluidez no escoamento da produção*”. Este “problema” do acúmulo de entidades é observado em maior quantidade em duas tarefas:

- Leitura da Ordem de Serviço;
- Confirmar e Gerar Ordem de Produção.

Este problema do acúmulo das entidades na tarefa de “Leitura da Ordem de Serviço” ao longo da jornada de trabalho é o resultado de duas situações:

1. Durante as primeiras quatro horas são favorecidas unicamente pela quantidade de ordens que necessitam de informações complementares. Uma vez que estas são obtidas através de telefonema que retornam a atividade da Leitura da Ordem de Serviço, para completar o ciclo normal de trabalho.
2. Após o descanso do funcionário referente à refeição, que é logo após as primeiras quatro horas da jornada de trabalho. Durante este período de ausência a chegada de ordens não é interrompida, pois cada sede funciona em horários diferenciados em relação à gráfica, o que resulta na manutenção de um fluxo de emissão ordens ininterrupto.

Outra razão para que exista acúmulo de ordens serviço no processo se deve aos telefonemas aos clientes que este funcionário realiza durante a jornada. Este tempo poderia estar sendo utilizado para analisar somente a ordens completas, se existir uma possibilidade para isto. A constância que exige telefonar aos clientes é de cerca de 10% do volume das ordens de serviços que chegam à gráfica.

Ao entrar telefonar para o cliente, a fim de obter as informações que estão ausentes na ordem de serviço, este funcionário localiza em 90% dos casos a pessoa que gerou a ordem na primeira tentativa.

Todas as vezes que é gasto tempo nesta tarefa, que não agrega valor ao sistema, resulta em uma perda de produtividade deste funcionário, pois enquanto isto ele poderia estar liberando outras ordens que chegaram ao mesmo tempo em que estava telefonando.

Neste modelo foram considerados custos relativos à alocação de um funcionário no qual é remunerado em R\$ 4,09 por hora para as horas trabalhadas e/ou ociosas, em um regime de trabalho em uma jornada de 9 horas com intervalo de descanso para refeição de 1 hora após as primeiras 4 horas de trabalho.

Para ajudar na análise no modelo atual foi inserida uma função que atribuiu a entidade à data e hora que esta entrou no sistema para realizar cálculos do tempo médio que a ordem permanece no sistema.

4.4.1 Resultados de entradas e saídas nas fases do processo

Analisando o modelo proposto do processo, é observada a existência de saldos de ordens nas tarefas. Estes saldos se devem às filas de ordens que aguardam o atendimento para processamento do funcionário ou de um recurso, neste caso uma impressora.

Desta maneira, lembrando que a cada vez que o funcionário requer de esclarecimento sob as informações de uma ordem de serviço é necessário realizar a atividade de telefonar. Em relação ao caso estudado, a quantidade de ordem que necessitavam de telefonemas totalizaram 16 ocorrências (Tabela 2).

NÚMERO DE ENTRADAS POR ENTIDADE	
ATIVIDADE	VALOR
Confirmar e gerar ordem de produção	97
Imprimir ordens de produção	87
Leitura da ordem de serviço físico	155
Telefonema	16
Transcrever as ordens para sistema de controle	133

Tabela 2 - Número de Entradas por Entidade

Analisando a evolução dos resultados da atividade de telefonar, foi percebido que ao final da jornada de trabalho, daquelas 16 ordens somente 14 (Tabela 3)

delas seguiram o para o processo de liberação da ordem de produção, pois tinham sido obtidas as informações com o cliente.

O funcionário consegue ao longo da jornada de trabalho liberar 75 ordens de produção, restando ainda na fila a quantidade de 12 ordens. Estas ordens que ficaram acumulados na fila de impressão permanecem pendentes na planta após o término da jornada.

NÚMERO DE SAÍDAS POR ENTIDADE

ATIVIDADE	VALOR
Confirmar e gerar ordem de produção	87
Imprimir ordens de produção	75
Leitura da ordem de serviço físico	133
Telefonema	14
Transcrever as ordens para sistema de controle	111

Tabela 3 - Número de Saídas por Entidade

4.4.2 Custos nas fases do processo

Em relação aos custos obtidos na experimentação do modelo, é possível visualizar na Tabela 4, que existe um potencial de melhoria no sistema, com alguma solução que venha reduzir ou eliminar a atividade de telefonar, uma vez que é uma atividade que não agrega valor ao processo, somente aos custos de produção, uma vez observada na análise da seção anterior que ao final da jornada podem ficar pendentes telefonemas.

CUSTO ACUMULADO TOTAL (\$)

ATIVIDADE	VALOR
Confirmar e gerar ordem de produção	251,23
Imprimir ordens de produção	193,60
Leitura da ordem de serviço físico	385,46
Telefonema	50,56
Transcrever as ordens para sistema de controle	307,86

Tabela 4 - Resultados dos Custos no Modelo Atual

Conseqüentemente, existindo uma alteração no processo na atividade de telefonar deverá haver uma redução dos custos.

4.4.3 Tempo médio de fila

A tarefa que apresentou o maior tempo médio de fila (Tabela 5), coincidiu com a atividade de Telefonar, já citada anteriormente como a que não agrega valor ao processo.

Dentre os resultados apresentados da simulação do estado atual, o tempo médio de fila apresenta uma pequena variação percentual de 5,65% em relação às atividades, excluindo a atividade de telefonar, porém considerando-a esta variação passa a ser de 24,13%.

<i>TEMPO DE ESPERA POR ENTIDADE (min)</i>			
ATIVIDADE	VALOR MÉDIO	VALOR MÍNIMO	VALOR MÁXIMO
Confirmar e gerar ordem de produção	38,57	1,56	84,51
Imprimir ordens de produção	37,68	3,67	85,60
Leitura da ordem de serviço físico	40,75	2,23	86,08
Telefonema	47,88	4,34	75,52
Transcrever as ordens para sistema de controle	38,91	1,72	85,43

Tabela 5 - Tempo Médio de Fila no Modelo Atual

4.4.4 Quantidade média de fila

Durante a análise dos resultados obtidos da simulação do estado atual, foi observado que existe uma quantidade maior de ordens no início do processo das atividades de leitura da ordem e transcrição em comparação com as tarefas de confirmação de ordem de produção e impressão das mesmas. Esta diferença da localização da fila da ordem de serviço em relação à entrada de dados para a gráfica e liberação destes para a produção representa que 68,53% do material permanecem retidas antes do início da confirmação de produção.

A atividade de telefonar, que representa um tempo médio de fila maior citado anteriormente, neste caso apresenta uma pequena quantidade de ordens esperando para serem processadas (Tabela 6), ou seja, existem poucas ordens aguardando, porém estas demoram muito para serem resolvidas. Esta demora no processamento da ordem que fica “retida” na espera do telefonema para o cliente, acabada onerando o desempenho da operação, pois existe um custo referente ao não processamento das ordens que afeta diretamente o faturamento da gráfica.

NÚMERO ESPERANDO EM FILA			
ATIVIDADE	VALOR MÉDIO	VALOR MÍNIMO	VALOR MÁXIMO
Confirmar e gerar ordem de produção	6,84	0,00	18,00
Imprimir ordens de produção	6,02	0,00	18,00
Leitura da ordem de serviço físico	11,81	0,00	26,00
Telefonema	1,50	0,00	6,00
Transcrever as ordens para sistema de controle	9,86	0,00	24,00

Tabela 6 - Quantidade Média na Fila no Modelo Atual

4.4.5 Contagens no Processo

Durante a evolução do processo foi realizado um acompanhamento de três parâmetros, definidos como padrão para comparação de evolução em possíveis melhorias no processo desta gráfica digital (Tabela 7):

- As ordens liberadas são aquelas que efetivamente foram aprovadas para que os setores subseqüentes da gráfica possam executar o serviço solicitado;
- As ordens que chegam a pilha de entrada de interpretação;
- Quantidade de telefonemas aos clientes.

Conforme a gráfica esta estruturada neste modelo é possível notar que não permite completar mais que 75 ordens de serviço ao longo de um dia de trabalho, ou seja, somente 34,4% de eficiência.

CONTADORES	
CONTAGEM	VALOR
Ordens Liberadas	75
Tamanho da pilha de entrada	143
Telefonemas	16

Tabela 7 - Resultados dos Contadores no Modelo Atual

4.5 Análise de Eliminação de Atividade do Processo

Considerando os resultados expostos nas seções anteriores, nota-se que o funcionário que está alocado nesta gráfica despense uma parte de seu tempo para “retrabalhar” informações que o cliente envia através de telefonemas.

Analisando deste ponto de vista, o funcionário durante a sua jornada de trabalho pode acabar deixando estas ordens de serviço que estão com as informações incompletas ou mesmo confusas, de lado, acumulando-as para que quando tenha um pequeno volume que julgue conveniente ele venha a entrar em contato com os clientes destas.

Em um primeiro momento, será analisada uma alternativa de eliminação da realização destes telefonemas ao cliente. Sendo assim, com a eliminação desta parte do processo, para efeitos de estudos comparativos foram mantidos inalterados todos os parâmetros tais como custos das operações e os tempos de processamento.

Como sugestão para que a qualidade da informação das ordens de serviço seja melhorada de maneira que justifique a eliminação da tarefa de telefonar, poderá ser a substituição da ordem de serviço atual que é manuscrito, por um modelo eletrônico via internet.

Desta maneira poderá existir uma página na internet onde o cliente, mediante a um cadastramento prévio, insere as mesmas informações do modelo da ordem de

serviço que ele conhece com a vantagem desta conter regras de programação que impossibilitam o preenchimento de dados incoerentes com o processo ou confirmar sem as informações obrigatórias para faturamento e logística.

Desta maneira, o modelo proposto pode ser definido como demonstrado na Figura 13.

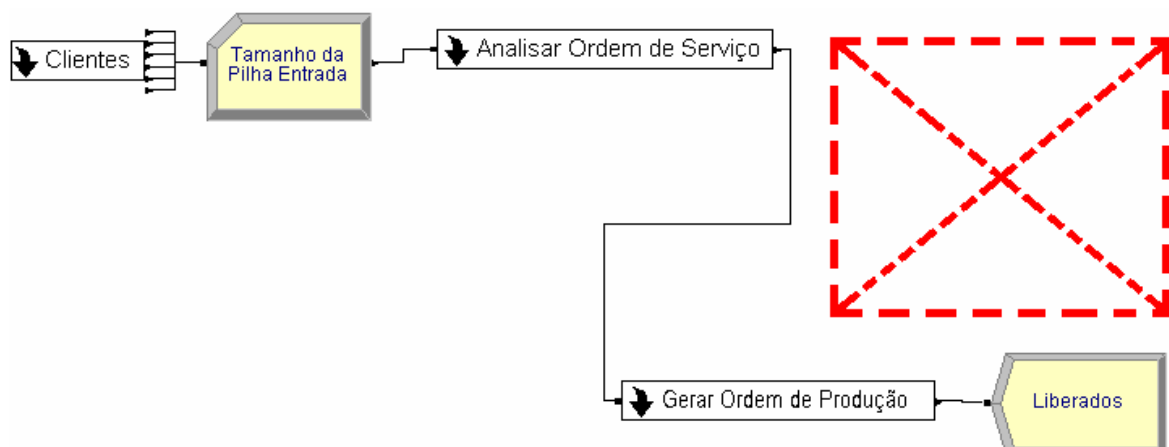


Figura 13 - Modelo Proposto com Eliminação de Atividade Telefonema

4.5.1 Resultados de entradas e saídas nas fases do processo

Para o modelo proposto em estudo, com a eliminação da atividade de telefonema é possível notar as influências no desempenho do processo na fase inicial do processo (Tabela 8).

ATIVIDADE	MODELO ATUAL	MODELO PROPOSTO	EVOLUÇÃO
	ENTRADA	ENTRADA	
Confirmar e gerar ordem de produção	97	114	17,5%
Imprimir ordens de produção	87	106	21,8%
Leitura da ordem de serviço físico	155	131	-15,5%
Telefonema	16	0	-100,0%
Transcrever as ordens para sistema de controle	133	122	-8,3%

Tabela 8 - Comparativos das Melhorias Simuladas na Fase de Entrada

Eliminando esta atividade é observada uma redução do número de ordens que deram entrada nas atividades de leitura da ordem serviço em 15,5% e na

transcrição para o sistema de controle em 8,3%, porém existe um aumento de 17,5% na entrada de itens para confirmação das ordens produção e 21,8% para impressão de ordens de produção. O telefonema influenciava no processo de leitura, pois as ordens depois de esclarecidas com o cliente retornavam para a fase da leitura mais uma vez.

O cancelamento desta atividade demonstra que os resultados de saída das atividades também é influenciada (Tabela 9). Nota-se que existe uma redução de 8,3% na quantidade que sai do processo de leitura da ordem de serviço, porém um acréscimo de 2,7% de transcrição das ordens para o sistema de controle, significando que mais dados são alimentados no sistema gerenciador.

Outro benefício é o aumento de 21,6% no número de ordens confirmadas no sistema e de 26,7% no volume de ordens de produção liberadas para que a gráfica possa executar os pedidos do cliente.

ATIVIDADE	MODELO ATUAL SAÍDA	MODELO PROPOSTO SAÍDA	EVOLUÇÃO %
Confirmar e gerar ordem de produção	87	106	21,8%
Imprimir ordens de produção	75	95	26,7%
Leitura da ordem de serviço físico	133	122	-8,3%
Telefonema	14	0	-100,0%
Transcrever as ordens para sistema de controle	111	114	2,7%

Tabela 9 - Comparativos das Melhorias Simuladas na Fase de Saída

4.5.2 Custos nas fases do processo

Os custos associados ao manuseio das ordens de produção sofreram uma redução em quase todas as fases das atividades executadas pelo operador com a eliminação da atividade de telefonar ao cliente, com exceção da atividade de impressão das ordens de produção.

