



**Escola Politécnica da Universidade de São Paulo**

**Departamento de Engenharia de Produção**

**Trabalho de Formatura**

**Sistema de Apoio à Seqüenciação em uma Oficina de  
Manutenção**

**Marcio de Campos Marino**

**Miguel Cezar Santoro**

**2001**

*ff. 2001  
M 339 2*

## **AGRADECIMENTOS**

Ao meu pai, quem me ensinou as virtudes do estudo, do trabalho e da família. Enfim, meu melhor professor.

A minha mãe, que alimentou meus sonhos e os traduziu para a realidade, sempre me apoiando em minhas decisões.

Ao meu irmão Guilherme, em quem me espelho para sempre seguir em frente, com força e ambição, mesmo nos momentos de dificuldade.

Aos meus avós, fontes inesgotáveis de amor e carinho. Aos meus tios, as minhas tias e aos meus primos, presenças, marcantes nessa jornada, ora me freando, ora me empurrando rumo aos meus objetivos.

Aos meus amigos, Marcela, Michael, Yuri, Leonardo e Juliana, a quem devo tanto bons quanto maus momentos. A amizade e o carinho de vocês não pode ser expressa em palavras.

Ao professor Miguel, que mais do que um orientador se mostrou um amigo.

E a diversas outras pessoas, que apesar de terem seus nomes escritos aqui, não deixam de ser menos importantes. Vou levá-las comigo para o resto de minha vida.

Sem vocês não teria sido possível chegar até aqui. Obrigado a todos...

## SUMÁRIO

---

O presente trabalho propõe uma alternativa para a principal preocupação de uma oficina de manutenção, que é trabalhar com uma eficiência, se não máxima, pelo menos boa, de forma a entregar nos prazos prometidos a maior quantidade possível de serviços solicitados.

A oficina em questão realiza serviços em jóias, sendo estas atividades artesanais que não requerem prazos demasiadamente longos. Assim, o fluxo de ordens de serviço por entre ela pode ser considerado alto, e a padronização das tarefas executadas extremamente baixa.

Tal problema, classificado como de seqüenciação (*Scheduling*), é solucionado por um sistema de planejamento, programação e controle da produção, o qual tem seu funcionamento e suas hipóteses apresentados nesta monografia. É ele que servirá de apoio para a tomada de decisão das atividades de seqüenciação da oficina.

Os resultados deste trabalho são apoiados em estudos qualitativos anteriormente realizados, os quais foram estendidos à realidade da oficina em questão.

# ÍNDICE

|                                                                   |           |
|-------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS</b>                                  | <b>1</b>  |
| 1.1. RESUMO DO TRABALHO E RESULTADOS SIMPLIFICADOS                | 1         |
| 1.2. A EMPRESA                                                    | 2         |
| 1.3. OBJETIVOS DO ESTÁGIO                                         | 4         |
| 1.4. O PORQUÊ DO TEMA ESCOLHIDO                                   | 5         |
| 1.5. OBJETIVOS DO TRABALHO                                        | 6         |
| 1.6. O SU (SERVIÇOS URGENTES)                                     | 7         |
| 1.7. ÁREA DE ATUAÇÃO DO TRABALHO                                  | 15        |
| <b>2. O PROJETO</b>                                               | <b>16</b> |
| 2.1. CONCEITUAÇÃO TEÓRICA                                         | 16        |
| 2.1.1. A ABORDAGEM DAS CÉLULAS DE PRODUÇÃO                        | 18        |
| 2.1.1.1 Natureza das Chegadas de Pedidos                          | 19        |
| 2.1.1.2 Natureza das Saídas                                       | 20        |
| 2.1.1.3 Configuração da Célula de Manufatura                      | 20        |
| 2.1.1.4 Critérios de Otimização                                   | 22        |
| 2.2. ENQUADRAMENTO DA TEORIA NO SU                                | 25        |
| 2.2.1.1 Natureza das Chegadas de Pedidos                          | 29        |
| 2.2.1.2 Natureza das Saídas                                       | 30        |
| 2.2.1.3 Configuração da Célula de Manufatura                      | 30        |
| 2.2.1.4 Critérios de Otimização                                   | 31        |
| 2.3. LEVANTAMENTO DE DADOS                                        | 35        |
| 2.3.1. CRITÉRIO PARA A DEFINIÇÃO DAS FAMÍLIAS DE PRODUTOS         | 35        |
| 2.3.2. BASE DE DADOS                                              | 43        |
| <b>3. ANÁLISES</b>                                                | <b>49</b> |
| 3.1. O PORQUÊ DA FOLGA DINÂMICA                                   | 49        |
| 3.1.1. SISTEMAS COM LIMITAÇÃO DE MÁQUINAS                         | 50        |
| 3.1.2. O ESTUDO DE NANOT                                          | 51        |
| 3.2. O SISTEMA                                                    | 55        |
| 3.2.1. SISTEMA INTEGRADO DE PLANEJAMENTO E CONTROLE               | 56        |
| 3.2.2. CÉLULA DE MANUFATURA – CARREGAMENTO INFINITO VERSUS FINITO | 60        |

|                                                                       |               |
|-----------------------------------------------------------------------|---------------|
| 3.2.3. SISTEMAS DE CARREGAMENTO FINITO                                | 61            |
| 3.2.3.1 Sistema para o processamento das ordens de serviço            | 62            |
| 3.2.3.2 Sistema para o planejamento e promessa das datas de entrega   | 62            |
| 3.2.3.3 Sistema para programação e seqüenciação das ordens de serviço | 63            |
| 3.2.3.4 Sistema de controle e apontamento da produção                 | 65            |
| <b>3.3. ARQUITETURA DO SISTEMA</b>                                    | <b>66</b>     |
| 3.3.1. CONFEÇÃO DE ORÇAMENTOS                                         | 67            |
| 3.3.2. PROCESSAMENTO DAS ORDENS DE SERVIÇO                            | 72            |
| 3.3.3. EXTRAÇÃO DE RELATÓRIOS                                         | 76            |
| <br><b>4. RESULTADOS</b>                                              | <br><b>81</b> |
| <br>4.1. MÉRITO DOS RESULTADOS                                        | <br>81        |
| 4.2. IMPORTÂNCIA PARA A EMPRESA                                       | 82            |
| 4.3. IMPLEMENTAÇÃO DO PROJETO                                         | 84            |
| <br><b>5. BIBLIOGRAFIA</b>                                            | <br><b>86</b> |
| <br>5.1. LIVROS E APOSTILAS                                           | <br>86        |
| 5.2. INTERNET                                                         | 86            |
| <br><b>APÊNDICES</b>                                                  | <br><b>87</b> |

## ÍNDICE DE TABELAS

---

|                                                                                              |          |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| <u>Tabela 1.1: Funções dos Artesãos</u> .....                                                | 8        |
| <u>Tabela 1.2: Prazos praticados pelo SU</u> .....                                           | 14       |
| <u>Tabela 2.1: Processos Produtivos</u> .....                                                | 16       |
| <u>Tabela 2.2: Matriz de um <i>Flow Shop</i></u> .....                                       | 21       |
| <u>Tabela 2.3: Matriz de um <i>Job Shop</i></u> .....                                        | 21       |
| <u>Tabela 2.4: Classes de Sistemas Produtivos</u> .....                                      | 25       |
| <u>Tabela 2.5: Natureza das Chegadas e Saídas</u> .....                                      | 30       |
| <u>Tabela 2.6: Regras de Despacho mais comuns</u> .....                                      | 32       |
| <u>Tabela 2.7: Prazos dos departamentos ligados ao SU</u> .....                              | 42       |
| <u>Tabela 2.8: Prazos dos departamentos ligados ao SU</u> .....                              | 43       |
| <u>Tabela 2.9: Fatores de Conversão de Metal em Tempo de Ourivesaria</u> .....               | 43       |
| <u>Tabela 2.10 Tempos de cravações, descravações e revisões de pedras</u> .....              | 44       |
| <u>Tabela 2.11: Tempos das atividades do Polimento, segundo o tipo de jóia</u> .....         | 44       |
| <u>Tabela 2.12: Fatores para cálculo dos tempos de acabamento</u> .....                      | 45       |
| <u>Tabela 2.13: Quadro Habilidades dos Artesãos</u> .....                                    | 45       |
| <u>Tabela 2.14: Estatísticas – Distribuição segundo o tipo de jóia</u> .....                 | 46       |
| <u>Tabela 2.15: Estatísticas – Consumo de metal</u> .....                                    | 46       |
| <u>Tabela 2.16: Estatísticas – Demanda por Ourivesaria e pela Microfusão</u> .....           | 47       |
| <u>Tabela 2.17: Estatísticas – Distribuição das cravações, descravações e revisões</u> ..... | 47       |
| <u>Tabela 2.18: Estatísticas – Distribuição das atividades do Polimento</u> .....            | 48       |
| <u>Tabela 2.19: Estatísticas – Distribuição segundo o tipo de acabamento</u> .....           | 48       |
| <u>Tabela 3.1: Células de manufatura estudadas por Nanot</u> .....                           | 51       |
| <u>Tabela 3.2: Regras de despacho estudadas por Nanot</u> .....                              | 52       |
| <u>Tabela 3.3: Quadro resumo do estudo de Nanot</u> .....                                    | 52       |
| <u>Tabela 3.4: Tabela com dados da ordens de serviços</u> .....                              | 73       |
| <u>Tabela 3.5: Tabela com dados sobre os roteiros</u> .....                                  | 73       |
| <u>Tabela 3.6: Tabela sobre consumo de pedras</u> .....                                      | 74       |
| <u>Tabela 3.7: Tabela sobre consumo de metal</u> .....                                       | 74       |
| <u>Tabela 3.8: Tabela com o acompanhamento dos serviços</u> .....                            | 75       |
| <u>Tabela 3.9: Tabela com as habilidades dos artesãos</u> .....                              | 75       |
| <b>APÊNDICE A – OURIVESARIA</b> .....                                                        | <b>1</b> |
| <u>Tabela A.1: Desvios da célula de Ourivesaria</u> .....                                    | 2        |
| <u>Tabela A.2: Consumo de Metal versus Tempo</u> .....                                       | 3        |
| <u>Tabela A.3: Estudo de Tempos</u> .....                                                    | 4        |

|                                                                                                 |                 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| <u>Tabela A.4: Fatores de Conversão de Metal em Tempo de Ourivesaria .....</u>                  | <u>4</u>        |
| <u>Tabela A.5: Desvios Mínimos do Tempo de Ourivesaria (com uso dos Fatores) .....</u>          | <u>5</u>        |
| <b><u>APÊNDICE B – CRAVAÇÃO .....</u></b>                                                       | <b><u>1</u></b> |
| <u>Tabela B.1: Tipos de Cravação (Parte I) .....</u>                                            | <u>3</u>        |
| <u>Tabela B.2: Tipos de Cravação (Parte II) .....</u>                                           | <u>4</u>        |
| <u>Tabela B.3: Tipos de Cravação (Parte III) .....</u>                                          | <u>5</u>        |
| <u>Tabela B.4: Tempos das cravações, descravações e revisões .....</u>                          | <u>5</u>        |
| <u>Tabela B.5: Descrição e Resumo das Cravações (Brilhantes) .....</u>                          | <u>6</u>        |
| <u>Tabela B.6: Descrição e Resumo das Cravações (Pedras Orientais, Brasil e Diversas) .....</u> | <u>7</u>        |
| <b><u>APÊNDICE C – POLIMENTO .....</u></b>                                                      | <b><u>1</u></b> |
| <u>Tabela C.1: Tempos máximos e mínimos dos serviços do Polimento .....</u>                     | <u>3</u>        |
| <u>Tabela C.2: Quadro exemplo do estudo feito na célula de Polimento .....</u>                  | <u>4</u>        |
| <u>Tabela C.3: Tempos-padrão para as atividades do Polimento, segundo o tipo de jóia .....</u>  | <u>4</u>        |
| <b><u>APÊNDICE D – ACABAMENTO .....</u></b>                                                     | <b><u>1</u></b> |
| <u>Tabela D.1: Serviços realizados pela célula de Acabamento .....</u>                          | <u>2</u>        |
| <u>Tabela D.2: Cálculo do Fator de Esmaltação .....</u>                                         | <u>3</u>        |
| <u>Tabela D.3: Cálculo dos fatores para os acabamentos Fresado, Lixado e Martelado .....</u>    | <u>3</u>        |
| <u>Tabela D.4: Fatores das atividades da Célula de Acabamentos .....</u>                        | <u>4</u>        |
| <b><u>APÊNDICE E – DEMANDA .....</u></b>                                                        | <b><u>1</u></b> |
| <u>Tabela E.1: Chegadas diárias de jóias para consertos .....</u>                               | <u>1</u>        |
| <u>Tabela E.2: Departamentos envolvidos com o SU .....</u>                                      | <u>5</u>        |