Apesar de atividade de telefonar representar um custo referente a 4,3% do total no processo anterior, com sua eliminação representou uma redução no custo global de 18,7% (Tabela 10).

ATIVIDADE	MODELO ATUAL R\$	MODELO PROPOSTO R\$	EVOLUÇÃO %
Confirmar e gerar ordem de produção	251,23	247,88	-1,3%
Imprimir ordens de produção	193,60	196,56	1,5%
Leitura da ordem de serviço físico	385,46	285,94	-25,8%
Telefonema	50,86	0,00	-100,0%
Transcrever as ordens para sistema de controle	307,87	235,48	-23,5%

Tabela 10 - Comparativo de Custos da Melhoria Simulada

4.5.3 Tempo médio de fila

Com a eliminação da atividade de telefonema, é observado que o tempo médio de fila das ordens de serviço foi reduzido em todas as etapas em aproximadamente 21%. Em especial é reparado que a maior redução de tempo ocorre na atividade de transcrição das ordens de serviço para sistema de controle em torno de 27% (Tabela 11).

ATIVIDADE	MODELO ATUAL min	MODELO PROPOSTO min	EVOLUÇÃO %
Confirmar e gerar ordem de produção	38,6	30,7	-20,5%
Imprimir ordens de produção	37,3	29,8	-20,1%
Leitura da ordem de serviço físico	41,3	32,7	-20,8%
Telefonema	47,9	0,0	-100,0%
Transcrever as ordens para sistema de controle	38,9	28,4	-27,0%

Tabela 11 - Comparativo do Tempo Médio de Fila na Melhoria Simulada

5. DISCUSSÃO SOBRE OS RESULTADOS DO ESTUDO

Ao final do trabalho, ficou evidenciado que a rotina atual apesar de ser funcional apresenta acúmulo de ordens de serviço paradas por mais esforço que o operador possa potencializar, representando assim uma baixa produtividade na liberação das ordens. Esta ineficiência pode ocasionar insatisfação no cliente devido a atrasos no processamento de alguma ordem de serviço.

Através da utilização da técnica de simulação no demo do *Rockwell Arena*[®] foi possível comprovar que alterações na interface cliente-fornecedor podem resultar em aumento de produtividade, sem acréscimo de mão-de-obra e/ou modificação da jornada de trabalho.

Se as alterações podem a princípio causar um “impacto agressivo” pela mudança de paradigma no meio de emissão da ordem de serviço, que antes era via papel manuscrito para um sistema eletrônico via internet (ordens de serviço digital), por outro lado promovem a padronização da informação e aumento da produtividade.

Observando que a atitude do cliente deve mudar pela alteração do seu paradigma na emissão das ordens de serviço, a gráfica deverá investir em treinamento de seus clientes de maneira a transparecer que isto se reverte em benefício para ambos, cliente e gráfica.

Estudos mais detalhados e/ou outras maneiras de abordar o modelo atual não foram possíveis devido às restrições da versão demo do programa de simulação disponibilizado.

Através de um programa de simulação sem restrições seria possível estender a análise para o processo completo da gráfica (incluindo o transporte) na tentativa de obter outros cenários para melhorias.

5.1 Recomendações Futuras de Trabalhos

Considerando as limitações que ocorreram neste estudo de caso, é possível cogitar que o desdobramento de análise de processos industriais e/ou prestadores de serviço que possuam características semelhantes (emissão de ordens) seja possível para desenvolver um estudo de viabilidade de empregar um sistema via internet em atividades como:

- Simular outra parte de uma gráfica digital (*bureau*);
- Cadastramento de dados referentes a ordens emitidas para equipes de manutenção industrial. Dados estes, destinados ao gerenciamento para o estabelecimento de indicadores de performance;
- Em concessionárias de veículos, onde o cliente poderia realizar um pré-atendimento via internet antes de levar o veículo até o estabelecimento;
- Em redes de *Fast-Food's* que operam no sistema de *delivery*, para que o cliente possa realizar pedidos que podem estar sujeitos a confirmação de produção.

6. CONCLUSÃO

Em um ambiente de uma gráfica digital sob demanda que necessita de ordens de serviço para iniciar o seu processo de produção, a análise crítica de suas atividades internas é de fundamental importância para o bom funcionamento do negócio.

Em relação ao estudo caso desenvolvido e, apesar das limitações no programa de simulação que foi escolhido para esta pesquisa, pode-se dizer que os seguintes itens foram conquistados:

1. Desenvolvimento de um modelo que representasse uma parte do processo, teste e validação a fim de torná-lo como referência para a exploração de melhorias;
2. Desenvolvimento de um modelo alternativo ao encontrado no item anterior, para tentar obter redução de custos e melhoria de produtividade sem alterar a quantidade funcionários;
3. Implementar uma solução via internet a fim de substituir o processo de emissão da ordem de serviço que era manuscrito. Esta parte foi intencionalmente ocultada do estudo por ser definido como estratégico para o negócio da empresa, porém com a utilização da mesma, os resultados obtidos foram coerentes com o simulado.
4. Isto pode indicar que outras melhorias no processo da gráfica podem ser estudadas com as mesmas limitações que foram impostas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALEXOPOULOS, Christos; GOLDSMAN, David; FONTANESI, John; SAWYER, Mark; DE GUIRE, Michelle; KOPALD, David; HOLCOMB, Kathy; "A DISCRETE-EVENT SIMULATION APPLICATION FOR CLINICS SERVING THE POOR"; 2001. **Proceedings of the 2001 Winter Simulation Conference** B. A. Peters, J. S. Smith, D. J. Medeiros, and M. W. Rohrer, eds.
2. ANU, Maria; "INTRODUCTION TO MODELING AND SIMULATION"; 1997. **Proceedings of the 1997 Winter Simulation Conference**; 1997.
3. BANKS, Jerry; "INTRODUCTION TO SIMULATION"; 1999. **Proceedings of the 1999 Winter Simulation Conference** P. A. Farrington, H. B. Nembhard, D. T. Sturrock, and G. W. Evans, eds.
4. BLACK, J.T.; KANNENBERG TRAD, Gustavo; **O projeto da fábrica com futuro**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998.
5. CENTENO, Martha A.; LEE, Marsha A.; LOPEZ, Elizabeth; FERNADEZ, Helida R.; CARRILO, Manuel; OGAZON, Tom; "A SIMULATION STUDY OF THE LABOR AND DELIVERY ROOMS AT JMH", 2001. **Proceedings of the 2001 Winter Simulation Conference** B. A. Peters, J. S. Smith, D. J. Medeiros, and M. W. Rohrer, eds.
6. DIAMOND, Robert, "THE CURRENT AND FUTURE STATUS OF SIMULATION SOFTWARE (PANEL)", 2002. **Proceedings of the 2002 Winter Simulation Conference**, Imagine That, Inc.
7. Site da **Digital Printer Center**
<http://www2.mh.se/dpc/sub_digital_printing/digital_printing.htm> Acesso em 08 Abr.-2004.
8. DIJK , Nico M.; VAN HERMANS, Mark D.; TEUNISSE, Maurice J.G.; SCHUURMAN, Henk; **Designing The Westerscheldetunnel Toll Plaza Using a Combination Of Queueing And Simulation**. ROCKWELL AUTOMATION CD de Instalação Rockwell ARENA versão 7.0, 2001.
9. YÜCESAN E., **Proceedings of the 2002 Winter Simulation Conference**, C.H. Chen, J. L. Snowdon, and J. M. Charnes, eds.
10. FERREIRA, Selma Cristina da Silva; RENTES, Antonio Freitas; IANNONI, Ana Paula Souza; DE FERNANDO, Bernardi; **Desenvolvimento De Um Modelo Didático Para Simulação De Sistemas Kanban**, Minas Gerais, UFMG 2003.

11. GATERSLEBEN, Michel R.; WEIJ, Simon W. Van Der; ANALYSIS AND SIMULATION OF PASSENGER FLOWS IN AN AIRPORT TERMINAL, **Proceedings of the 1999 Winter Simulation Conference**, P. A. Farrington, H. B. Nembhard, D. T. Sturrock, and G. W. Evans, eds.
12. GULATI, Sandeep; MALCOLM, Scott A.; CALL CENTER SCHEDULING TECHNOLOGY EVALUATION USING SIMULATION, **Proceedings of the 2001 Winter Simulation Conference**, B. A. Peters, J. S. Smith, D. J. Medeiros, and M. W. Rohrer, eds.
13. HARRIS, John M.; DESSOUKY, Yasser; A SIMULATION APPROACH FOR ANALYZING PARKING SPACE AVAILABILITY AT A MAJOR UNIVERSITY, **Proceedings of the 1997 Winter Simulation Conference**, S. Andradóttir, K. J. Healy, D. H. Withers, and B. L. Nelson eds.
14. HAY, Edward J.; HGENBERG, Marcio. **Just-in-Time: um exame dos novos conceitos de produção**. São Paulo:Maltese-Editorial Norma, 1992 .
15. KARACAL , S. OEM; EVALUATING EMBEDDED DECISION PROCESSES OF MANUFACTURING SYSTEMS THROUGH SIMULATION, **Proceedings of the 1997 Winter Simulation Conference**. S. Andradóttir, K. J. Healy, D. H. Withers, and B. L. Nelson edS.
16. LAW, Averill M.; KELTON, William David, **Simulation Modeling and Analysis**. New York:McGraw-Hill Book Company, 1982.
17. MORAES, Luiz H.; FRANZESE, Luis Augusto G., **AS-H1 TAUBATÉ PLANT ENGINE ASSEMBLY LINE AND INTEGRATED CELLS**. ROCKWELL AUTOMATION CD de Instalação Rockwell ARENA versão 7.0, 2001.
18. **Application Profile Document Imaging Manufacturer Anticipates Millions of Dollars in Potential Savings with Simulation**. ROCKWELL AUTOMATION CD de Instalação Rockwell ARENA versão 7.0, 2001.
19. LAUGHERY, Ron, USING DISCRETE-EVENT SIMULATION TO MODEL HUMAN PERFORMANCE IN COMPLEX SYSTEMS, **Proceedings of the 1999 Winter Simulation Conference**, P. A. Farrington, H. B. Nembhard, D. T. Sturrock, and G. W. Evans, eds.
20. ROSSETTI, Manuel D.; TRZCINSKI, Gregory F.; SYVERUD, Scott A.; EMERGENCY DEPARTMENT SIMULATION AND DETERMINATION OF OPTIMAL ATTENDING PHYSICIAN STAFFING SCHEDULES, **Proceedings of the 1999 Winter Simulation Conference**, P. A. Farrington, H. B. Nembhard, D. T. Sturrock, and G. W. Evans, eds.

21. SHANNON, Robert E. INTRODUCTION TO THE ART AND SCIENCE OF SIMULATION, **Proceedings of the 1998 Winter Simulation Conference**, D.J. Medeiros, E.F. Watson, J.S. Carson and M.S. Manivannan, eds.
22. SRINIVASAN, K.; JAYARAMAN, Sundaresan, INTEGRATION OF SIMULATION WITH ENTERPRISE MODELS, **Proceedings of the 1997 Winter Simulation Conference**, S. Andradóttir, K. J. Healy, D. H. Withers, and B. L. Nelson, eds.
23. TUBINO, Dalvio Ferrari. **Manual de planejamento e controle da produção**. São Paulo: Atlas, 1997.
24. TUBINO, Dalvio Ferrari. **Sistemas de produção: a produtividade no chão de fábrica**. Porto Alegre: Bookman, 1999.

APÊNDICE 1 – Modelagem no Arena

A modelagem consiste em converter através de uma série de símbolos as regras existentes em um determinado processo, com o máximo de detalhes possíveis de maneira que este venha a representar o processo.

Em um modelo, as partes que sofrem transformação no processo são denominadas de entidades. As entidades por sua vez podem carregar informações específicas, tais como a figura que a representa na simulação ou receber a informação do horário que esta entrou em um determinado ponto do sistema.

Através de convenções gráficas é possível determinar quais os componentes que assim descrevem o modelo. Dentre estas, a seguir a que são de uso mais comum no Arena®.

1.1 – Símbolo CREATE

No Arena® o símbolo gráfico representado na Figura 14 é utilizado para definir no modelo as origens das entidades. Estas entidades podem ser criadas através de um sistema baseado em agendamentos ou intervalo de chegadas.

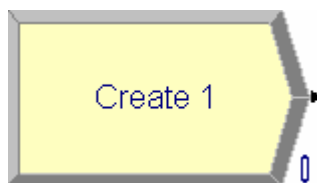


Figura 14 - Create: Símbolo para Definir a Criação de Entidades

1.2 – Símbolo PROCESS

O principal símbolo gráfico empregado nos modelos que visam representar a tarefa, está representado na Figura 15. Este elemento no modelo representa o local onde ocorre o processamento da entidade. Alguns parâmetros, tais como o tempo

de espera e custo de produção, servem para descrever o que ocorre naquela parte do processamento.

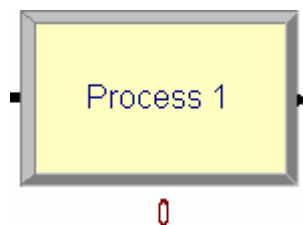


Figura 15 - Process: Símbolo para Definir o Processo no Modelo

1.3 – Símbolo DECIDE

No fluxograma representativo do modelo, em determinadas situações se faz necessário empregar uma representação que vise estabelecer um ou vários critérios de decisões. Na Figura 16, o símbolo define através de duas saídas (*True* ou *False*). Neste item é utilizado um fator percentual para a definição da quantidade de itens verdadeiros ou falsos para uma questão.