## ÍNDICE DE FIGURAS

---

|                                                                                           |          |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| <u>Figura 1.1: Departamentos coligados ao SU</u> .....                                    | 9        |
| <u>Figura 1.2: Fluxo das ordens de serviços (Parte I)</u> .....                           | 12       |
| <u>Figura 1.3: Fluxo das ordens de serviços (Parte II)</u> .....                          | 12       |
| <u>Figura 1.4: Fluxo das ordens de serviços (Parte III)</u> .....                         | 13       |
| <u>Figura 1.5: Fluxo das ordens de serviços (Parte IV)</u> .....                          | 13       |
| <u>Figura 2.1: Horizonte de Planejamento</u> .....                                        | 16       |
| <u>Figura 2.2: Ilustração da Regra de Despacho Folga Dinâmica</u> .....                   | 33       |
| <u>Figura 2.3: Legenda dos Departamentos</u> .....                                        | 39       |
| <u>Figura 2.4: Roteirização dentro do SU</u> .....                                        | 39       |
| <u>Figura 2.5: Exemplo I</u> .....                                                        | 40       |
| <u>Figura 2.6: Exemplo II</u> .....                                                       | 40       |
| <u>Figura 2.7: Exemplo III</u> .....                                                      | 40       |
| <u>Figura 2.8: Exemplo IV</u> .....                                                       | 41       |
| <u>Figura 2.9: Exemplo V</u> .....                                                        | 41       |
| <u>Figura 2.10: Exemplo VI</u> .....                                                      | 41       |
| <u>Figura 2.11: Exemplo VII</u> .....                                                     | 42       |
| <u>Figura 3.1: Regras de Despacho – Comparativo I</u> .....                               | 53       |
| <u>Figura 3.2: Regras de Despacho – Comparativo II</u> .....                              | 54       |
| <u>Figura 3.3: Network Diagram</u> .....                                                  | 56       |
| <u>Figura 3.4: Funções de um Sistema de PPCP</u> .....                                    | 57       |
| <u>Figura 3.5: Sistema – Consumo de Pedras</u> .....                                      | 68       |
| <u>Figura 3.6: Sistema – Célula de Ourivesaria</u> .....                                  | 69       |
| <u>Figura 3.7: Sistema – Célula de Cravação</u> .....                                     | 69       |
| <u>Figura 3.8: Sistema – Célula de Polimento</u> .....                                    | 70       |
| <u>Figura 3.9: Sistema – Célula de Acabamento</u> .....                                   | 70       |
| <u>Figura 3.10: Sistema – Prestadores de Serviço</u> .....                                | 71       |
| <u>Figura 3.11: Sistema – Peças Extras</u> .....                                          | 71       |
| <u>Figura 3.12: Flow Shop - SU</u> .....                                                  | 72       |
| <u>Figura 3.13: Sistema – Calendário</u> .....                                            | 76       |
| <u>Figura 4.1: Legenda do Cronograma</u> .....                                            | 84       |
| <u>Figura 4.2: Cronograma de Implementação do Projeto</u> .....                           | 85       |
| <b><u>APÊNDICE A – OURIVESARIA</u></b> .....                                              | <b>1</b> |
| <u>Figura A.1: Ourives e uma de suas principais ferramentas, o motor de chicote</u> ..... | 1        |
| <b><u>APÊNDICE B – CRAVAÇÃO</u></b> .....                                                 | <b>1</b> |

|                                                                                            |                 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| <u>Figura B.1: Principais tipos de lapidação.....</u>                                      | <u>1</u>        |
| <u>Figura B.2: Detalhe do gabarito e do rebolo utilizados para lapidar uma pedra .....</u> | <u>1</u>        |
| <u>Figura B.3: Detalhe do Rondizio.....</u>                                                | <u>2</u>        |
| <b><u>APÊNDICE C – POLIMENTO.....</u></b>                                                  | <b><u>1</u></b> |
| <u>Figura C.1: Planilha utilizada na coleta de dados.....</u>                              | <u>2</u>        |
| <u>Figura C.2: Planilha utilizada com o Solver (MS Excel).....</u>                         | <u>3</u>        |
| <b><u>APÊNDICE E – DEMANDA .....</u></b>                                                   | <b><u>1</u></b> |
| <u>Figura E.1: Testes de Aderência para os dados mensais .....</u>                         | <u>3</u>        |
| <u>Figura E.2: Testes de Aderência para todo o conjunto de dados .....</u>                 | <u>4</u>        |

## 1. Considerações Iniciais

### 1.1. Resumo do trabalho e resultados simplificados

O objetivo deste trabalho é o de propor uma solução para o principal problema de uma oficina de manutenção de jóias, que é o de entregar seus pedidos no prazo estabelecido.

Apesar da existência de máquinas, equipamentos e ferramentas que auxiliam no processo, a indústria joalheira é predominantemente artesanal. Além dessa qualidade, os serviços executados são personalizados, dificilmente há a repetição de trabalhos, sendo estes constituídos, normalmente, por peças únicas. Essa afirmação, apoiada em justificativas apresentadas ao longo do texto, permite classificar o sistema produtivo da oficina em questão como de seqüenciação.

A seqüenciação de tarefas é uma das partes mais complicadas do estudo de planejamento, programação e controle da produção, graças à alta variabilidade de suas atividades. Seqüenciar exige mais cálculos e simulações, e conseqüentemente maior poder de processamento.

Justamente por isso esse trabalho propõe a utilização de um sistema de apoio a seqüenciação, o qual possui outras funções apresentadas ao longo do texto. Não é objetivo do trabalho realizar a programação do sistema propriamente dito, mas sim definir hipóteses e premissas que devem ser consideradas no momento da implementação do mesmo.

As hipóteses e premissas condensadas por esse trabalho foram feitas através do confronto da realidade da oficina com teoria e estudos pesquisados na bibliografia sobre seqüenciação, apresentada ao final deste.

As conclusões desta monografia puderam ser estendidas ao sistema de produção estudado, conforme explicitado no texto. Os resultados alcançados foram válidos no sentido de delinear o foco do sistema, restando apenas a programação do mesmo, a ser feita pela própria empresa em momento oportuno.

Seguramente, os resultados a serem alcançados com o acatamento das assunções impostas por este trabalho melhorará o trabalho da oficina. É justamente esse o efeito desejado, que é fazer com que as encomendas sejam entregues dentro do prazo, sendo este definido segundo uma boa utilização dos recursos produtivos.

## 1.2. A empresa

A H Stern é hoje uma multinacional, fundada em 1945 no Rio de Janeiro, Brasil, por Hans Stern. Com 180 lojas espalhadas por 11 países, é a maior empresa do ramo na América Latina, situando-se entre as quatro maiores joalherias do mundo, sendo a maior delas quanto à abrangência de mercado.

O fato de uma das maiores joalherias do mundo ser brasileira pode ser tido como uma consequência natural da abundante riqueza de recursos minerais encontrados no solo do país. Praticamente todas as variedades de gemas e de metais preciosos são encontradas em alguma parte do território nacional. Justamente por isso, a H Stern domina as várias fases do seu negócio, sendo uma das únicas empresas do mundo que começa a sua produção no garimpo, passando pela lapidação, desenho, produção e comercialização de jóias.

A produção foi descentralizada em dois locais. Um deles é a matriz da empresa, situada no bairro de Ipanema, no Rio de Janeiro, enquanto que o outro se localiza em São Paulo. A empresa conta com 3.600 funcionários, sendo 800 deles trabalhando no exterior. Apesar da alta tecnologia envolvida no processo de produção de jóias, a fonte maior de trabalho continua sendo o fator humano. Um sexto dos funcionários é formado por artesãos, grupo que compreende designers, lapidadores, cravadores, ourives e polidores.

As novas coleções são lançadas duas vezes ao ano, em Maio e em Dezembro. As cerca de 20.000 peças produzidas mensalmente são distribuídas entre aproximadamente 2.500 modelos em mais de 100 linhas, dentre os quais muitos são exclusivos. As jóias H Stern têm recebido inúmeros prêmios internacionais, os quais vem aumentando a reputação da empresa rumo a sua Missão, que estabelece que a H Stern deve ser reconhecida entre as quatro maiores joalherias do mundo até 2006.

Além disso, a H Stern conta com diferenciais frente a suas concorrentes. Um deles é um evento itinerante, realizado anualmente, chamado *Trunk Show*. Nele, uma equipe composta de designers e artesãos percorre as principais lojas nacionais, oferecendo uma oportunidade aos seus clientes de trocarem suas jóias antigas por novas. A empresa se prontifica a comprar o metal do cliente com sobrevalorização ante ao seu preço de mercado, em troca de créditos para a compra de jóias novas. Durante o evento a empresa apresenta novas criações aos clientes.

Outro diferencial da H Stern, que lhe permite conquistar cada vez mais clientes é o trato que a mesma mantém com estes. Além das jóias desenvolvidas pela empresa, esta se prontifica a idealizar e fabricar as jóias segundo os anseios de seus clientes. Para tanto conta

com todo o suporte de uma equipe de projetistas e artesãos, que seguem à risca o projeto do cliente.

Acrescente-se à produção e ao comércio de jóias, equivalente a 75% do faturamento da empresa, também a representação de algumas grandes grifes mundiais de relógios, além é claro de ter sua própria linha, que somados representam 20% das receitas da H Stern. A empresa também comercializa produtos de couro, artigos de decoração, e utensílios como canetas e isqueiros de luxo, significando apenas 5% do faturamento, tendo assim presença marcante em um segmento que cresce cada vez mais no Brasil, que atinge mais de quatro milhões de consumidores de altíssimo poder aquisitivo e que cresce cerca de 30% ao ano no Brasil<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Estimativa segundo a revista Veja (Edição 1679 – 13 de Dezembro de 2000)

### **1.3. Objetivos do estágio**

O estágio na empresa tinha como objetivo inicial agregar serviços diferenciais ao site de Internet da H Stern. Serviços esses que pudessem atrair consumidores tanto pela sua utilidade quanto pelo seu vanguardismo. Tal objetivo fora renegado em função do desaquecimento do setor de Internet no mercado mundial, em meados de 2000. Em função disso, todo o projeto da empresa para a rede mundial ficou estacionado.

Entretanto, esses desaquecimentos são apenas oscilações naturais de qualquer mercado. E com isso a empresa dispôs de fôlego e tempo para recuperar um eventual tempo perdido no primeiro pico ocorrido na Internet. O processo criativo não podia parar, e novas idéias deveriam surgir nessa entressafra.

#### 1.4. O porquê do tema escolhido

Como já dito, o estágio visava a criação de serviços ao consumidor, os quais seriam inseridos na *homepage* da H Stern. Dentre as opções estudadas, a de maior apelo foi a criação, para a oficina de manutenção de jóias, de um serviço que seria uma adaptação à realidade da empresa de um serviço oferecido por uma concessionária de automóveis da cidade de São Paulo. Essa prática foi sugerida por FITZSIMMONS (2000), em [1], ao insistir na importância de se analisar empresas aparentemente conflitantes na busca de soluções e inovações para o próprio negócio. Em função disso, visitas foram feitas à concessionária em questão, em vista de se realizar um intercâmbio de informações com a prestadora do serviço, até então, pioneiro.

Para efeito de ilustração, o serviço da concessionária também era voltado para a oficina de manutenção. Ele consistia na instauração de um sistema informatizado de controle da produção dos diversos departamentos locais, o qual revia todos os processos burocráticos internos que envolvem o conserto de um automóvel. A reformulação consistiu, basicamente, em informatizar todo o fluxo de papéis entre departamentos.

Da entrada do carro na oficina, até passar pelos setores de funilaria, pintura, lavagem, testes, até sua retirada pelo cliente, todos os dados passaram a ser atualizados em um computador. Conseqüentemente, percebeu-se que esse banco de dados continha informações relevantes tanto sob a perspectiva da concessionária, quanto do próprio cliente.

Ao perceber isso, a gerência de marketing resolveu disponibilizar ao cliente essas informações de uma forma direta, sem que o mesmo precisasse ligar ao consultor que lhe atendeu e esperar que o mesmo lhe disponibilizasse os dados solicitados, como era feito outrora. Para tanto, o veículo de comunicação escolhido foi a Internet.

Assim, a utilização da Internet para tal propósito foi uma consequência do processo de informatização pelo qual a empresa passou. Não foi um objetivo inicial e nem um serviço tomado como base para a adequação à realidade da concessionária.

O motivo que convenceu a H Stern a autorizar a continuação desse projeto foi a iminente criação de mais um diferencial frente a suas concorrentes, o qual pudesse ser útil aos seus clientes. E o serviço em questão estava escolhido, que era de usar a Internet como *um veículo para facilitar a aprovação de orçamentos, o qual permitisse a transparência dos serviços executados, e que, por fim, oferecesse informações fidedignas ao consumidor no tocante dos prazos.*

Por fim, faltava definir qual seria o corpo do projeto que sustentaria as proposições da empresa, mas qualquer que fosse, deveria atingir o objetivo do estágio.

### **1.5. Objetivos do trabalho**

A oficina de manutenção de jóias tem seus prazos definidos com base na experiência de sua gerente, sem consideração precisa da capacidade daquela. Além disso, a inflexibilidade atual na fixação dos referidos prazos não permite considerar o grau de dificuldade do serviço. Também há o agravante de que alguns serviços devem ser feitos de imediato, passando a frente de toda a fila de espera.

O bom relacionamento entre o cliente e a empresa é uma premissa seguida à risca pela H Stern. Com essa visão, a empresa vê neste trabalho a oportunidade de entregar ao cliente a informação mais fidedigna possível a respeito do prazo dado para a conclusão do serviço prestado. Para tanto, é necessária a implementação de um sistema de planejamento, programação e controle da produção.

Este trabalho apresenta um embasamento teórico para atividades que hoje são feitas empiricamente. A programação da oficina, bem como de seus recursos produtivos, não só é factível como trará benefícios gerenciais para o setor de manutenção das jóias. Esses benefícios são resumidos por uma palavra: informação, disponibilizada pelo sistema de planejamento, programação e controle da produção discutido neste trabalho. De posse desta, o setor terá meios para identificar eventuais problemas e rapidamente tomar as medidas corretivas.

Assim, acredita-se que o escopo inicial do projeto aqui desenvolvido, o de disponibilizar ao cliente o prazo preciso do serviço solicitado, surtirá outros efeitos benéficos para o gerenciamento do setor, a serem discutidos ao longo deste.

A implementação do sistema de programação e controle da produção constitui um passo fundamental rumo ao gerenciamento consciente e melhorado da oficina. Espera-se que o sistema permita alcançar os objetivos da oficina, resumidos em fixar prazos viáveis e coerentes com o atendimento da oficina, bem como em os atender.

### 1.6. O SU (Serviços Urgentes)

A confecção das jóias é um trabalho realizado por dois departamentos internos à empresa. O primeiro deles é o responsável pela fabricação da linha de produtos H Stern. Através de um estudo de mercado, determinam-se quais jóias serão produzidas, em que quantidade, para abastecer lojas específicas, dentro do prazo estipulado. De posse dessas informações, distribuem-se os lotes de encomendas pelas 10 oficinas existentes no setor de produção, o qual disponibilizará as jóias em catálogo para a venda ou estocagem.

Entretanto, mais do que vender, a H Stern prima pela satisfação dos seus clientes e se prontifica a consertar suas jóias, que como qualquer produto também pode vir a precisar de eventuais serviços de manutenção. O departamento responsável por tal tarefa é a oficina de Serviços Urgentes, o qual é conhecido por **SU**, e que assim será referido ao longo deste.

Ambos os departamentos citados acima estão presentes tanto na matriz, localizada no Rio de Janeiro, como na filial administrativa de São Paulo. Já a produção é feita em conjunto, sendo que cada localidade possui seu próprio *mix* de produtos.

Quanto às oficinas **SU**, elas funcionam de forma diferente. O **SU** de São Paulo é responsável pela área compreendida pelas seguintes localidades: os estados de São Paulo, Paraná, Santa Catarina, Rio Grande do Sul, Mato Grosso, e pela área internacional, enquanto que o do Rio de Janeiro assume o resto do país.

Além disso, os setores de serviços urgentes são responsáveis por toda e qualquer fabricação especial. Entender por confecções especiais as que se enquadram num dos quesitos abaixo:

- Jóias com design específico estipulado pelo cliente e definido em conjunto com o Departamento de Criação (**DC**).
- Encomendas de jóias pertencentes às coleções H Stern, só que com alguma alteração, que pode ser um tamanho não previsto em catálogo, ou até mesmo a predileção por determinado metal, ou pedra, em detrimento à original.
- Jóias que são do catálogo H Stern, sem nenhuma alteração, que não se encontram disponíveis nem na loja, nem nos estoques da empresa (exceção a essa regra é o pedido de um novo lote para o departamento de produção).

De forma geral, o **SU** é responsável por todo e qualquer pedido que não sejam aqueles lotes encomendados pelo setor de planejamento.

Além das fabricações e consertos, o **SU** tem mais uma última incumbência, que é a de realizar análises de valor das jóias, estas usadas por seguradoras para definir o valor da mercadoria segurada.

O **SU** dispõe de apenas uma oficina em São Paulo e uma na matriz, ambas divididas nas partes administrativa e produtiva. No caso de São Paulo, na parte administrativa trabalham sete funcionárias responsáveis pelo gerenciamento das encomendas, bem como pela distribuição dos serviços por entre os funcionários produtivos. Já a produtiva é composta por um total de 15 funcionários, tendo nove deles funções de ourives, quatro de cravadores e dois de polidores. A tabela abaixo resume as funções de cada um desses funcionários.

| Ourivesaria                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Responsável por toda e qualquer tarefa que envolve a manipulação de metal, com objetivo de dar formas e contornos às jóias, além da montagem da mesma, em casos de múltiplas partes. Também cuida da preparação da jóia para receber cravações de pedras.                                                                                                    |
| Cravação                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Toda e qualquer forma de engaste (fixação) de pedras, com exceção da colagem, é realizada pela equipe de cravadores. Existem diversos tipos de cravação. Os cravadores também são responsáveis pela revisão das cravações de jóias que entram no setor para manutenção, além de serem eles que tiram as pedras das jóias, quando assim necessário.           |
| Polimento                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| O setor de polimento é encarregado de dar o acabamento final às jóias. Nele, são realizados os tratamentos superficiais, tanto químicos quanto físicos, para limpeza do metal, bem como para ressaltar sua beleza visual, seu brilho e seu lustro.                                                                                                           |
| Acabamento                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Os ourives são responsáveis por outras tarefas, sendo estas chamadas de acabamento. Essas atividades envolvem, por exemplo, a colocação de adornos de couro nas jóias, bem como acabamentos superficiais feitos através da abrasão do metal. Acrescente a esta lista a esmaltação das jóias (espécie de pintura do metal) e a fixação de pedras por colagem. |

**Tabela 1.1: Funções dos Artesãos**

**Elaborada pelo autor**

As jóias que entram no **SU** não necessariamente seguem um fluxo pré-determinado pelas divisões da oficina, já que a gama de consertos e fabricações é enorme, e um serviço pode demandar mais do que uma passagem em tal divisão, ou até mesmo retrabalho. Entretanto, existe uma seqüência que predomina na maioria absoluta dos serviços, que é: Ourivesaria (quando necessária), Cravação (sempre que houver pedras), Polimento (sem exceções) e Acabamento (quando necessário).

As ordens de serviço que chegam até o **SU** têm origem em um dos 30 postos servidos pelo **SU** de São Paulo, sendo 21 deles na capital (entre lojas e hotéis, à exceção de lojas de

aeroporto), dois no interior do estado, cinco em outros estados, encomendas internacionais (considerado um posto), além de serviços encomendados pelo **SU** da matriz, no Rio de Janeiro.

Essas jóias chegam e saem via malote todos os dias. O Departamento de Expedição fica responsável pelo envio dos malotes aos postos requisitantes, que têm sua periodicidade variando segundo sua demanda, à exceção dos postos da capital, que enviam e recebem malotes diariamente. No caso de serviços executados para clientes internacionais, estes são enviados ao Departamento de Exportação, de onde partem rumo ao requisitante junto das exportações regulares da empresa. Em casos esporádicos, os serviços são enviados ao requisitante, via portador, dependendo da disponibilidade do mesmo e da urgência do serviço.

Vale ressaltar que 11 lojas possuem um ourives em suas instalações. Esse funcionário é utilizado para muitos serviços solicitados na loja em que trabalha. Entretanto, ainda assim essas lojas continuam mandando serviços para o **SU**. Isso ocorre principalmente pelos seguintes motivos: falta de matéria-prima (na absoluta maioria dos casos, pedras), falta de equipamento, desconhecimento do processo produtivo, ou até mesmo por indisponibilidade de tempo.