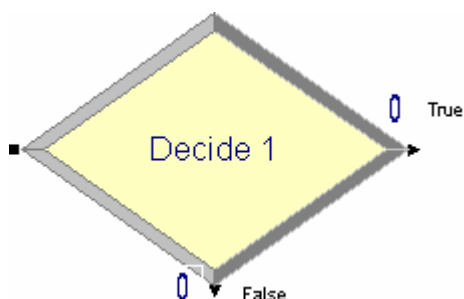


Figura 16 - Decide: Símbolo para Definir Escolha no Modelo

1.4 – Símbolo RECORD

Este módulo é utilizado para coletar informações do modelo durante a simulação (Figura 17). Diversos tipos de informações podem ser coletados através deste módulo como tempo e custos. Em um modelo, por exemplo, pode representar um contador de entrada de ordens para uma caixa de entrada na qual são dispostas as ordens que chegam na mesa de um funcionário. Neste caso, estaria

representando assim um coletor estatístico de quantidade de entidades a serem processadas durante o período de simulação.



Figura 17 - Record: Símbolo para Definir Coleta de Dados

1.5 – Símbolo ASSIGN

Este módulo mostrado na Figura 18, é destinado para introduzir novos valores as variáveis, entidades, atributos ou mesmo figuras que representem uma entidade durante a simulação gráfica. Por exemplo, pode ser usado para atribuir uma figura ou alteração de cor da representação gráfica padrão de modo a representar que um documento foi carimbado e “anotar” o horário que a entidade adentrou no sistema para que seja realizado o cálculo estatístico do *throughput*.

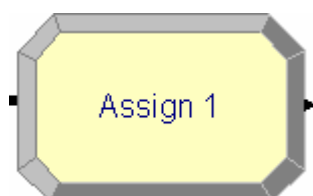


Figura 18 - Assign: Símbolo para Atribuir Dados ou Mudanças de Estados

1.6 – Símbolo DISPOSE

Este módulo visa representar o final de um processo (ver Figura 19) em um modelo de simulação. Estatísticas sobre o processo devem ser coletadas antes de chegarem a este módulo.

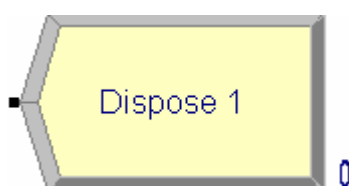


Figura 19 - Dispose: Símbolo para Retirar Entidades no Final do Processo

APÊNDICE 2 – Relatório do Modelo Atual

A seguir são apresentadas as tabelas e gráficos gerados a partir do programa de simulação com base nas informações do modelo atual.

TEMPO (min)

ORDEM DE SERVIÇO	VALOR MÉDIO	VALOR MÍNIMO	VALOR MÁXIMO
Agregando valor	4,10	3,05	6,90
Não-agregando valor	0,16	0,00	4,22
Espera	120,36	16,19	248,10
Transferência	0,00	0,00	0,00
Outros tempos	0,00	0,00	0,00
TEMPO TOTAL	124,62	19,25	259,22

CUSTO (\$)

ORDEM DE SERVIÇO	VALOR MÉDIO	VALOR MÍNIMO	VALOR MÁXIMO
Agregando valor	0,56	0,42	0,94
Não-agregando valor	0,02	0,00	0,58
Espera	8,19	1,12	16,85
Transferência	0,00	0,00	0,00
Outros custos	0,00	0,00	0,00
CUSTO TOTAL	8,78	1,55	18,37

OUTROS INDICADORES

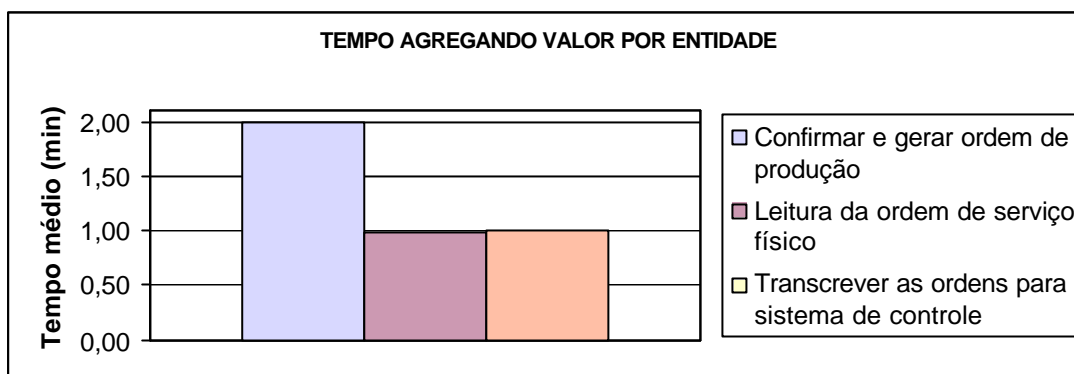
ATIVIDADE	VALOR MÉDIO	VALOR MÍNIMO	VALOR MÁXIMO
Estoque em processo	36,91	3,00	75,00

ENTRADAS E SAÍDAS

ATIVIDADE	VALOR MÉDIO
Entradas	143
Saídas	75
SALDO	68

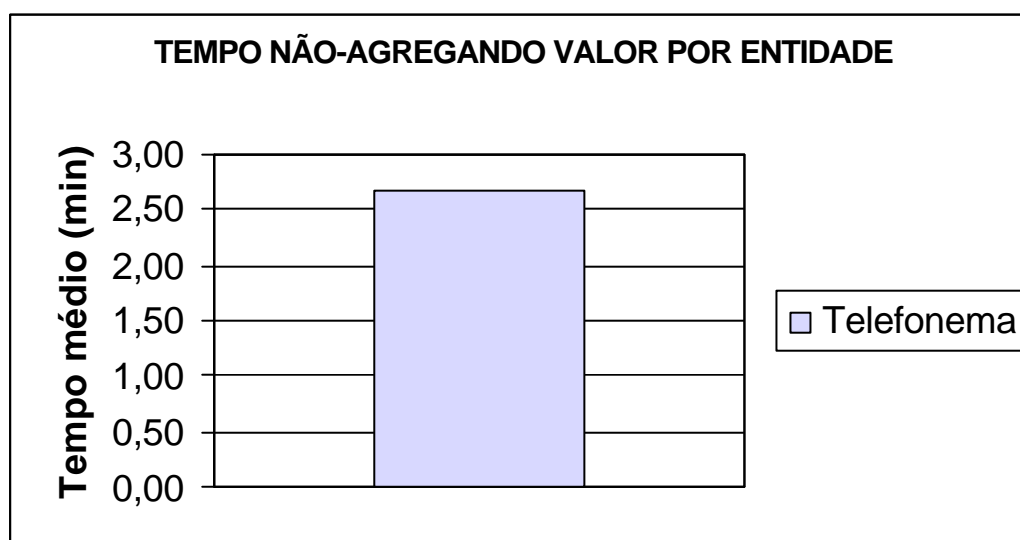
TEMPO AGREGANDO VALOR POR ENTIDADE (min)

ATIVIDADE	VALOR MÉDIO	VALOR MÍNIMO	VALOR MÁXIMO
Confirmar e gerar ordem de produção	1,99	1,50	2,54
Leitura da ordem de serviço físico	0,99	0,45	1,60
Transcrever as ordens para sistema de controle	0,99	0,45	1,48



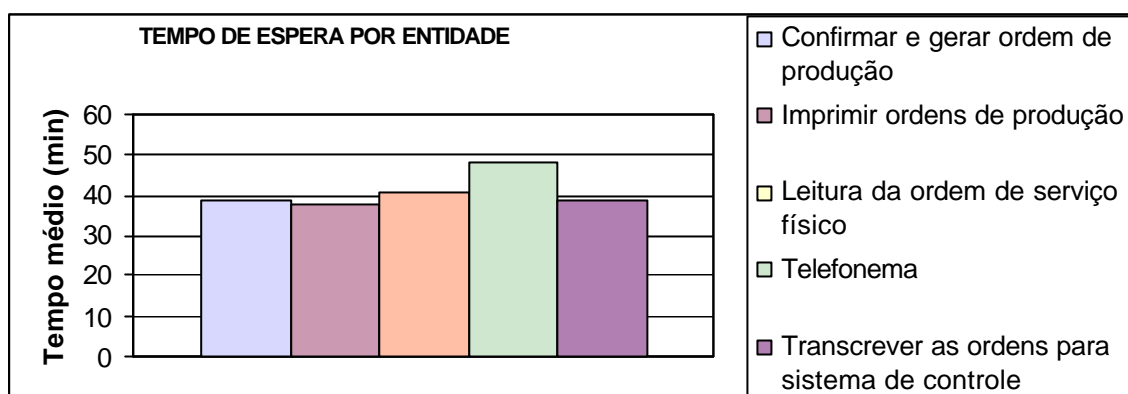
TEMPO NÃO-AGREGANDO VALOR POR ENTIDADE (min)

ATIVIDADE	VALOR MÉDIO	VALOR MÍNIMO	VALOR MÁXIMO
Telefonema	2,67	1,30	4,22



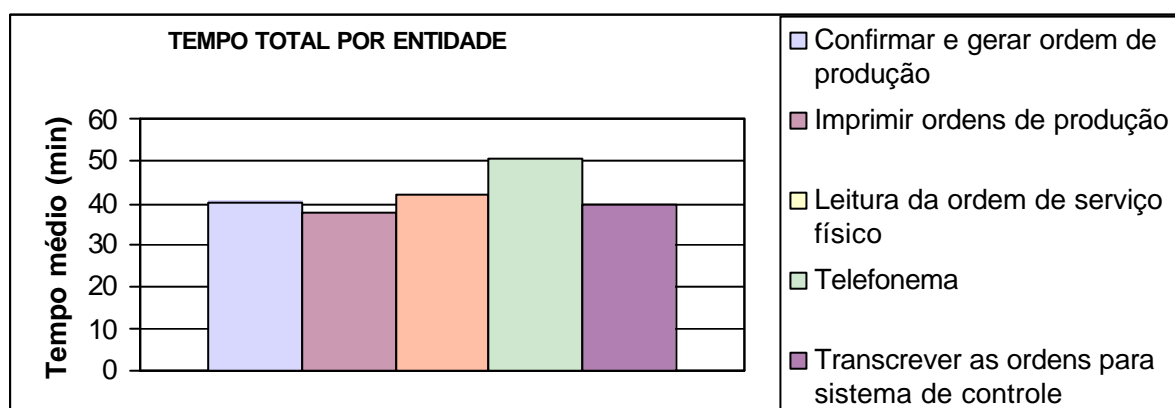
TEMPO DE ESPERA POR ENTIDADE (min)

ATIVIDADE	VALOR MÉDIO	VALOR MÍNIMO	VALOR MÁXIMO
Confirmar e gerar ordem de produção	38,57	1,56	84,51
Imprimir ordens de produção	37,68	3,67	85,60
Leitura da ordem de serviço físico	40,75	2,23	86,08
Telefonema	47,88	4,34	75,52
Transcrever as ordens para sistema de controle	38,91	1,72	85,43



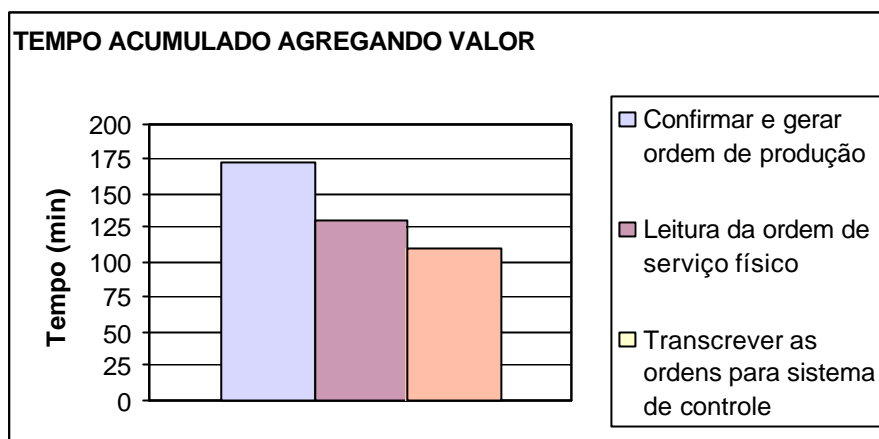
TEMPO TOTAL POR ENTIDADE (min)

ATIVIDADE	VALOR MÉDIO	VALOR MÍNIMO	VALOR MÁXIMO
Confirmar e gerar ordem de produção	40,57	3,85	86,42
Imprimir ordens de produção	37,68	3,67	85,60
Leitura da ordem de serviço físico	41,73	3,83	87,02
Telefonema	50,55	6,48	77,96
Transcrever as ordens para sistema de controle	39,89	2,69	86,48



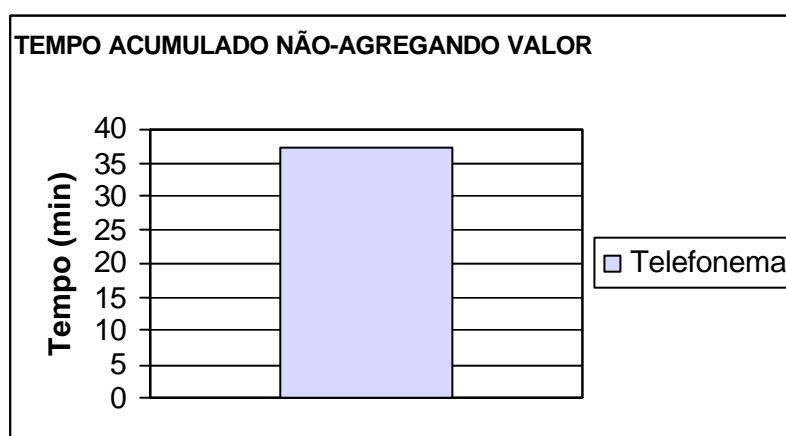
TEMPO ACUMULADO AGREGANDO VALOR (min)