Por fim, existe outra maneira de um serviço chegar ao **SU**. Estes são serviços inadiáveis sob o ponto de vista do cliente, sendo então encaminhados diretamente para o **SU** por um dos funcionários da loja. Ao chegar na oficina, o mesmo é feito instantaneamente, enquanto quem o trouxe espera pela sua conclusão.

O fluxograma abaixo explicita todos os departamentos que interagem com o **SU**. Segue uma descrição sucinta das funções de cada departamento listado no trato com o **SU**, bem como do prazo que os mesmos tem para o cumprimento destas.

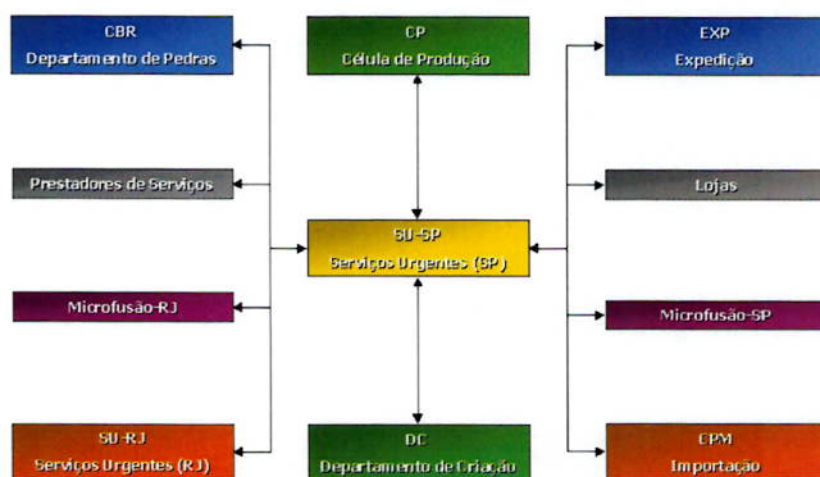


Figura 1.1: Departamentos ligados ao SU

Elaborada pelo autor

- ✓ **CBR** → responsável pela separação das pedras envolvidas em cada uma das ordens de serviço. Essas pedras ficam reservadas até a aprovação ou não do orçamento. O prazo para encontrar as pedras é de **2 dias úteis**. Caso as pedras não existam em estoque, são solicitadas a um lapidador, constituindo assim um serviço externo.
- ✓ **Prestadores de Serviço** → São empresas que realizam serviços para a H Stern. Esses serviços podem ter caráter mais simples, como a reenfição de pérolas (prazo de **3 dias úteis**), ou demandarem mais trabalho, como a procura por uma pedra bruta que tenha aspecto igual ao da jóia do cliente, e sua posterior lapidação (prazo de **15 dias úteis**).
- ✓ **Microfusão (RJ)** → Alguns componentes de uma jóia, senão ela inteira, podem ser fundidos e injetados com auxílio de moldes de cêra, poupando-se assim a mão-de-obra dos ourives. Eles são feitos a partir de uma fôrma de borracha, originalmente construída com base em um protótipo feito em prata da jóia. Por ser um processo trabalhoso, só é feito quando o tempo a ser economizado com a fundição justifica o procedimento. Após confeccionadas, essas borrachas são guardadas para posteriores fabricações e ou consertos realizados pelo **SU**. O prazo dado para o setor concluir o que lhe fora solicitado, que é enviar os componentes de fundição (as peças avulsas, já fundidas) é de **7 dias úteis**, no qual já está incluso o tempo de transporte até a oficina em São Paulo.
- ✓ **Microfusão (SP)** → Tem as mesmas funções que o setor equivalente no Rio de Janeiro. Entretanto, a **Microfusão (SP)** é acionada em casos de confecção de uma fôrma de borracha (a ser utilizada em uma encomenda do **SU**), ou para fundir com base em algum molde pré-existente (já utilizado em alguma outra fabricação). Já a microfusão (RJ) apenas se utiliza das fôrmas já construídas. Perceba que, sob a perspectiva do **SU-RJ**, a microfusão (RJ) tem as mesmas funções do que as de São Paulo. O prazo agora é de **3 dias úteis**, por não necessitar de transporte.
- ✓ **SU-RJ** → A oficina do Rio de Janeiro tem as mesmas atribuições do que o **SU-SP**. Serviços que em tese são da região assistida por São Paulo só são enviados para o Rio de Janeiro em caso de sobrecarga da mão-de-obra local (seja por algum evento, como o *Trunk Show*, ou por flutuações de demanda). Neste caso, o prazo dado varia conforme o tipo de serviço solicitado, sendo o **mesmo prazo** dado pelo **SU-SP**, acrescido de **2 dias úteis** para o transporte das jóias solicitadas.
- ✓ **CP** → Responsável pelo fornecimento de metal para o **SU-SP**. Também é fonte de mão-de-obra no caso de saturação do **SU-SP**. O fornecimento do metal é imediato.
- ✓ **DC** → responsável pelo projeto das jóias. Todas as fabricações (e também reparos que exijam alguma alteração na estrutura da jóia) passam pela mão dos projetistas, que

definem como o serviço será executado, além de fornecer os desenhos técnicos para tanto. Eles também confeccionam os orçamentos das fabricações em questão. O prazo para concluir seus serviços é de **10 dias úteis**.

- ✓ **Expedição** → responsável pelos transportes executados pela empresa, seja entre RJ-SP ou interdepartamental. As mercadorias seguem em veículo blindado de uma empresa de segurança. O tempo de transporte, quando necessário, já está incluído nos prazos dados para cada um dos setores descritos acima. A expedição apenas realiza a intermediação dos envios, por isso não tem prazo a cumprir a não ser seguir os horários preestabelecidos.
- ✓ **Lojas** → realizam a intermediação entre o cliente e a empresa. O cliente solicita um serviço na loja, e esta realiza um confronto entre o que foi solicitado e suas capacidades. A partir de então, ou a loja encaminha os serviços para o **SU**, ou os mesmos serão executados na própria, conforme já colocado. O prazo para serviços executados em loja é o mesmo que o calculado para o **SU**, excluindo-se dois dias para o transporte de ida e de volta.
- ✓ **CPM** → responsável pela exportação das jóias. Realiza os trâmites necessários para enviar as mercadorias para fora do país (para tanto, as peças devem ser enviadas ao **CPM** com pelo menos 10 dias de antecedência). Vale ressaltar que a empresa possui os chamados agentes de serviço, que realizam consertos mais simples nos países de origem do cliente. Entretanto, confecções de jóias e consertos mais elaborados são realizados no Brasil. O **CPM** não tem prazo para cumprir suas atribuições, apenas segue um calendário de exportações, devendo os setores interessados se adequar a ele. Em média, as importações seguem a periodicidade de: **14 dias** para os Estados Unidos, **21 dias** para países da Europa e Israel e **28 dias** para demais países da América.
- ✓ **SU-SP** → setor estudado neste trabalho. Suas atribuições são as de realizar consertos e confeccionar novas jóias segundo o desejo do cliente, contanto que estas não descaracterizem peças originais da empresa, e nem sejam cópias de jóias de empresas concorrentes. Sua estrutura foi descrita acima, e os prazos dos serviços realizados no setor variam com o tipo de tarefa a ser executado, e é será uma das conclusões deste trabalho.

O próximo passo é o encadeamento dos processos anteriormente descritos, desde a solicitação de um serviço pelo cliente, até sua conclusão. O fluxograma seguinte apresenta a sequência dos departamentos segundo as possíveis lógicas. Os círculos coloridos indicam a junção entre as diversas partes, no final é apresentada uma visão global do fluxograma.

Fluxograma 1:

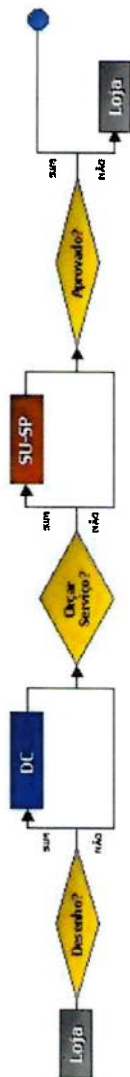


Figura 1.2: Fluxo das ordens de serviços (Parte I)

Elaborada pelo autor

Fluxograma 2:

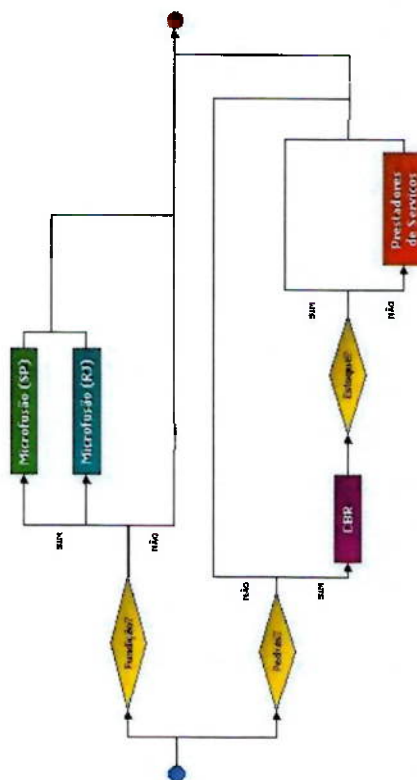
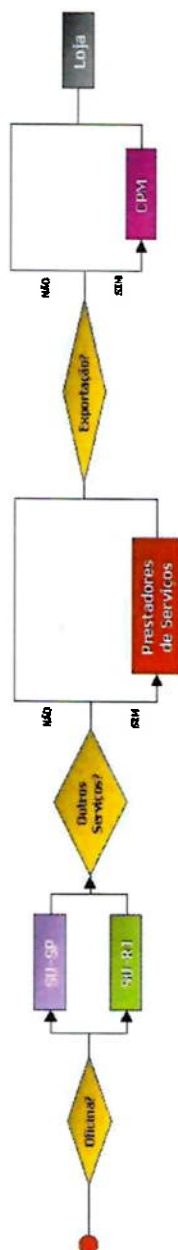


Figura 1.3: Fluxo das ordens de serviços (Parte II)

Elaborada pelo autor

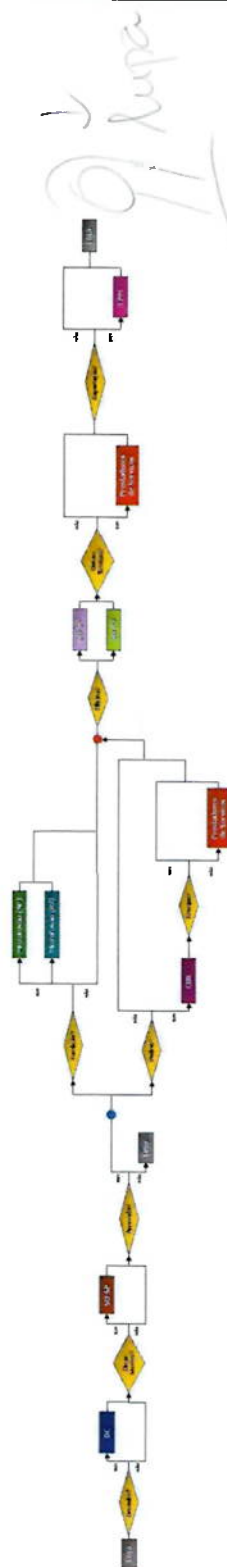
### Fluxograma 3:



**Figura 1.4: Fluxo das ordens de serviços (Parte III)**

**Elaborada pelo autor**

## Fluxograma 4:



**Figura 1.5: Fluxo das ordens de serviços (Parte IV)**

**Elaborada pelo autor**

Note o ponto de junção em azul, que liga o **Fluxograma 1** ao **Fluxograma 2** (à direita), e o ponto de junção em vermelho (no centro), ligando o **Fluxograma 2** ao **Fluxograma 3**.

Os fluxogramas acima representam, de forma simplificada, a sequência dos processos dentro da cadeia produtiva do **SU**. Todos os departamentos envolvidos, à exceção do próprio **SU**, têm tempos bem definidos para concluir suas funções, ou então obedecem a um calendário previamente definido, tendo os outros setores que se adaptar a este.

A situação do **SU**, hoje, é a seguinte:

1. A variedade de prazos é dada conforme o tipo de serviço (conserto e fabricação), a necessidade ou não de desenhos, e o fato de ser ou não praça fora, totalizando 10 variações (algumas repetidas) apresentadas na tabela a seguir. Não se utilizam prazos individuais segundo o serviço a ser executado.

| Tabela dos Prazos Atuais de Serviços Executados pelo SU |                       |                       |               |                   |                            |
|---------------------------------------------------------|-----------------------|-----------------------|---------------|-------------------|----------------------------|
| Local                                                   | Orçamento sem Desenho | Orçamento com Desenho | Consertos     | Fabricação Gerais | Fabricação Coleção Mundial |
| SP                                                      | 15 dias úteis         | 15 dias úteis         | 15 dias úteis | 30 dias úteis     | 60 dias úteis              |
| Filiais Fora                                            | 30 dias úteis         | 20 dias úteis         | 30 dias úteis | 40 dias úteis     | 60 dias úteis              |

Tabela 1.2: Prazos praticados pelo SU

Elaborada pelo autor

2. Esses prazos foram definidos há muito tempo, estando defasados devido, principalmente, à alterações no quadro de funcionários da oficina, mas também à mudança de alguns processos.
3. Os prazos são inflexíveis. Ou seja, não levam em conta o tamanho da fila, impossibilitando assim o cumprimento dos tempos prometidos.
4. Os orçamentos possuem custos definidos com certeza (pedras, cravação, polimento, entre outros), e aqueles nos quais imperam a incerteza (peso do metal, e a ourivesaria). No último caso, a variação é muito grande pois depende da destreza e experiência do artesão.

Em função da inadequação dos prazos se questionou todo o processo dentro do **SU**. Some-se a isso a unificação dos critérios para a confecção de orçamentos, e percebeu-se que a implementação de um sistema de planejamento, programação e controle da produção alcançaria o objetivo da empresa (agregar um serviço a sua *homepage*).

Mais do que isso, o sistema permitiria um gerenciamento como nunca fora feito, adequando-se os prazos à real capacidade da oficina, e também uniformizando os critérios para a confecção de orçamentos. Assim, a proposta deste trabalho é a de criar o sistema de planejamento e questão, o que pode ser conferido ao longo deste.

### 1.7. Área de Atuação do Trabalho

Após tudo o que foi exposto, pode-se concluir de antemão quais são os ramos de estudo abraçados por este trabalho.

Primeiramente o trabalho é altamente voltado ao planejamento, programação e controle da produção. Trata-se da criação de um sistema de hipóteses, que servirá de vetor para a execução dos serviços que chegam à oficina do **Serviços Urgentes** da H Stern. Tal conjunto de regras visa, senão chegar ao desempenho ótimo da oficina, pelo menos torná-lo o mais eficiente possível, segundo as metas a serem alcançadas. Desta forma, as linhas mestras do trabalho tratarão, predominantemente, de PPCP.

Como a engenharia de produção abrange um espectro muito grande de disciplinas, é insensato pensar que o trabalho ater-se-á unicamente a PPCP. A simulação do sistema aqui proposto só pode ser levada a cabo se algumas das hipóteses levantadas sofrerem um tratamento estatístico. Por mais que simplificações sejam feitas para tornar determinístico um problema estocástico – por facilidade de trato – necessita-se da estatística para se afirmar e garantir algumas das assunções. Pouco provável existir um trabalho de engenharia de produção que não faz uso da ferramenta estatística.

Não obstante este trabalho tratar de um ambiente por vezes probabilístico, ele ainda trata de uma atmosfera, acima de tudo, humana. Há a predominância do trabalho, sujeito a uma alta variabilidade inerente ao humor e a disponibilidades do ser humano. Desta forma, muita análise deste trabalho faz uso da teoria de tempos e métodos, principalmente no tocante de aferições de tempos-padrão.

Como resultado da mescla entre PPCP, estatística e tempos e métodos, pretende-se chegar ao detalhamento do sistema ao qual se propôs este trabalho. Mas antes de instaurar o sistema, é necessário averiguar seu funcionamento através de simulações. Para tanto, o direcionamento deste trabalho foi para simulações, matéria exaustivamente tratada por tempos e métodos e também em aplicações de pesquisa operacional.

Frente a tudo isso, uma conclusão salta aos olhos: a de que este é, sem dúvida alguma, um trabalho de engenharia de produção.

## 2. O Projeto

### 2.1. Conceituação Teórica

Antes de classificar o sistema de produção do **SU**, serão introduzidos alguns conceitos de planejamento e programação da produção, pertinentes ao caso estudado.

A ótica do planejamento da produção obedece a uma hierarquia, a qual compreende decisões das mais variadas categorias. As decisões são feitas sequencialmente, baseadas em níveis agregados das variáveis de produção (produtos, recursos produtivos humanos, roteiros, tempos, demanda, entre outros). Quanto mais se avança na hierarquia do planejamento, maior é o detalhamento necessário. Em contrapartida, menor é o horizonte de planejamento.



Figura 2.1: Horizonte de Planejamento

Adaptada de [10] – SANTORO (2000)

No tocante do processo produtivo, ele pode ser enquadrado em uma das classificações apresentadas na tabela abaixo:

| Tipo                         | Subtipos                                  |
|------------------------------|-------------------------------------------|
| <b>Estoque Puro</b>          |                                           |
| <b>Produção Contínua</b>     | <i>Pura</i><br><i>Com Diferenciação</i>   |
| <b>Produção Intermitente</b> | <i>Repetitiva</i><br><i>Sob Encomenda</i> |
| <b>Grandes Projetos</b>      |                                           |

Tabela 2.1: Processos Produtivos

Adaptada de [10] – SANTORO (2000)

A atenção deste trabalho está voltada para sistemas de produção intermitentes sob encomenda, como é o caso da oficina de manutenção de jóias da H Stern. É clara a

classificação do **SU** segundo esse sistema de produção. Nele, as máquinas são utilizadas em uma grande diversidade de produtos, os quais são processados individualmente ou por lotes, seguindo uma demanda conhecida ou não.

Num ambiente de produção intermitente, geralmente os problemas se referem a seqüenciação das operações. Para se definir seqüenciação, é necessário apresentar antes alguns conceitos relativos ao termo:

- **Operação** → É uma tarefa elementar a ser realizada. São associados três atributos a uma operação: ela pertence a um roteiro, é relacionada a uma determinada máquina, e possui um tempo de processamento junto dessa máquina.
- **Roteiro** → É um conjunto de operações relacionadas por restrições de precedência, estas derivadas de restrições tecnológicas. Os roteiros determinam quais as operações que serão executadas, sendo eles definidos segundo a família de produtos a que pertencem.
- **Máquina** → É um equipamento, dispositivo ou facilidade capaz de executar uma operação.

**Seqüenciação é a ordenação das operações nas máquinas, seguindo sempre o roteiro estabelecido, além de outras possíveis restrições.**

Em casos de sistemas de produção intermitente, também é útil definir mais duas classificações, apresentadas por HAX (1984), em [4]. A primeira delas é a de Células de Produção Abertas (*Open Job Shop*), no qual todos os produtos são feitos sob medida, e normalmente não se utilizam estoques. Nesse caso, as previsões que conduzem o planejamento agregado são feitas levando-se em conta a utilização dos recursos produtivos, máquinas ou mão-de-obra. Como não se produz para estocagem, a ênfase desse sistema é na prontidão dos recursos produtivos em responder quando solicitados. Tão logo as ordens de serviço chegam no sistema, a seqüenciação tenta acomodá-las dentro das capacidades dos diversos centros produtivos, sempre seguindo o roteiro estabelecido.

Entretanto, sistemas *Open Job Shop* também podem funcionar de outra forma, que é negociando a data de entrega, permitindo assim que a taxa de ordens de serviço que deixa o sistema seja equiparável à capacidade do mesmo.

A outra classificação é a de Células de Produção Fechadas (*Closed Job Shop*), que se caracteriza principalmente pela existência de estoques para o fornecimento imediato de produtos. Neste caso, o planejamento agregado é definido em função dos tipos de produtos. Atente ao fato que unidades de produtos são apenas abstrações, já que o que realmente é produzido são componentes destes produtos. Justamente por isso, é necessário desagregar o planejamento em lotes de fabricação desses itens. Assim, cada lote de produtos iguais define um roteiro de operações que serão seqüenciadas.

Uma ressalva quanto às técnicas de desagregação diz respeito à necessidade dos itens componentes de um produto serem produzidos ou estocados proporcionalmente ao montante dos  $n$  produtos que serão montados. Do contrário, há o risco de criar um gargalo produtivo por falta de inventário de uma das peças.

Por fim, nos casos mais gerais de produção intermitente pode-se dizer que existem  $m$  máquinas, nas quais um determinado número de operações será processado. Cada uma dessas ordens de produção será encomendada ao chão de fábrica em momentos conhecidos ou não, tendo roteiros, datas de entrega, e outros atributos previamente estipulados. O problema se resume na definição de um plano de produção que otimize a performance do sistema.

#### **2.1.1. A Abordagem das Células de Produção**

Células de produção compreendem máquinas, as quais executam uma seqüência de operações pré-definidas, que formam um roteiro de produção. Tais sistemas estão sujeitos a restrições interdependentes, sejam elas de caráter tecnológico ou de recursos produtivos.

Em função disso, a otimização da utilização dos recursos produtivos em questão é feita através da análise combinatória das diversas soluções possíveis. Dessa propriedade advém a dificuldade intrínseca aos problemas de seqüenciação. Encontrar soluções ótimas para tais problemas é extremamente complicado, dado a sua natureza combinatória. Em alguns casos é melhor procurar por boas soluções possíveis – fato conhecido por heurística – a despendar muito tempo na procura de algoritmos – nem sempre existentes – que podem conduzir a soluções ótimas.

A literatura especializada sobre seqüenciação é vasta, e abrange diversos modelos, que vão desde os de uma máquina por célula, até o mais geral dos casos, o de  $m$  máquinas. As assunções e restrições impostas variam a cada caso, porém algumas delas são mais comuns, como as apresentadas por HAX (1984), em [4]:

1. As máquinas estão sempre disponíveis para o trabalho. Não há a consideração quanto a turnos, feriados, paradas para manutenção e quebras.
2. Os Roteiros são seqüências fixas de operações. Não existe a possibilidade de alteração dessa ordem.
3. Só existe uma máquina de cada tipo no chão de fábrica.
4. As máquinas não são intercambiáveis, o que significa que cada operação é executada por uma delas, apenas.
5. Há a predileção por operações já iniciadas, ou seja, não é possível parar uma operação antes dela terminar dando preferência à outra operação.
6. Não se é permitido a sobreposição de operações. Isso significa que para iniciar a etapa que se sucede no roteiro, é necessário ter terminado todas as operações predecessoras.
7. Uma máquina é capaz de processar apenas uma operação por vez.
8. Existe apenas uma restrição no chão de fábrica, que é quanto às máquinas. Mão-de-obra, ferramentas, matéria-prima, entre outras coisas, são todas suficientes para a produção.