ATIVIDADE	VALOR
Confirmar e gerar ordem de produção	173,53
Leitura da ordem de serviço físico	131,19
Transcrever as ordens para sistema de controle	109,68



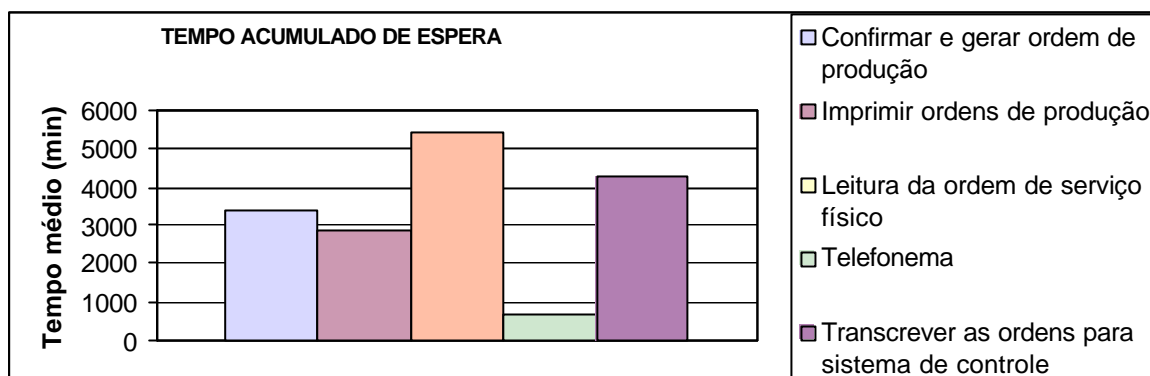
TEMPO ACUMULADO NÃO-AGREGANDO VALOR (min)

ATIVIDADE	VALOR
Telefonema	37,38



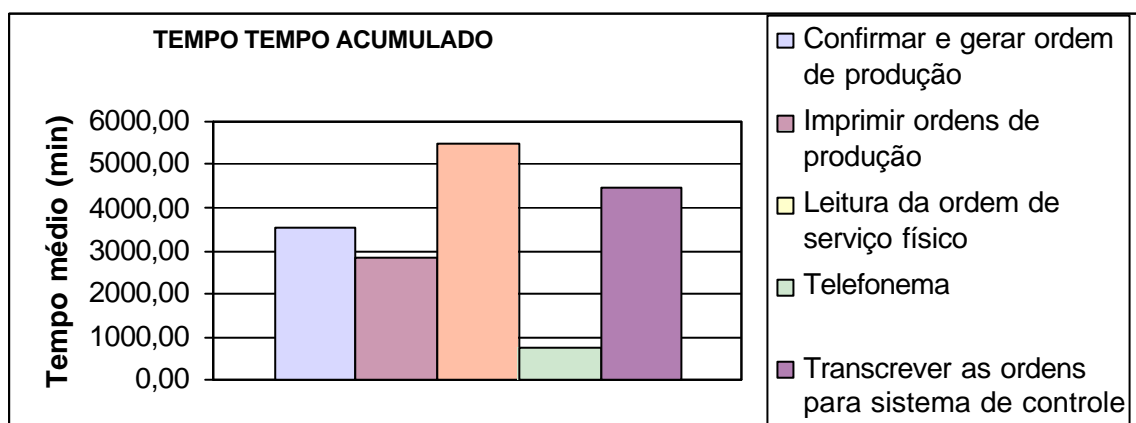
TEMPO ACUMULADO DE ESPERA (min)

ATIVIDADE	VALOR
Confirmar e gerar ordem de produção	3355,73
Imprimir ordens de produção	2826,29
Leitura da ordem de serviço físico	5419,47
Telefonema	670,39
Transcrever as ordens para sistema de controle	4318,63



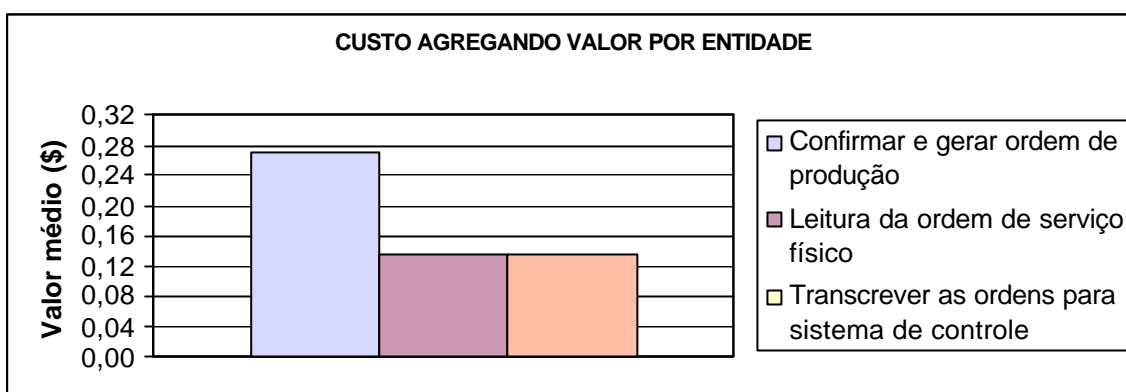
TEMPO TEMPO ACUMULADO (min)

ATIVIDADE	VALOR
Confirmar e gerar ordem de produção	3529,26
Imprimir ordens de produção	2826,29
Leitura da ordem de serviço físico	5500,66
Telefonema	707,76
Transcrever as ordens para sistema de controle	4428,30



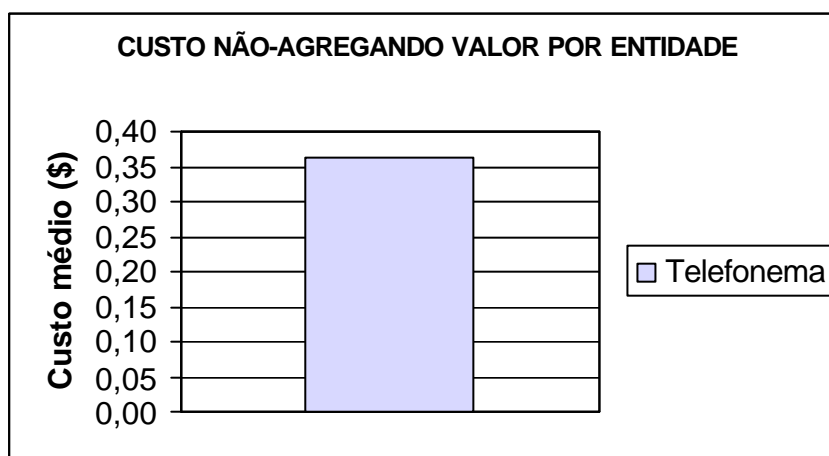
CUSTO AGREGANDO VALOR POR ENTIDADE (\$)

ATIVIDADE	VALOR MÉDIO	VALOR MÍNIMO	VALOR MÁXIMO
Confirmar e gerar ordem de produção	0,27	0,20	0,35
Leitura da ordem de serviço físico	0,13	0,06	0,22
Transcrever as ordens para sistema de controle	0,13	0,06	0,20



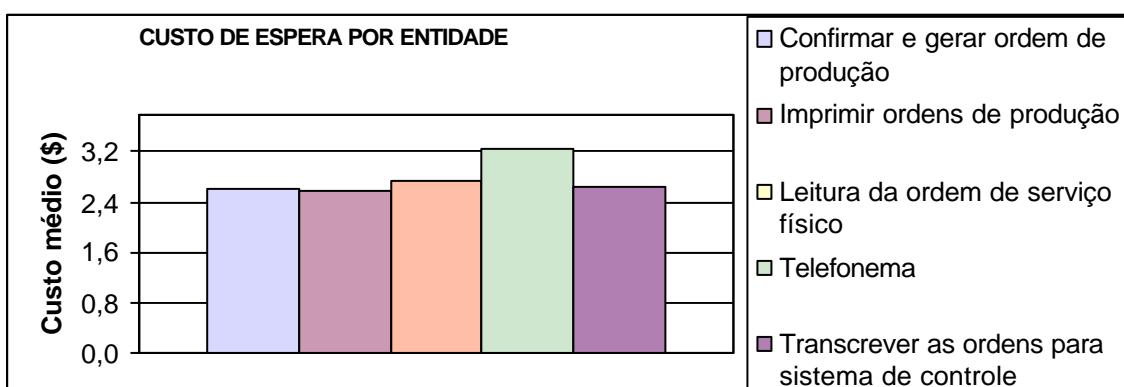
CUSTO NÃO-AGREGANDO VALOR POR ENTIDADE (\$)

ATIVIDADE	VALOR MÉDIO	VALOR MÍNIMO	VALOR MÁXIMO
Telefonema	0,36	0,02	0,57



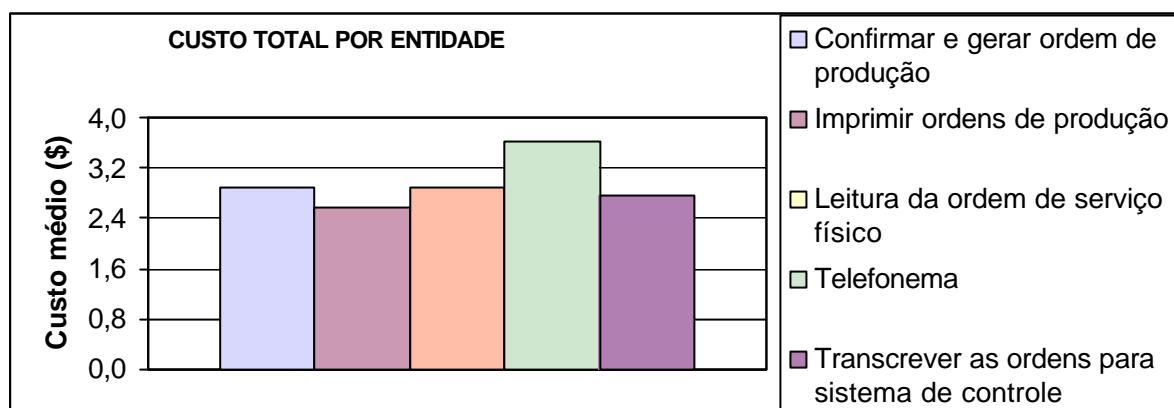
CUSTO DE ESPERA POR ENTIDADE (\$)

ATIVIDADE	VALOR MÉDIO	VALOR MÍNIMO	VALOR MÁXIMO
Confirmar e gerar ordem de produção	2,62	0,11	5,73
Imprimir ordens de produção	2,58	0,26	5,83
Leitura da ordem de serviço físico	2,76	0,15	5,83
Telefonema	3,25	0,29	5,51
Transcrever as ordens para sistema de controle	2,64	0,12	5,94

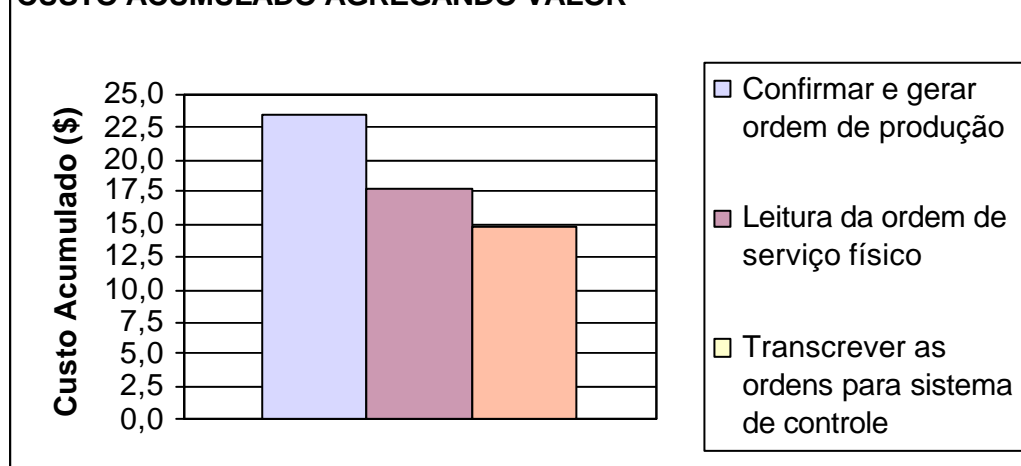


CUSTO TOTAL POR ENTIDADE (\$)

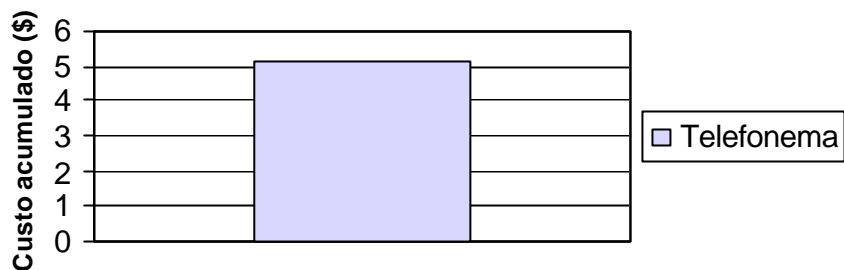
ATIVIDADE	VALOR MÉDIO	VALOR MÍNIMO	VALOR MÁXIMO
Confirmar e gerar ordem de produção	2,89	0,42	5,99
Imprimir ordens de produção	2,58	0,26	5,83
Leitura da ordem de serviço físico	2,90	0,37	5,97
Telefonema	3,61	0,58	5,51
Transcrever as ordens para sistema de controle	2,77	0,24	5,94

**CUSTO ACUMULADO AGREGANDO VALOR (\$)**

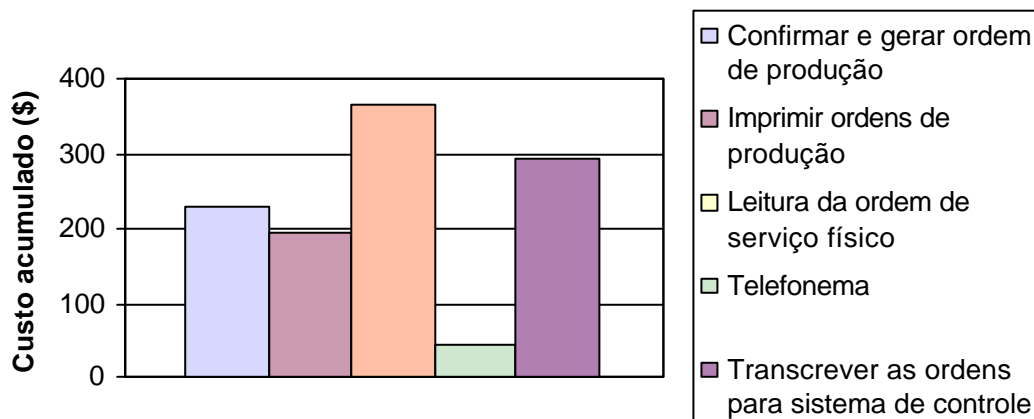
ATIVIDADE	VALOR
Confirmar e gerar ordem de produção	23,60
Leitura da ordem de serviço físico	17,84
Transcrever as ordens para sistema de controle	14,92

CUSTO ACUMULADO AGREGANDO VALOR**CUSTO ACUMULADO NÃO-AGREGANDO VALOR (\$)**

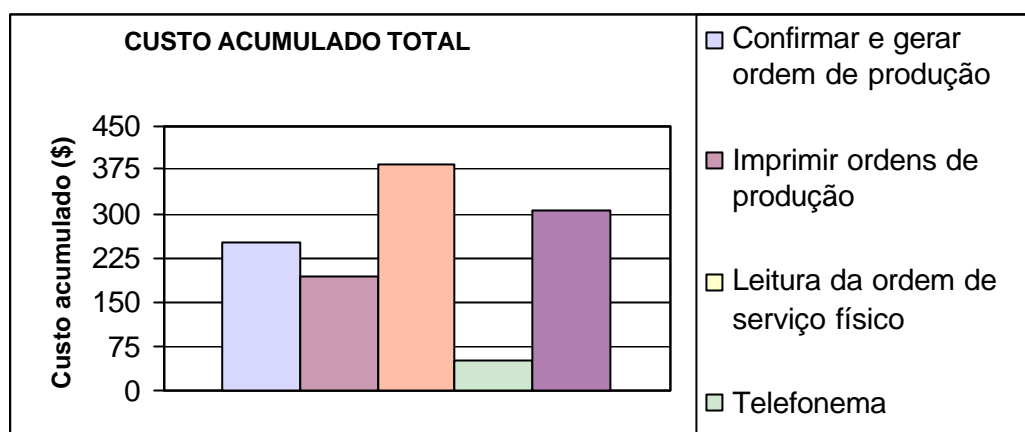
ATIVIDADE	VALOR
Telefonema	5,08

CUSTO ACUMULADO NÃO-AGREGANDO VALOR**CUSTO ACUMULADO DE ESPERA (\$)**

ATIVIDADE	VALOR
Confirmar e gerar ordem de produção	227,63
Imprimir ordens de produção	193,60
Leitura da ordem de serviço físico	367,62
Telefonema	45,47
Transcrever as ordens para sistema de controle	292,95

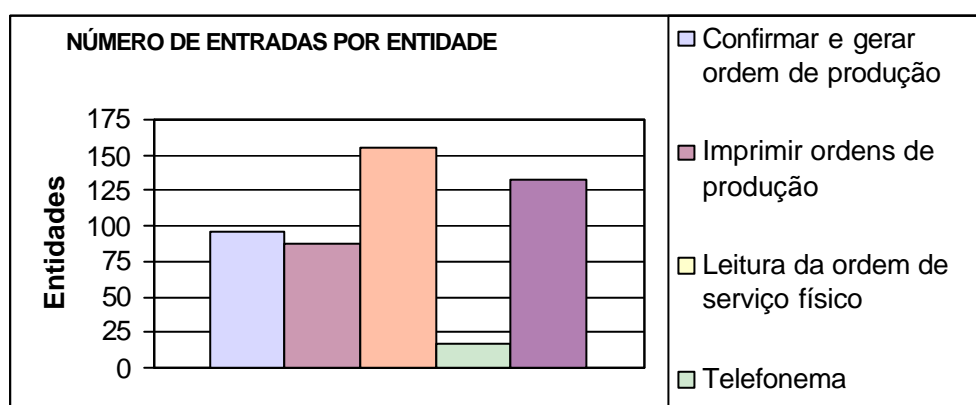
CUSTO ACUMULADO DE ESPERA**CUSTO ACUMULADO TOTAL (\$)**

ATIVIDADE	VALOR
Confirmar e gerar ordem de produção	251,23
Imprimir ordens de produção	193,60
Leitura da ordem de serviço físico	385,46
Telefonema	50,56
Transcrever as ordens para sistema de controle	307,86



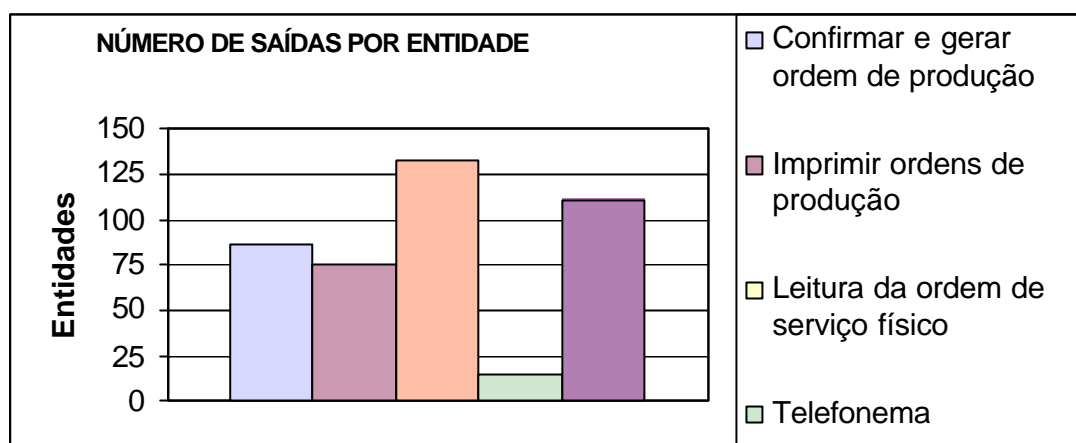
NÚMERO DE ENTRADAS POR ENTIDADE

ATIVIDADE	VALOR
Confirmar e gerar ordem de produção	97
Imprimir ordens de produção	87
Leitura da ordem de serviço físico	155
Telefonema	16
Transcrever as ordens para sistema de controle	133



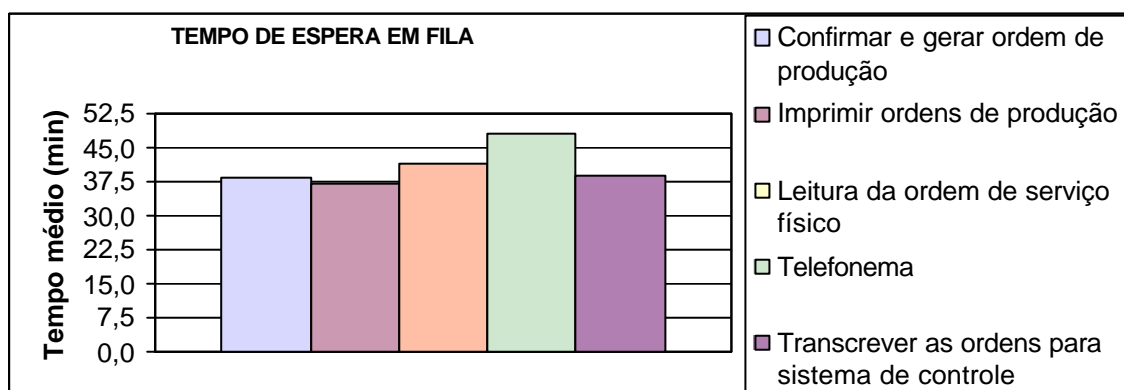
NÚMERO DE SAÍDAS POR ENTIDADE

ATIVIDADE	VALOR
Confirmar e gerar ordem de produção	87
Imprimir ordens de produção	75
Leitura da ordem de serviço físico	133
Telefonema	14
Transcrever as ordens para sistema de controle	111



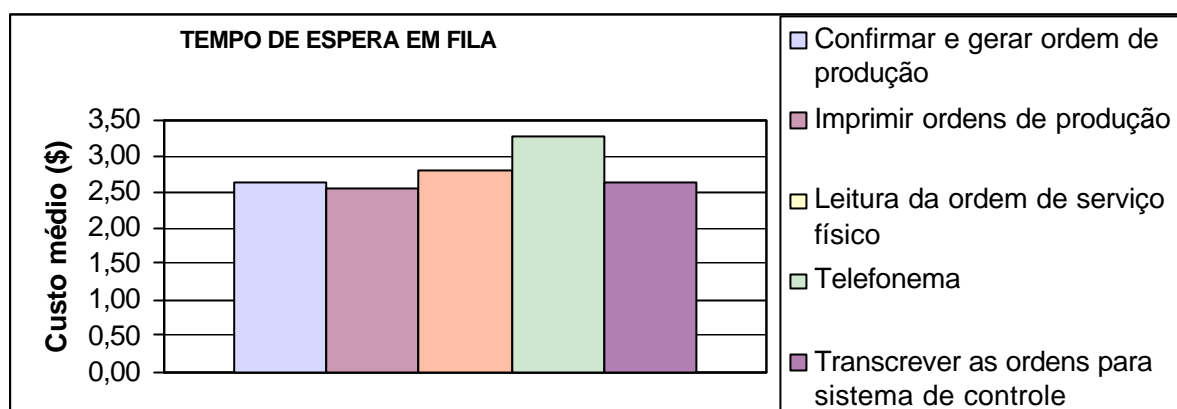
TEMPO DE ESPERA EM FILA (min)

ATIVIDADE	VALOR MÉDIO	VALOR MÍNIMO	VALOR MÁXIMO
Confirmar e gerar ordem de produção	38,57	1,56	84,51
Imprimir ordens de produção	37,31	3,51	85,37
Leitura da ordem de serviço físico	41,26	2,23	86,08
Telefonema	47,88	4,34	75,52
Transcrever as ordens para sistema de controle	38,91	1,72	85,43

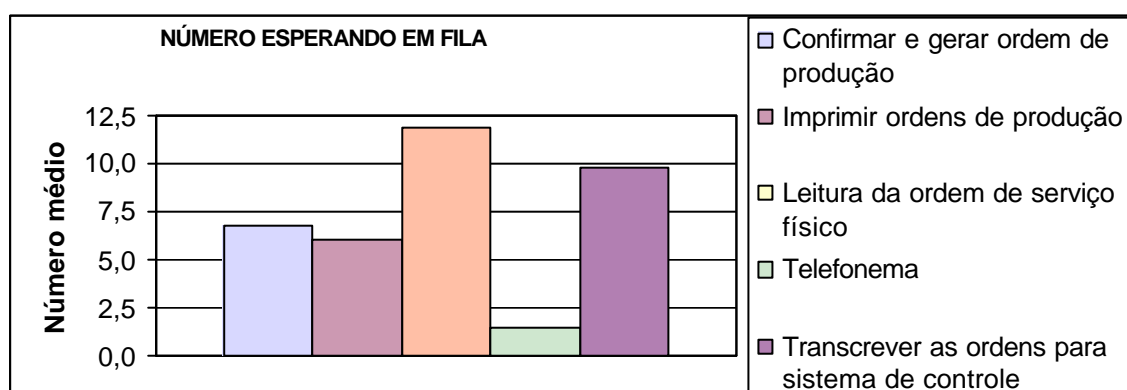


CUSTO DE ESPERA EM FILA (\$)

ATIVIDADE	VALOR MÉDIO	VALOR MÍNIMO	VALOR MÁXIMO
Confirmar e gerar ordem de produção	2,62	0,11	5,73
Imprimir ordens de produção	2,53	0,24	5,79
Leitura da ordem de serviço físico	2,80	0,15	5,84
Telefonema	3,25	0,29	5,12
Transcrever as ordens para sistema de controle	2,64	0,12	5,79

**NÚMERO ESPERANDO EM FILA**

ATIVIDADE	VALOR MÉDIO	VALOR MÍNIMO	VALOR MÁXIMO
Confirmar e gerar ordem de produção	6,84	0,00	18,00
Imprimir ordens de produção	6,02	0,00	18,00
Leitura da ordem de serviço físico	11,81	0,00	26,00
Telefonema	1,50	0,00	6,00
Transcrever as ordens para sistema de controle	9,86	0,00	24,00

**USO**

INTERPRETADOR PCP	VALOR MÉDIO	VALOR MÍNIMO	VALOR MÁXIMO
Utilização	88,89%	0,00%	100,00%
Ocupação	88,89%	0,00%	100,00%
Número Programado	88,88%	0,00%	100,00%
Escala programada	100,00%		
Tempo Programado (min)	420		

CUSTO

INTERPRETADOR PCP	VALOR
Ocupado	32,68
Ocioso	0,00
Por utilização	0,00

CONTADORES

CONTAGEM	VALOR
Ordens Liberadas	75
Tamanho da pilha de entrada	143
Telefonemas	16

APÊNDICE 3 – Relatório do Modelo Proposto

A seguir são apresentadas as tabelas e gráficos gerados a partir do programa de simulação com base nas informações do modelo proposto.