Embora o sistema descrito acima seja uma simplificação da maioria dos casos reais de células de produção, investigações criteriosas podem levar a importantes percepções que conduzirão a simplificações do modelo de seqüenciação. Afrouxar algumas características do sistema pode ser interessante em vista de se diminuir a complexidade do modelo a ser utilizado.

Antes de caracterizar a célula de produção do **SU**, algumas observações devem ser feitas. Essas considerações são apresentadas a seguir.

#### **2.1.1.1 Natureza das Chegadas de Pedidos**

A chegada dos serviços à célula de manufatura pode ser classificada segundo dois tipos, estática ou dinâmica. No primeiro caso, todas as encomendas chegam simultaneamente, em um momento conhecido. Nenhuma outra encomenda é feita até que se termine o horizonte estipulado para tais chegadas.

O segundo caso é o que ocorre com a maioria dos ambientes fabris. Nele, novas ordens de serviço adentram o chão de fábrica periodicamente.

### **2.1.1.2 Natureza das Saídas**

Uma célula de produção determinística tem todos os seus atributos fixados e conhecidos de antemão. O problema de seqüenciação se resume, então, à programação de cada operação, associando a elas o momento exato de seu início, junto dos respectivos tempos de processamento.

Já no caso probabilístico, os tempos de processamento são variáveis aleatórias descritas por distribuições probabilísticas conhecidas, tornando-se assim um problema de filas.

### **2.1.1.3 Configuração da Célula de Manufatura**

A configuração mais simples compreende apenas uma máquina. Cada roteiro é constituído por apenas uma operação. Ressalta-se que não é obrigatório que as operações sejam iguais para todos os itens produzidos, bem como os tempos de processamento. Nesse caso, a seqüenciação nada mais é do que a determinação da ordem de processamento dos pedidos.

Existem outras configurações mais complexas de células de produção, as quais compreendem um número  $m > 1$  de máquinas. Neste caso, são três as opções possíveis:

- Máquinas em Paralelo → Este caso pode ser considerado uma extensão do de uma máquina, já que os roteiros permanecem com apenas uma operação. Existem  $m$  máquinas, sendo indiferente em qual serão executadas as operações. Vale a mesma observação feita anteriormente, de que não necessariamente as máquinas, as operações e os tempos de processamento são iguais.
- Flow Shop → Os roteiros consistem de uma seqüência ordenada e estrita de operações. Todas as movimentações entre as máquinas devem seguir uma única seqüência. Uma ressalva é que não obrigatoriamente todos os itens a serem processados devem passar por todas as  $m$  máquinas. Além disso, não necessariamente todos os itens começam a ser processados na mesma máquina  $m$ , fato que pode ser estendido para o término do roteiro, que também pode não ser na mesma máquina.

Descreve-se um caso de célula de manufatura *Flow Shop* através de uma matriz, como a apresentada a seguir:

|     |            | PARA:      |            |            |            |       |
|-----|------------|------------|------------|------------|------------|-------|
|     |            | Máquina 01 | Máquina 02 | Máquina 03 | Máquina 04 | Saída |
| DE: | Entrada    | 0,5        | 0,3        | –          | 0,2        | –     |
|     | Máquina 01 |            | 0,7        | 0,2        | –          | 0,1   |
|     | Máquina 02 |            |            | 0,3        | 0,2        | 0,5   |
|     | Máquina 03 |            |            |            | 0,6        | 0,4   |
|     | Máquina 04 |            |            |            |            | 1,0   |

Tabela 2.2: Matriz de um *Flow Shop*

Adaptada de [4] – HAX (1984)

Os roteiros seguem uma seqüência obrigatória, indo de uma máquina  $j$  para uma máquina  $k$  (onde  $k > j$ ), por isso que a metade inferior à diagonal da matriz se encontra vazia. Os valores inseridos nas células da matriz representam a fração dos pedidos transferidos da máquina  $j$  para a máquina  $k$ . Valores nulos significam que não existe o fluxo entre as máquinas em questão.

- *Job Shop* → É o mais complexo dos casos. Nele, não há seqüência obrigatória para as operações do roteiro. Sendo este o caso mais geral, nada proíbe que um item em processamento retorne para uma determinada máquina, na qual ele já fora processado. Entretanto, assume-se que cada roteiro tem exatamente o número de operações igual ao de máquinas, ou seja, só passa pelas máquinas uma vez. Aqui vale uma observação: é costume assinalar tempo nulo para as máquinas não utilizadas pelo roteiro.

Os itens podem circular livremente pelas  $m$  máquinas, conforme representado pela matriz abaixo:

|     |            | PARA:      |            |            |            |       |
|-----|------------|------------|------------|------------|------------|-------|
|     |            | Máquina 01 | Máquina 02 | Máquina 03 | Máquina 04 | Saída |
| DE: | Entrada    | 0,5        | 0,3        | –          | 0,2        | –     |
|     | Máquina 01 |            | 0,7        | 0,2        | –          | 0,1   |
|     | Máquina 02 | 0,2        |            | 0,3        | 0,2        | 0,3   |
|     | Máquina 03 | 0,7        | 0,1        |            | 0,2        | –     |
|     | Máquina 04 | 0,1        | 0,3        | 0,4        |            | 0,2   |

Tabela 2.3: Matriz de um *Job Shop*

Adaptada de [4] – HAX (1984)

#### 2.1.1.4 Critérios de Otimização

É costume dos modelos de otimização utilizarem-se do custo como critério a ser otimizado. Entretanto, problemas seqüenciação podem ter um foco diferente deste. Geralmente, prefere-se utilizar critérios relativos a índices de performance.

Antes de prosseguir, é apresentada a notação utilizada.

$i$  = índice do produto

$j$  = índice da operação

$o_i$  = número de operações do roteiro  $i$

$k$  = índice da máquina ( $k = 1, \dots, m$ )

$a_i$  = entrada do produto  $i$  no sistema de produção

$d_i$  = data prometida para a entrega do produto  $i$

$p$  = tempo de processamento

#### ✓ *Índices de performance relacionados aos produtos*

Uma das principais metas industriais é atender aos pedidos até a data prometida. Essa preocupação é uma das responsáveis por garantir e manter vantagens competitivas.

Chamando o tempo para a finalização de um produto por  $C_i$  e o tempo decorrido entre a chegada do pedido e o término do seu processamento de  $F_i$ , tem-se que:

$$F_i = C_i - a_i$$

O processamento de um item pelo chão de fábrica pode ser dividido em duas parcelas. Uma é o tempo de processamento  $p_i$  e a outra é o tempo de espera  $W_i$ , assim:

$$F_i = C_i - a_i = W_i + p_i$$

Em geral, o tempo de processamento representa uma pequena parcela do total, visto que na maior parte do tempo os itens encontram-se em espera por processamento.

Considerando a data prometida para entrega, têm-se os possíveis casos, chamados de *Lateness*, que é dado por:

$$L_i = C_i - d_i$$

Não entender por *Lateness* apenas atraso, mas sim o desvio dos tempos para o processamento completo do item. Assim:

- $C < d \rightarrow$  Entrega antecipada (sua ocorrência é desinteressante, pois não há benefícios diretos associados a ela);
- $C = d \rightarrow$  Entrega pontual;
- $C > d \rightarrow$  Entrega atrasada. A qualidade de estar de fato atrasado, bem como sua quantificação, recebem o nome de *Tardiness*.

Em uma célula de manufatura, todos os pedidos têm valores definidos para cada uma das variáveis descritas acima. Visando caracterizar a célula como um todo, esses valores individuais são agrupados em alguma medida – como é o caso de média, valores máximos ou mínimos, variância e desvio-padrão – de algum indicador de performance – como o tempo que o pedido leva para sua confecção, os atrasos *Lateness* e *Tardiness* máximos, ou o tempo para o término do processamento dos itens. A programação que otimiza uma dessas medidas é tida como ótima em relação a ela mesma. Caso os pedidos tenham importâncias diferentes para a empresa, é comum assinalar-se pesos para cada um deles.

Por fim, existe outro medidor de performance comumente utilizado em problemas de seqüenciação, chamado de *makespan*, que é o tempo necessário para completar **todos** os itens que se encontram no chão de fábrica. No caso de todos os produtos estarem disponíveis para processamento simultaneamente, o valor do *makespan* é dado por:

$$M = F_{\max} = \max F_i$$

✓ ***Índices de performance relacionados à célula de produção***

Um dos principais índices de performance das células de manufatura é o grau de congestionamento do chão de fábrica. Há uma preocupação elevada quanto a isso, visto que uma grande quantidade de pedidos pendentes significa um grande estoque de itens em processamento, e geralmente traduz um ambiente no qual os tempos de processamento são longos e a qualidade do serviço insuficiente.

Em geral, as decisões de seqüenciação afetam os seguintes parâmetros:

- nível do estoque de produtos em processamento (e por conseqüência, o custo de armazenagem);

- conclusão dos pedidos dentro do tempo prometido (portanto, um aumento da qualidade do serviço e da competitividade no mercado);
- custos agregados oriundos da utilização eficiente ou ineficiente da capacidade existente (a intensificação da utilização da capacidade cria espaço para que mais pedidos sejam processados, havendo uma redução dos custos de processamento de cada unidade do produto). Também se diminui o tempo de resposta do sistema, reduzindo assim as necessidades de volumosos estoques de produtos prontos ou semi-acabados, bem como a de sub-contratação de mão-de-obra e turnos extras.

## 2.2. Enquadramento da Teoria no SU

Findo o processo de conceituação teórica, inicia-se caracterização do **Serviços Urgentes** dentro da teoria apresentada.

Acredita-se ser clara a classificação do **SU** como um sistema de produção intermitente sob encomenda, visto que lá se processam os itens segundo ordens de serviço originadas segundo a demanda dos clientes, as quais compreendem pedidos por conserto ou fabricação. Mesmo assim, apresenta-se a tabela abaixo, a qual acredita-se ser muito útil para auxiliar na tarefa de associar a **SU** a uma determinada classe de processo produtivo. Uma análise criteriosa da mesma permite apontar as diferenças entre os diversos sistemas.

| Característica                            | TIPO DE PROCESSO / INDÚSTRIA |                                   |                                          |                                  |
|-------------------------------------------|------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------------|----------------------------------|
|                                           | Célula de Produção           | Lotes                             | Linha de Montagem                        | Processo Contínuo                |
| Número de consumidores                    | Muitos                       | Muitos, porém menos               | Médio                                    | Poucos                           |
| Número de Produtos                        | Muitos                       | Menos                             | Muito Menos                              | Poucos                           |
| Diferenciação dos Produtos                | Personalizados               | Menos Personalizados              | Pouco Padronizados                       | Padronizados                     |
| Características do Marketing              | Características              | Qualidade                         | Disponibilidade                          | Preço                            |
| Famílias de Produtos                      | Pouca Preocupação            | Alguma Preocupação                | Alguma Preocupação                       | Principal Preocupação            |
| Agregação de Dados                        | Difícil                      | Menos Difícil                     | Menos Difícil                            | Mais Fácil                       |
| Subprodutos                               | Poucos                       | Poucos                            | Poucos                                   | Alguns                           |
| Necessidade de Rastreamento               | Pouca                        | Intermediária                     | Pouca                                    | Alta                             |
| Necessidade de Materiais                  | Difícil Prever               | Mais previsível                   | Previsível                               | Muito Previsível                 |
| Controle sobre os Fornecedores            | Baixo                        | Moderado                          | Alto                                     | Muito Alto                       |
| Inventários                               |                              |                                   |                                          |                                  |
| Matéria-prima                             | Baixo                        | Moderado                          | Variado                                  | Alto                             |
| Produtos não-acabados                     | Alto                         | Moderado                          | Baixo                                    | Muito Baixo                      |
| Produtos Acabados                         | Inexistente                  | Variado                           | Alto                                     | Muito Alto                       |
| Responsabilidade do Controle da Qualidade | Mão-de-obra Direta           | Variada                           | Especialistas                            | Controle do Processo             |
| Necessidade de Informações                | Alta                         | Variada                           | Moderada                                 | Baixa                            |
| Sequenciamento                            | Mudanças Frequentes          | Expedientes Frequentes            | Em estágio Avançado                      | Inflexível                       |
| Tamanho da Fábrica                        | Normalmente Pequeno          | Moderado                          | Normalmente Grande                       | Grande                           |
| Nível de Automação                        | Baixo                        | Intermediário                     | Baixo ou Alto                            | Alto                             |
| Variedade de Matéria-prima                | Normalmente Baixo            | Baixo                             | Alto                                     | Baixo                            |
| Gargalos                                  | Muitos e Variados            | Variados e Previsíveis            | Estacionários                            | Conhecidos                       |
| Velocidade (Unidades/dia)                 | Baixa                        | Moderada                          | Alta                                     | Muito Alta                       |
| Fluxo do Processo                         | Sem Padrão                   | Poucos Padrões                    | Padrões Rígidos                          | Inflexíveis                      |
| Tipo de Equipamentos                      | Uso Genérico                 | Especializados e Genéricos        | Especializados (Alta e Baixa Tecnologia) | Especializados (Alta Tecnologia) |
| Flexibilidade do Mix de Produção          | Alta                         | Intermediária                     | Relativamente Baixa                      | Baixa                            |
| Tempo de Processamento                    | Muito Pequeno                | Moderado                          | Longo                                    | Muito Longo                      |
| Definição da Capacidade                   | Confusa                      | Variada                           | Em Termos de Saídas                      | Em Termos Físicos                |
| Adição de Capacidade                      | Incremental                  | Variada                           | Por Partes                               | Por Partes                       |
| Natureza da Manutenção                    | Conforme Necessária          | Conforme Necessária ou Preventiva | Conforme Necessária                      | Fechamento                       |
| Uso de Energia                            | Baixo                        | Baixo ou Alto                     | Baixo                                    | Alto                             |
| Mudanças devido a Novos Produtos          | Incremental                  | Normalmente                       | Incremental ou Radical                   | Sempre Radical                   |

Tabela 2.4: Classes de Sistemas Produtivos

Adaptada de [6] – SILVER (1998)

Normalmente os pedidos, se não de uma única peça, compreendem uma quantidade baixa de itens a serem trabalhados. Entretanto, cada ordem de serviço não pode ser considerada um lote, visto que as peças listadas nas mesmas raramente são iguais. Assim, os lotes são constituídos em sua maioria por uma única unidade. Casos de lotes com mais de uma unidade a ser processada são comuns quando não se encontram mais as jóias em questão no estoque da empresa, ou quando são encomendadas jóias que não são do catálogo da H Stern. Um exemplo deste último caso é uma encomenda de broches institucionais de determinada empresa.

Indo-se além na classificação de um sistema intermitente de produção, afirma-se que o **SU** é um caso de célula de produção aberta (*Open Job Shop*). Entretanto, apesar da ênfase do **SU** ser a produção sob encomenda, ele também empresta sua capacidade (mão-de-obra e máquinas) para outros departamentos produtivos da empresa, em casos de ociosidade da mesma.

Como já descrito, uma célula de manufatura aberta deve trabalhar de duas formas. A primeira seria acomodando os pedidos de forma a atender as datas prometidas para a entrega de cada um deles – o que nem sempre será possível. A segunda seria prometendo datas para entrega dos pedidos segundo a fila previamente acumulada na oficina, no momento de registro do pedido.

Hoje o **SU** trabalha da primeira forma, que é a de fornecer prazos para suas atividades, enquadrando os em uma das classificações da tabela apresentada no item **1.6 – O SU (Serviços Urgentes)**. Entretanto, pretende-se alterar a metodologia de trabalho da oficina, passando agora a negociar as datas de entrega segundo a capacidade de processamento das ordens de serviço pelo sistema, otimizando o trabalho da oficina de forma a cumprir as datas prometidas.

Segundo ZEITHAML (1990) e a metodologia do SERVQUAL, desenvolvida por ele e apresentada em [5], um cliente analisa a prestação de um serviço segundo cinco critérios principais. Dentre eles, a dimensão de análise com principal participação na formação da opinião dos consumidores é a **confiabilidade** quanto ao serviço prestado, o que inclui desde o cumprimento das promessas realizadas no momento da venda do serviço, até o suporte pós-venda.

Confrontando as conclusões do SERVQUAL às percepções da H Stern, foi de consenso dentro da empresa que *é mais importante utilizar prazos maiores, porém confiáveis, do que prometer prazos curtos, que não são passíveis de cumprimento*. Em função disso a empresa opta por um sistema que prometa as datas segundo a ocupação de sua oficina, em detrimento

àqueles que reorganizam toda a produção em função de ordens de serviço com datas pré-fixadas.

Antes de prosseguir, há uma ressalva a ser feita em relação às máquinas. Por se tratar de um processo quase que totalmente artesanal, a produção de jóias carece de automação. Existem processos automatizados, como a fundição de metal nas células de micro-fusão. Entretanto, a maioria dos itens é processada manualmente pelos artesãos, sendo que as máquinas utilizadas devem ser encaradas, em sua imensa maioria, como se fossem ferramentas. Assim, os ourives, cravadores e polidores, em conjunto com suas ferramentas de trabalho, constituem as citadas máquinas.

Algumas hipóteses e restrições são mais usuais na literatura sobre Seqüenciação. Elas já foram apresentadas. Entretanto, algumas dessas assunções não são aplicáveis ao caso do **SU**. Segue, abaixo, a relação delas, junto de um comentário, referente a sua validade ou não.

**1. As máquinas estão sempre disponíveis para o trabalho. Não há a consideração quanto a turnos, feriados, paradas para manutenção e quebras.**

Essa é uma consideração complicada, visto que as máquinas são pessoas, e estão sujeitas a faltas (o que pode ser visto como manutenção). Entretanto, isso é contornável, a partir do momento que se associa à disponibilidade de mão-de-obra diária individual ao número de indivíduos que compareceram ao trabalho naquele dia. Também existem reuniões e balanços do desperdício de metal no setor bimestralmente, além dos feriados. Isso pode ser driblado de forma a prometer a conclusão dos serviços para o primeiro dia útil após a parada (só possível quando esta for programada).

**2. Os Roteiros são seqüências fixas de operações. Não existe a possibilidade de alteração dessa ordem.**

Após ter seu orçamento feito, o item a ser processado recebe um roteiro que é inalterado. Caso seja um item de orçamento pré-aprovado, seu roteiro é determinado antes dele entrar na oficina. Atenção para casos de retrabalho, o qual pode ser feito logo após a saída da jóia da máquina em questão (o que na verdade constituiria um prolongamento do tempo de processamento previsto para aquela máquina, visto que a jóia nem chega a passar para a próxima operação do roteiro). Outra forma de retrabalho é aquele que só tem sua necessidade sentida no curso do roteiro (como uma pedra que se desprende durante o polimento, por exemplo). Nesses casos, etapas têm de ser intercaladas no roteiro.

Via de regra, não há alteração dos roteiros, e quando isso ocorre, os tempos são, geralmente, pequenos e não atrapalham sensivelmente o desempenho da oficina. Nos

casos mais problemáticos, as peças nem chegam a sair da máquina em questão, devendo a correção ser feita instantaneamente.

**3. Só existe uma máquina de cada tipo no chão de fábrica.**

Como já foi mencionado, cada um dos departamentos envolvidos com o **SU** possui mais do que uma máquina de cada tipo. A fila de cada uma dessas "máquinas" pode ser considerada única, já a quantidade de máquinas ultrapassa a unidade.

**4. As máquinas não são intercambiáveis, o que significa que cada operação é executada por uma delas, apenas.**

Relembrar que o caso do **SU**, aqui estudado, trata por máquina os funcionários ligados diretamente às jóias. Como a maioria das aptidões é comum aos funcionários de cada setor, entende-se que as máquinas sejam intercambiáveis. Entretanto, opta-se por trabalhar de maneira que uma vez adentrado numa máquina específica, é nela que a jóia termina a operação em questão.

**5. Há a predileção por operações já iniciadas, ou seja, não é possível parar uma operação antes dela terminar dando preferência à outra operação.**

Operações são constantemente paradas para dar preferência a ordens de serviço com prazos menores. Em geral, estes casos mais urgentes são trazidos em pessoa pelos vendedores responsáveis. Pode-se alocar uma máquina de cada tipo para cuidar de casos urgentes, que realiza trabalhos convencionais em períodos de ociosidade, visando não criar – ou mesmo estreitar – possíveis gargalos. Entretanto, essas máquinas teriam que interromper os serviços normais, realizados durante a baixa demanda de casos especiais, para voltar a atender tais ocorrências consideradas urgentes, o que recai novamente no caso de predileção por algum serviço.

Vale uma observação quanto a primeira afirmação feita acima. As constantes chegadas de serviços urgentes referem-se a pequenos reparos, os quais tomam um tempo extremamente pequeno do artesão requisitado. Sabe-se que um agrupamento de tempos pequenos pode gerar um tempo razoavelmente grande, que atrasaria algumas das datas de entrega prometidas. Porém, esse suposto lote de tempo grande é formado por diversas operações de tempos pequenos, que na maioria das vezes podem ser encaixadas em intervalos de ociosidade do artesão.

**6. Não se é permitido a sobreposição de operações. Isso significa que para iniciar a etapa que se sucede no roteiro, é necessário ter terminado todas as operações predecessoras.**

Isso, de fato, não é possível. Algumas operações são seqüências lógicas de outras. Para exemplificar, uma pedra só pode ser cravada se o metal já foi preparado (algumas considerações sobre os tipos de cravação encontram-se no **Apêndice B**). Outras, apesar de não dependerem de nenhuma etapa anterior para serem feitas, perdem sua validade, como é o caso dos acabamentos realizados pelo polimento, ou mesmo dos adereços.