TEMPO (min)

ORDEM DE SERVIÇO	VALOR MÉDIO	VALOR MÍNIMO	VALOR MÁXIMO
Agregando valor	4,00	4,00	4,00
Não-agregando valor	0,00	0,00	0,00
Espera	105,83	26,99	191,34
Transferência	0,00	0,00	0,00
Outros tempos	0,00	0,00	0,00
TEMPO TOTAL	109,83	30,99	195,34

CUSTO (\$)

ORDEM DE SERVIÇO	VALOR MÉDIO	VALOR MÍNIMO	VALOR MÁXIMO
Agregando valor	0,54	0,54	0,54
Não-agregando valor	0,00	0,00	0,00
Espera	7,20	1,88	13,01
Transferência	0,00	0,00	0,00
Outros custos	0,00	0,00	0,00
CUSTO TOTAL	7,75	2,43	13,56

OUTROS INDICADORES

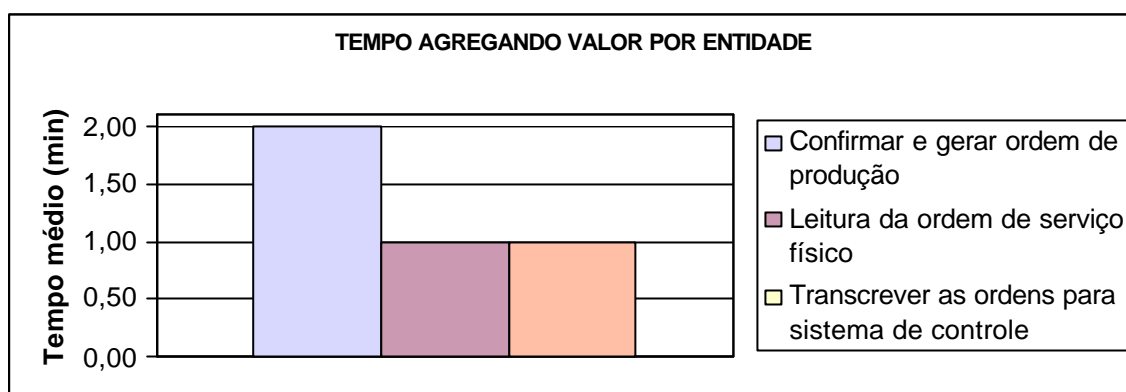
ATIVIDADE	VALOR MÉDIO	VALOR MÍNIMO	VALOR MÁXIMO
Estoque em processo	27,71	10,00	51,00

ENTRADAS E SAÍDAS

ATIVIDADE	VALOR MÉDIO
Entradas	131
Saídas	95
SALDO	36

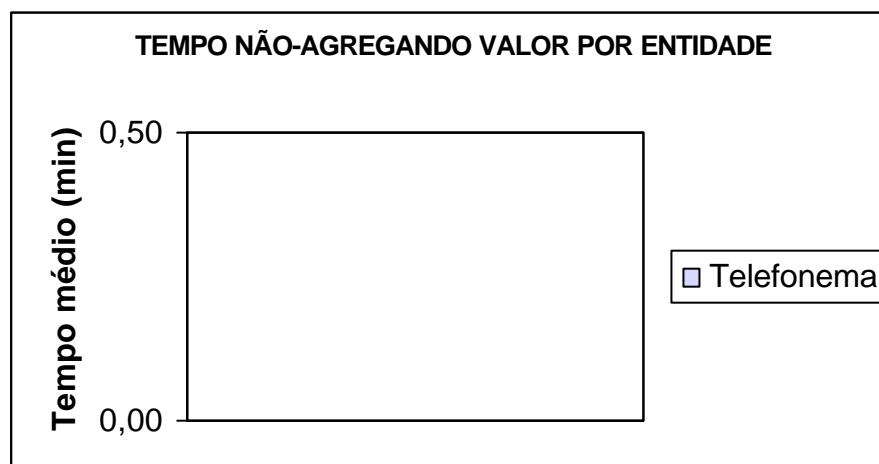
TEMPO AGREGANDO VALOR POR ENTIDADE (min)

ATIVIDADE	VALOR MÉDIO	VALOR MÍNIMO	VALOR MÁXIMO
Confirmar e gerar ordem de produção	2,00	2,00	2,00
Leitura da ordem de serviço físico	1,00	1,00	1,00
Transcrever as ordens para sistema de controle	1,00	1,00	1,48



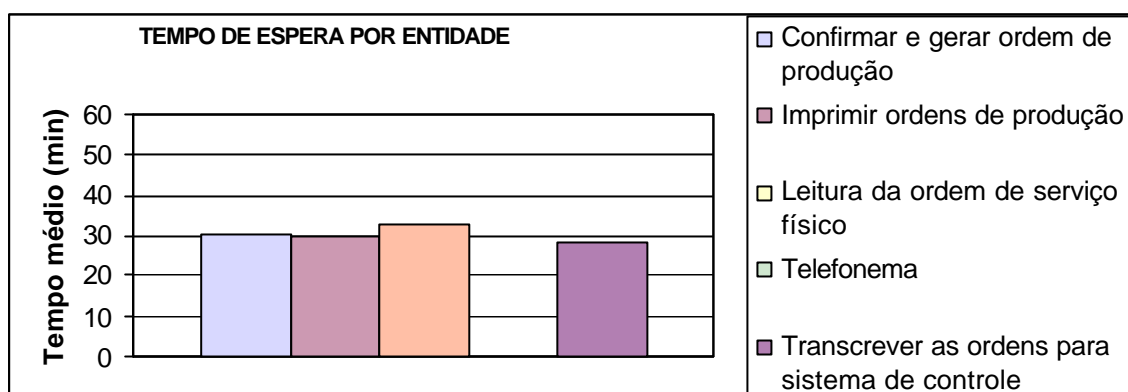
TEMPO NÃO-AGREGANDO VALOR POR ENTIDADE (min)

ATIVIDADE	VALOR MÉDIO	VALOR MÍNIMO	VALOR MÁXIMO
Telefonema	0,00	0,00	0,00



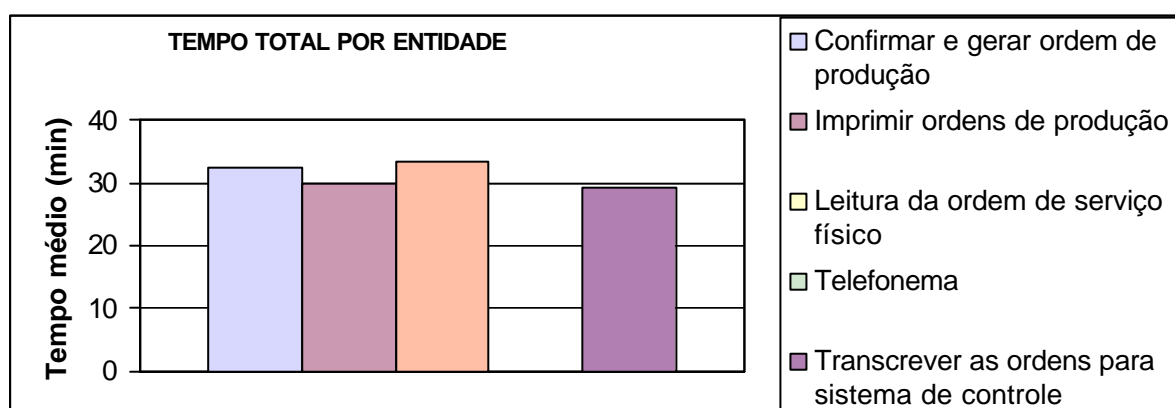
TEMPO DE ESPERA POR ENTIDADE (min)

ATIVIDADE	VALOR MÉDIO	VALOR MÍNIMO	VALOR MÁXIMO
Confirmar e gerar ordem de produção	30,46	7,54	74,48
Imprimir ordens de produção	30,17	9,51	75,93
Leitura da ordem de serviço físico	32,55	8,66	75,07
Telefonema	0,00	0,00	0,00
Transcrever as ordens para sistema de controle	28,45	7,86	75,48



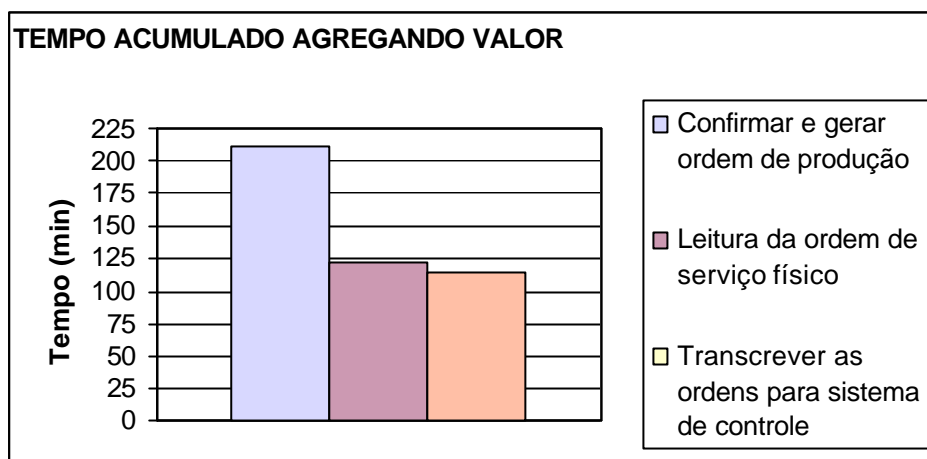
TEMPO TOTAL POR ENTIDADE (min)

ATIVIDADE	VALOR MÉDIO	VALOR MÍNIMO	VALOR MÁXIMO
Confirmar e gerar ordem de produção	32,46	9,54	76,48
Imprimir ordens de produção	30,17	9,51	75,93
Leitura da ordem de serviço físico	33,55	9,66	76,07
Telefonema	0,00	0,00	0,00
Transcrever as ordens para sistema de controle	29,45	8,86	76,48



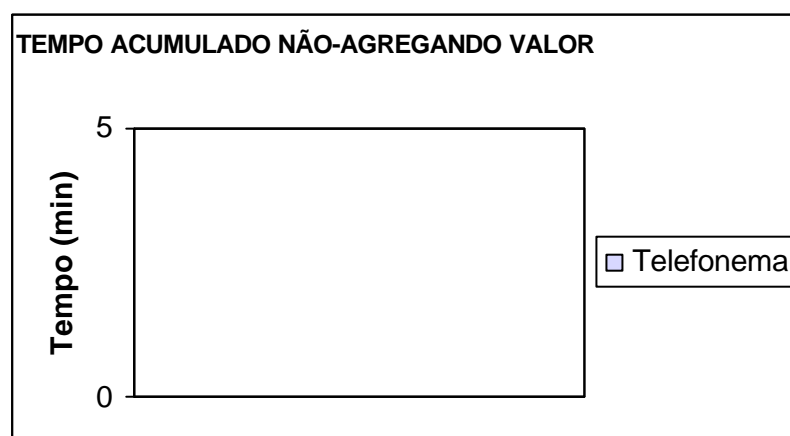
TEMPO ACUMULADO AGREGANDO VALOR (min)

ATIVIDADE	VALOR
Confirmar e gerar ordem de produção	212,00
Leitura da ordem de serviço físico	122,00
Transcrever as ordens para sistema de controle	114,00



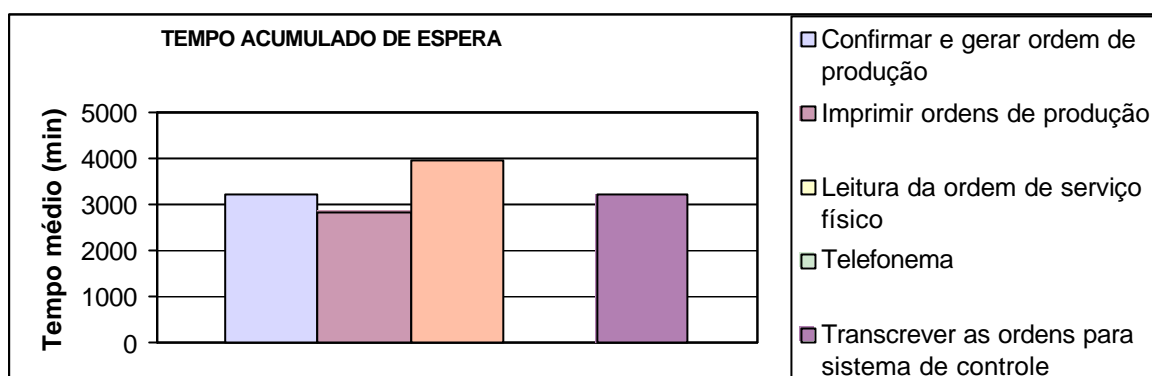
TEMPO ACUMULADO NÃO-AGREGANDO VALOR (min)

ATIVIDADE	VALOR
Telefonema	0,00



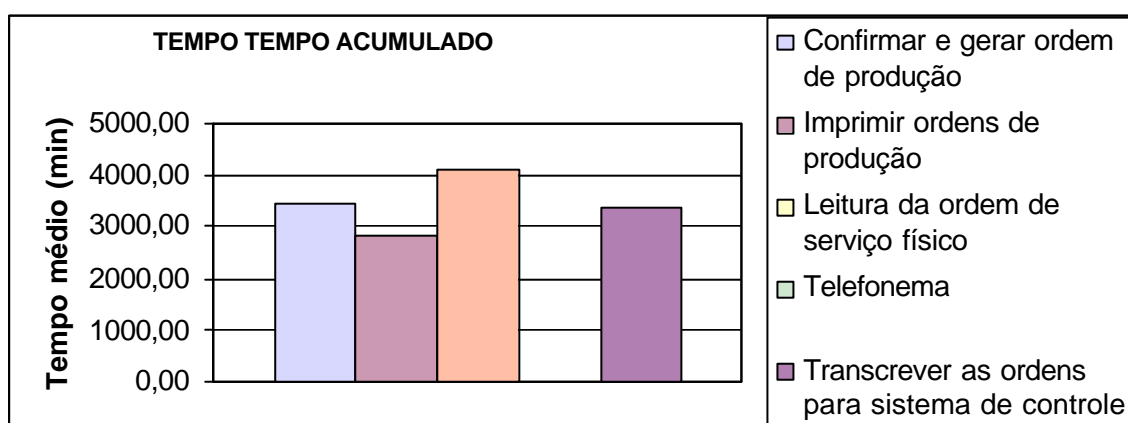
TEMPO ACUMULADO DE ESPERA (min)

ATIVIDADE	VALOR
Confirmar e gerar ordem de produção	3229,17
Imprimir ordens de produção	2865,76
Leitura da ordem de serviço físico	3970,72
Telefonema	0,00
Transcrever as ordens para sistema de controle	3242,96



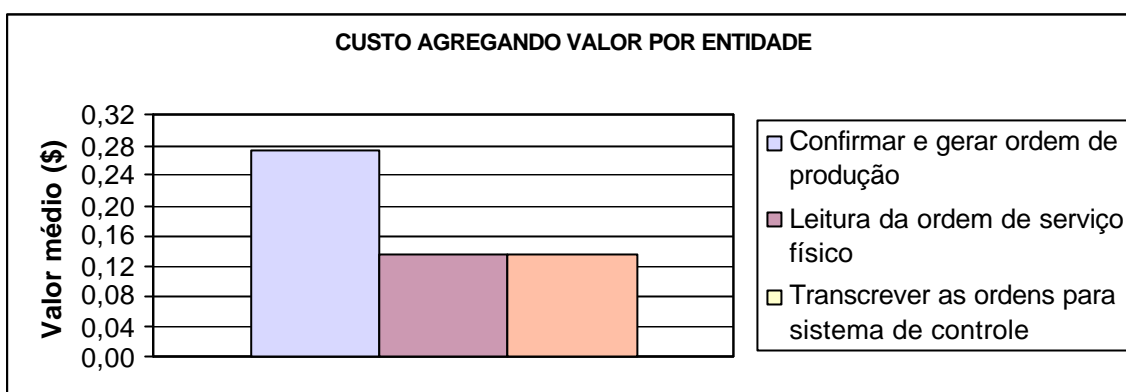
TEMPO TEMPO ACUMULADO (min)

ATIVIDADE	VALOR
Confirmar e gerar ordem de produção	3441,17
Imprimir ordens de produção	2865,76
Leitura da ordem de serviço físico	4092,72
Telefonema	0,00
Transcrever as ordens para sistema de controle	3356,96



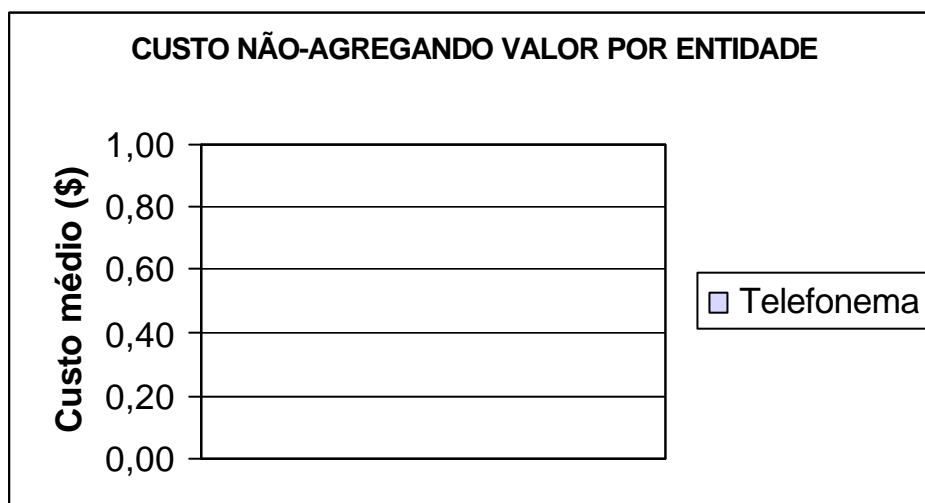
CUSTO AGREGANDO VALOR POR ENTIDADE (\$)

ATIVIDADE	VALOR MÉDIO	VALOR MÍNIMO	VALOR MÁXIMO
Confirmar e gerar ordem de produção	0,27	0,27	0,27
Leitura da ordem de serviço físico	0,14	0,14	0,14
Transcrever as ordens para sistema de controle	0,14	0,14	0,14



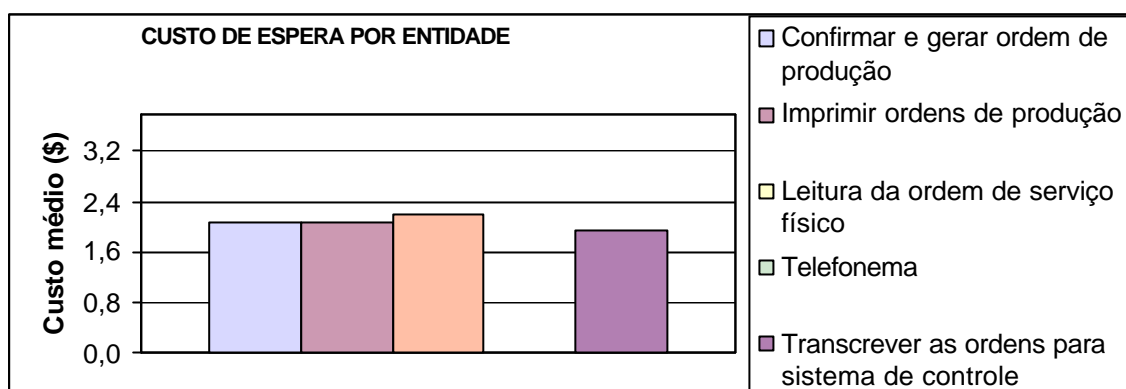
CUSTO NÃO-AGREGANDO VALOR POR ENTIDADE (\$)

ATIVIDADE	VALOR MÉDIO	VALOR MÍNIMO	VALOR MÁXIMO
Telefonema	0,00	0,00	0,00

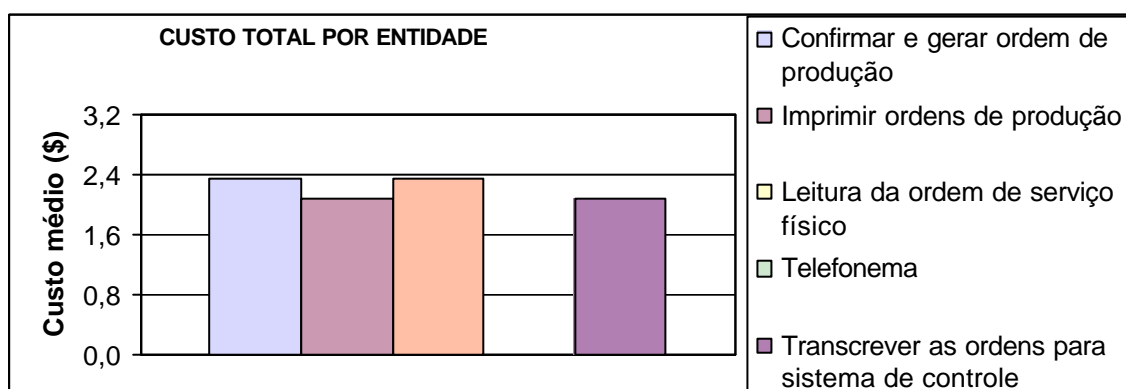


CUSTO DE ESPERA POR ENTIDADE (\$)

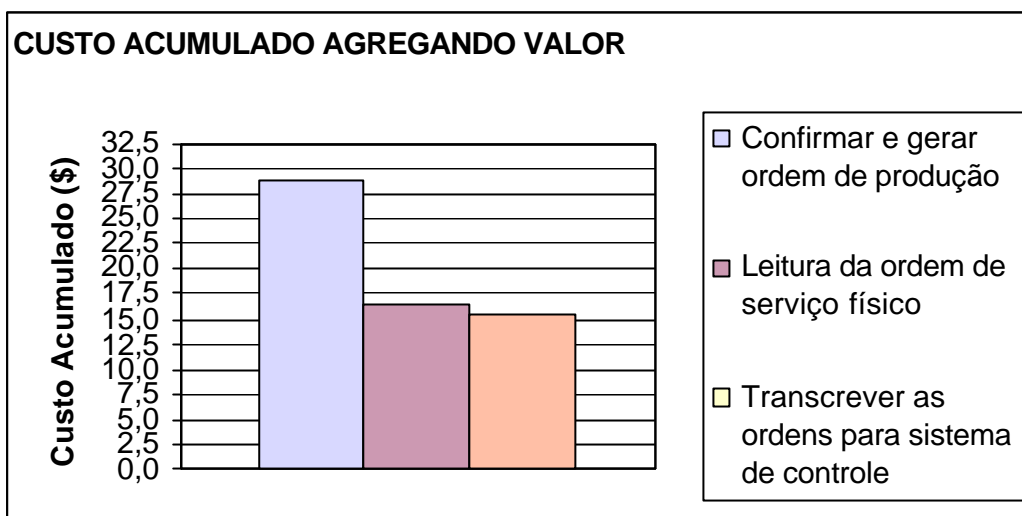
ATIVIDADE	VALOR MÉDIO	VALOR MÍNIMO	VALOR MÁXIMO
Confirmar e gerar ordem de produção	2,07	0,51	5,05
Imprimir ordens de produção	2,07	0,65	5,16
Leitura da ordem de serviço físico	2,21	0,59	5,09
Telefonema	0,00	0,00	0,00
Transcrever as ordens para sistema de controle	1,93	0,53	5,12

**CUSTO TOTAL POR ENTIDADE (\$)**

ATIVIDADE	VALOR MÉDIO	VALOR MÍNIMO	VALOR MÁXIMO
Confirmar e gerar ordem de produção	2,34	0,78	5,32
Imprimir ordens de produção	2,07	0,66	5,16
Leitura da ordem de serviço físico	2,34	0,72	5,23
Telefonema	0,00	0,00	0,00
Transcrever as ordens para sistema de controle	2,07	0,67	5,26

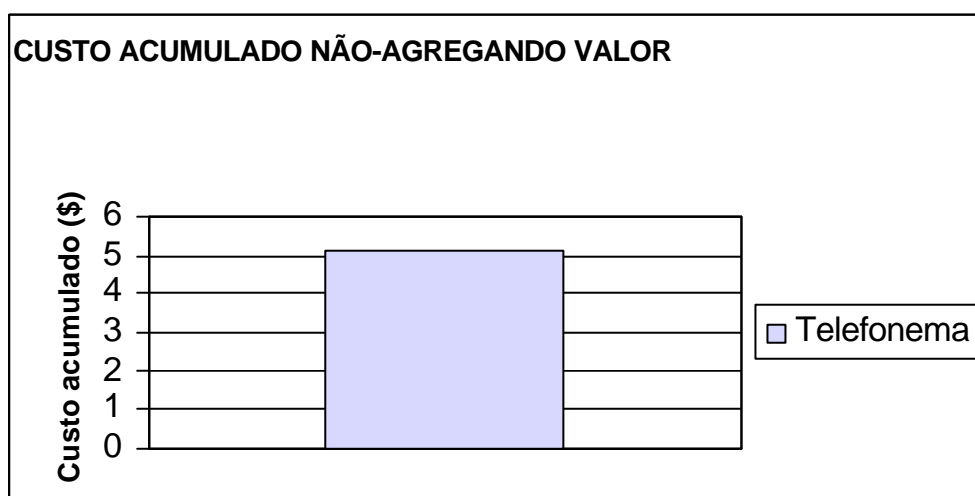
**CUSTO ACUMULADO AGREGANDO VALOR (\$)**

ATIVIDADE	VALOR
Confirmar e gerar ordem de produção	28,83
Leitura da ordem de serviço físico	16,59
Transcrever as ordens para sistema de controle	15,50



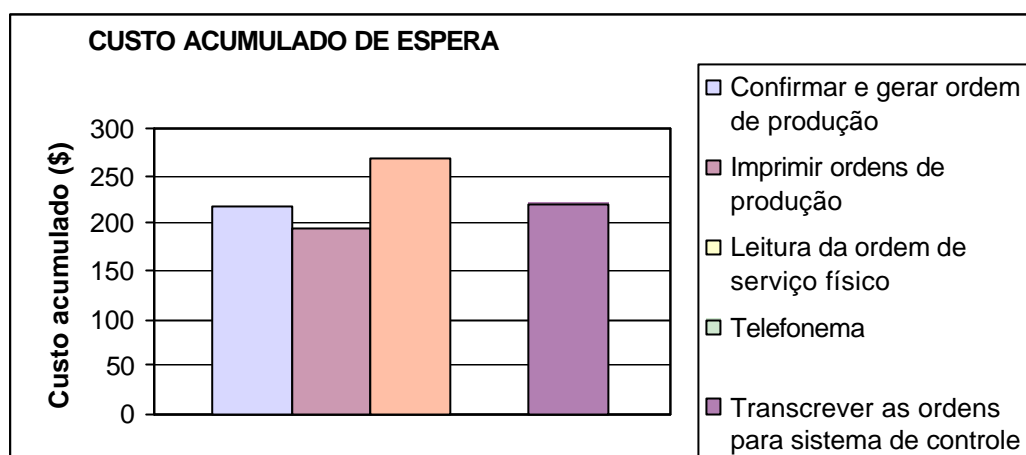
CUSTO ACUMULADO NÃO-AGREGANDO VALOR (\$)

ATIVIDADE	VALOR
Telefonema	5,08



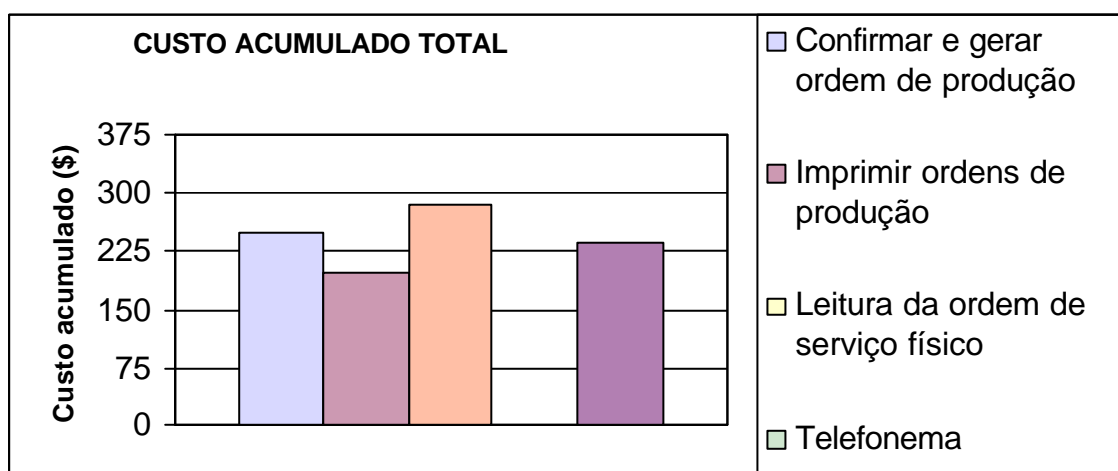
CUSTO ACUMULADO DE ESPERA (\$)

ATIVIDADE	VALOR
Confirmar e gerar ordem de produção	219,05
Imprimir ordens de produção	196,56
Leitura da ordem de serviço físico	269,35
Telefonema	0,00
Transcrever as ordens para sistema de controle	219,98



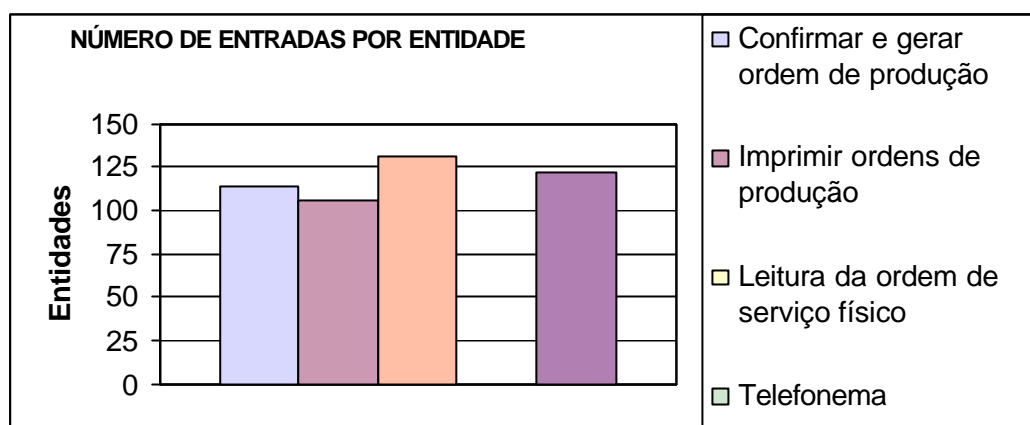
CUSTO ACUMULADO TOTAL (\$)

ATIVIDADE	VALOR
Confirmar e gerar ordem de produção	247,88
Imprimir ordens de produção	196,56
Leitura da ordem de serviço físico	285,94
Telefonema	0,00
Transcrever as ordens para sistema de controle	235,48



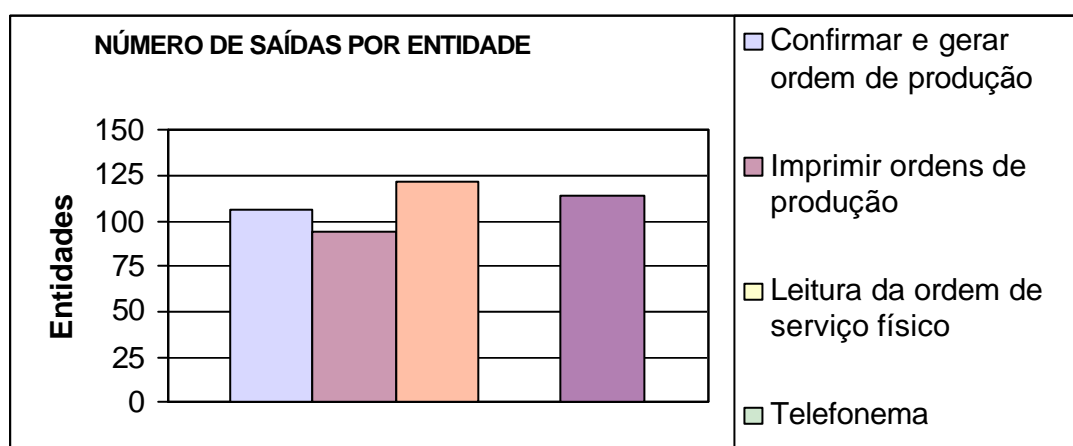
NÚMERO DE ENTRADAS POR ENTIDADE

ATIVIDADE	VALOR
Confirmar e gerar ordem de produção	114
Imprimir ordens de produção	106
Leitura da ordem de serviço físico	131
Telefonema	0
Transcrever as ordens para sistema de controle	122



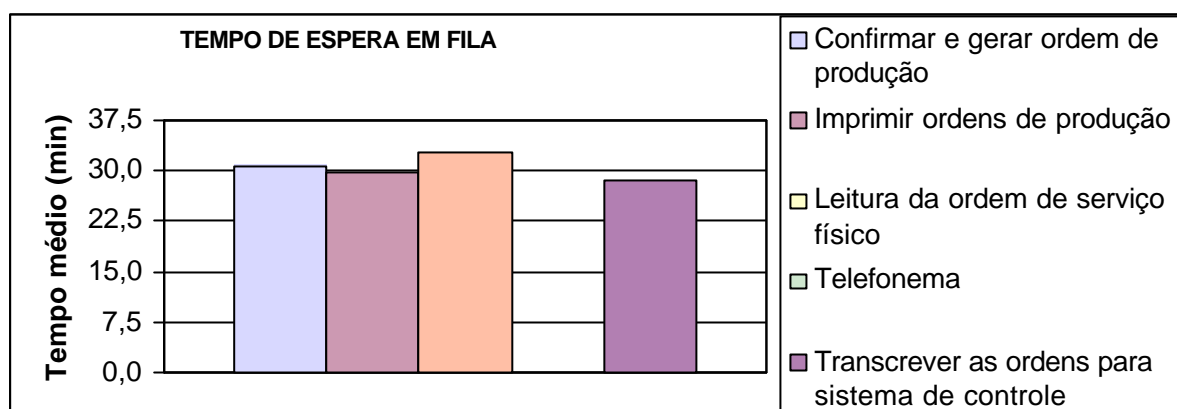
NÚMERO DE SAÍDAS POR ENTIDADE

ATIVIDADE	VALOR
Confirmar e gerar ordem de produção	106
Imprimir ordens de produção	95
Leitura da ordem de serviço físico	122
Telefonema	0
Transcrever as ordens para sistema de controle	114

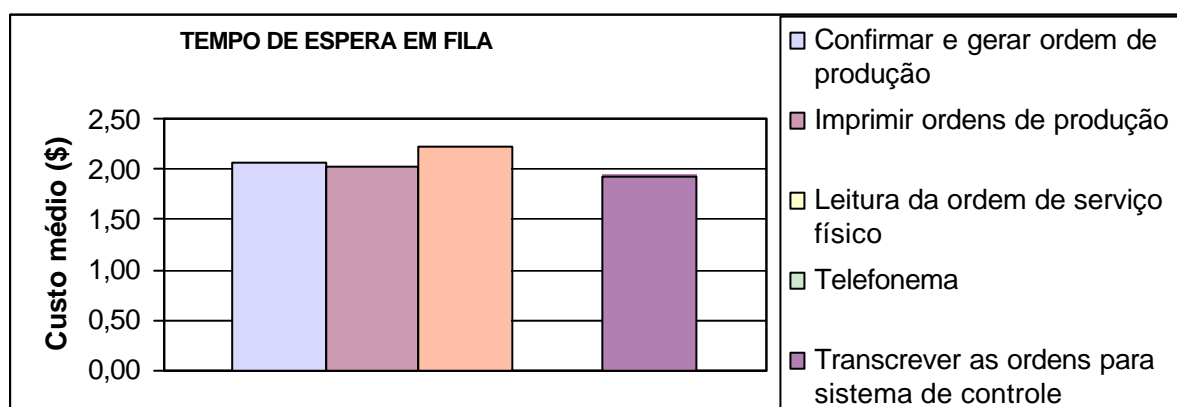


TEMPO DE ESPERA EM FILA (min)

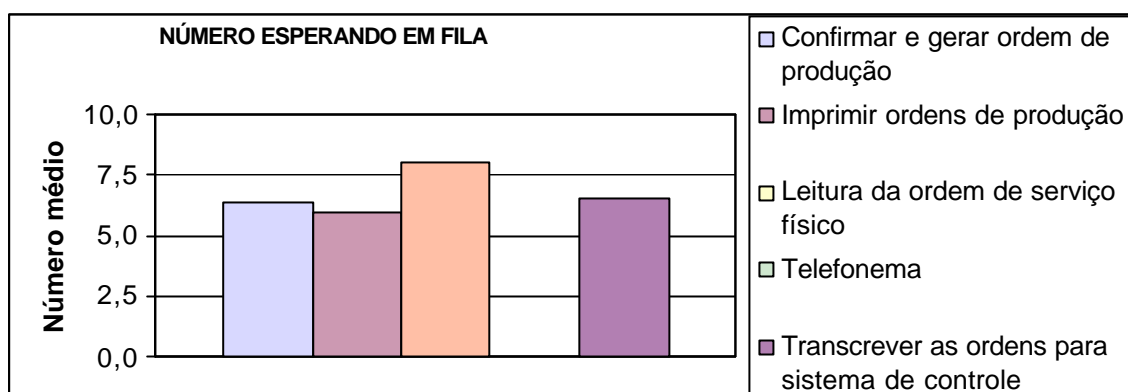
ATIVIDADE	VALOR MÉDIO	VALOR MÍNIMO	VALOR MÁXIMO
Confirmar e gerar ordem de produção	30,66	7,54	74,48
Imprimir ordens de produção	29,83	9,51	75,75
Leitura da ordem de serviço físico	32,71	8,66	75,07
Telefonema	0,00	0,00	0,00
Transcrever as ordens para sistema de controle	28,45	7,86	75,48

**CUSTO DE ESPERA EM FILA (\$)**

ATIVIDADE	VALOR MÉDIO	VALOR MÍNIMO	VALOR MÁXIMO
Confirmar e gerar ordem de produção	2,08	0,51	5,05
Imprimir ordens de produção	2,02	0,65	5,14
Leitura da ordem de serviço físico	2,22	0,59	5,09
Telefonema	0,00	0,00	0,00
Transcrever as ordens para sistema de controle	1,93	0,53	5,12

**NÚMERO ESPERANDO EM FILA**

ATIVIDADE	VALOR MÉDIO	VALOR MÍNIMO	VALOR MÁXIMO
Confirmar e gerar ordem de produção	6,36	0,00	20,00
Imprimir ordens de produção	5,95	0,00	20,00
Leitura da ordem de serviço físico	7,98	0,00	20,00
Telefonema	0,00	0,00	0,00
Transcrever as ordens para sistema de controle	6,59	0,00	20,00



USO

INTERPRETADOR PCP	VALOR MÉDIO	VALOR MÍNIMO	VALOR MÁXIMO
Utilização	88,89%	0,00%	100,00%
Ocupação	88,89%	0,00%	100,00%
Número Programado	88,87%	0,00%	100,00%
Escala programada	100,00%		
Tempo Programado (min)	437		

CUSTO

INTERPRETADOR PCP	VALOR
Ocupado	32,70
Ocioso	0,00
Por utilização	0,00

CONTADORES

CONTAGEM	VALOR
Ordens Liberadas	95
Tamanho da pilha de entrada	131
Telefonemas	0