#### **7. Uma máquina é capaz de processar apenas uma operação por vez.**

Quando são operações simples, como troca de medida de alianças, um ourives tem a capacidade de executar muitas peças simultaneamente, aproveitando o que seria o tempo de *setup* de seus equipamentos (como a troca de brocas do motor de chicote, ou a mudança de alicate, ou mesmo a preparação e utilização da solda). Acontece que esses ganhos não são sensíveis para o desempenho da oficina, visto que esses tempos são reduzidos. Assim, considera que cada máquina processa uma operação por vez.

Realmente a única restrição do chão de fábrica é quanto às máquinas, que se confundem, no caso do **Serviços Urgentes**, com a mão-de-obra. As ferramentas são individuais para cada artesão, com exceção de algumas máquinas que ou possuem demanda razoavelmente baixa, ou envolvem tempos de processamento razoavelmente pequenos, não constituindo assim gargalos produtivos. Uma última consideração, quanto à matéria-prima, é que a mesma é abundante e não ocorrem casos de falta.

Continuando a caracterização da célula de produção do **Serviços Urgentes**, define-se mais algumas propriedades da unidade de produção em questão.

##### **2.2.1.1 Natureza das Chegadas de Pedidos**

Existem duas possibilidades a serem consideradas aqui. A primeira diz respeito à chegada de serviço dinâmica que se dá nas lojas da rede H Stern. Essas lojas recebem mercadorias durante todo o expediente, tendo cada uma delas uma demanda específica, caracterizando assim chegadas dinâmicas e probabilísticas.

A outra possibilidade a ser considerada é a de que as lojas reúnem todas as jóias recebidas no decorrer do dia, e as enviam num malote para o **SU** no dia seguinte. Assim, do ponto de vista da oficina, todas as jóias de determinada loja chegam juntas, bem como todos os malotes. Salvo exceções, como mercadorias trazidas pelos vendedores que tem caráter mais urgente, passando a frente de outros serviços da fila.

Desta forma, considerando o **SU** como o centro receptor das ordens de serviço, as chegadas são estáticas.

Para considerações quanto às chegadas de pedidos, consultar o **Apêndice E**.

### 2.2.1.2 Natureza das Saídas

Se for feita uma observação criteriosa da oficina, todas as saídas, sem exceção, são estocásticas. Entretanto, é possível tratar algumas das saídas como sendo determinísticas, ou ao menos como tendo comportamento probabilístico simplificado, sem que em ambos os casos haja perda de rigor. Maiores considerações sobre tempos de processamento podem ser encontradas nos apêndices.

O quadro abaixo resume as características das chegadas e das saídas do **Serviços Urgentes**:

| DESCRIÇÃO DOS CASOS SEGUNDO A NATUREZA DOS PEDIDOS |                                      |                                                                                                                                                       |
|----------------------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Natureza das Chegadas de Pedidos                   | Natureza dos Tempos de Processamento | Descrição do Caso                                                                                                                                     |
| Estática                                           | Determinística                       | $n$ pedidos chegam no instante $T = 0$ .<br>Todos os tempos de processamento conhecidos de antemão.                                                   |
| Estática                                           | Probabilística                       | $n$ pedidos chegam no instante $T = 0$ .<br>Tempos de processamento descritos por distribuições de probabilidade conhecidas.                          |
| Dinâmica & Determinística                          | Determinística                       | $n$ pedidos chegam em instantes $T = t_i$ conhecidos previamente.<br>Todos os tempos de processamento conhecidos de antemão.                          |
| Dinâmica & Determinística                          | Probabilística                       | $n$ pedidos chegam em instantes $T = t_i$ conhecidos previamente.<br>Tempos de processamento descritos por distribuições de probabilidade conhecidas. |
| Dinâmica & Probabilística                          | Determinística                       | Pedidos chegam continuamente segundo uma distribuição Poisson.<br>Todos os tempos de processamento conhecidos de antemão.                             |
| Dinâmica & Probabilística                          | Probabilística                       | Pedidos chegam continuamente segundo uma distribuição Poisson.<br>Tempos de processamento descritos por distribuições de probabilidade conhecidas.    |

Tabela 2.5: Natureza das Chegadas e Saídas

Adaptada de [4] – HAX (1984)

### 2.2.1.3 Configuração da Célula de Manufatura

O processamento de um item dentro do **SU** pode ser iniciado em qualquer uma de suas máquinas, conforme o roteiro do mesmo. Dentro da oficina, ele pode, ou não passar por todas as máquinas, além de existirem casos de itens que retornam para máquinas pelas quais já passaram.

Isso caracteriza um caso genérico de *Job Shop*. Vale ressaltar que os casos de refluxo – entender por refluxo a movimentação contrária ao sentido comum de processamento da jóia – podem ser tidos como raros.

Isso caracteriza um caso genérico de *Job Shop*. Vale ressaltar que os casos de refluxo – entender por refluxo a movimentação contrária ao sentido comum de processamento da jóia – podem ser tidos como raros.

Foi dito no capítulo anterior – *Conceituação Teórica* – que um caso de *Flow Shop* não permite o retorno de um item para uma máquina na qual já fora processado. Isso, porém, é verdade para a utilização de modelos matemáticos otimizadores e também de heurísticas, como os sugeridos por PINEDO (1995), em [8].

Apesar de nada impedir o enquadramento do **SU** como um caso geral de *Job Shop*, isso não será feito. O que se propõe neste trabalho é a implementação de um sistema de PPCP, que não deve ser necessariamente ótimo, porém funcional e fornecedor de uma solução boa para o problema de seqüenciação. Desta forma, proibir o retorno de itens a máquinas onde já foram processados é uma facilidade imposta, que não altera as hipóteses feitas anteriormente. Neste caso, as exceções receberão tratamento especial.

#### 2.2.1.4 Critérios de Otimização

O sistema de PPCP a ser utilizado pelo **Serviços Urgentes** aqui proposto não tem como objetivo encontrar soluções ótimas para o problema de seqüenciação, mas sim encontrar uma – dentre várias – solução boa.

Entretanto, mesmo não objetivando a solução ótima, o sistema deve ser guiado através de um critério de otimização. Estes são os mais variados, podendo envolver custos, critérios de performance, ou ambos. No caso do **SU**, o foco é quanto aos critérios de performance.

A variedade desses critérios é grande. Entretanto, segundo uma citação de HAX (1984), retirada de [4], a adoção de um desses critérios sob o ponto de vista empresarial é clara, enquanto que a pesquisa em seqüenciação ruma para objetivos diversos:

*"... a pesquisa voltada à seqüenciação não foi bem sucedida em encontrar procedimentos de otimização que atendessem a principal preocupação da indústria, que é cumprir as datas de entrega".*

O próprio autor ressalta que, se o objetivo da teoria de seqüenciação é ampliar a sua prática, as pesquisas deveriam se voltar ao desenvolvimento de algoritmos e heurísticas que acompanhassem os anseios industriais.

A partir do exposto, pode-se dizer que a meta empresarial é, mais do que otimizar a performance de sua oficina, ou talvez de reduzir os custos ao mínimo, é ser eficiente quanto à

Desta forma, qualquer que seja o critério de otimização a ser utilizado, ele deve se referir ao atraso. Pode-se minimizar unicamente o *Tardiness*, que é a qualidade de estar atrasado, ou também o *Lateness*. Minimizar este último é interessante na medida em que o *Tardiness* também seria minimizado. Todavia, isso acarreta em estreitar mais a relação entre as datas de entrega e prometidas do item (diminuição dos desvios entre as datas). O caso de redução do adiantamento não surte nenhum efeito significativo além de diminuir o congestionamento do chão-de-fábrica.

Para qualquer que seja o objetivo a ser atingido, existe uma regra de seqüenciação, chamada de regra de despacho (do inglês *Dispatching Rule*), a qual pode ser entendida como um critério para se iniciar o processamento dos itens, que oferece o melhor resultado. Em [8], PINEDO (1995) apresenta algumas das mais comuns, reproduzidas na tabela a seguir:

| Sigla                                                 | Definição                                                         |
|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| <b>SIRO</b> (Service In Random Order)                 | Seqüenciação em ordem aleatória                                   |
| <b>ERD</b> (Earliest Release Date First)              | Primeira a entrar, primeira a ser trabalhada                      |
| <b>EDD</b> (Earliest Due Date First)                  | Predileção pelos trabalhos com data de entrega mais próxima       |
| <b>MS</b> (Minimum Slack First)                       | Preferência dada a trabalhos com menor folga                      |
| <b>SPT</b> (Shortest Processing Time)                 | Predileção por trabalhos com o menor tempo de processamento       |
| <b>WSPT</b> (Weighted Shortest Processing Time)       | Melhor relação importância versus tempo de processamento          |
| <b>LPT</b> (Longest Processing Time)                  | Predileção por trabalhos com o maior tempo de processamento       |
| <b>SPT – LPT</b>                                      | Alterna-se entre as regras <b>SPT</b> e <b>LPT</b>                |
| <b>CP</b> (Critical Path)                             | Opta-se pelo caminho crítico de uma rede CPM ou PERT              |
| <b>LNS</b> (Largest Number of Successors First)       | Escolha de trabalhos com o maior número de operações restantes    |
| <b>SST</b> (Shortest Setup Time First)                | Preferência dada a trabalhos com o menor tempo de preparação      |
| <b>LFJ</b> (Least Flexible Job First)                 | Predileção por trabalhos com menor flexibilidade                  |
| <b>LAPT</b> (Longest Alternate Processing Time First) | Opta-se pelo maior tempo de processamento na máquina subsequente  |
| <b>SQ</b> (Shortest Queue First)                      | Trabalhos são encaminhados para a máquina com a menor fila        |
| <b>SQNO</b> (Shortest Queue at the Next Operation)    | Preferência pelo trabalho com a menor fila na máquina subsequente |

Tabela 2.6: Regras de Despacho mais comuns

Adaptada de [8] – PINEDO (1995)

Algumas das regras de despacho apresentadas na tabela anterior não são aplicáveis, seja por inadequação ao problema, ou por não surtir efeitos significativos. Dentre as restantes, e aplicáveis, ressalta-se duas regras e seus efeitos na seqüenciação:

- **SPT** – utilizada para minimizar o tempo que um item, no caso uma jóia, passa dentro da oficina.
- **EDD** – Minimiza ambos os atrasos, *Lateness* e *Tardiness* na conclusão dos serviços.

Nada impede que as regras de despacho sejam combinadas, por isso a combinação das duas regras mencionadas acima também deve ser levada em consideração. A utilização dessas regras aconteceria da seguinte forma:

*É dada prioridade às ordens de serviço que possuem a data prometida mais próxima (EDD). Como são muitos os serviços a serem concluídos diariamente, o critério utilizado para desempate seria o tempo de processamento dentro da ourivesaria (SPT-1) e no eventual caso de outro empate, a predileção é ela jóia com a menor quantidade de cravações, e conseqüentemente o menor tempo de processamento de cravação (SPT-2).*

A combinação dessas duas regras surtiria o efeito de se entregar a maior quantidade de ordens de serviços, das que foram prometidas para a data em questão.

Contudo, uma análise mais criteriosa do procedimento permite concluir que não necessariamente estaria sendo dada predileção à ordem de serviço mais urgente. Para perceber isso, basta comparar qual das duas opções seguintes seria mais urgente, se a de um item com um dia disponível para um processamento de alguns minutos, ou se a de outro item, o qual requer um dia e algumas horas de processamento, enquanto que possui apenas dois dias para a execução do serviço.

Desta forma, abdica-se da mescla entre as políticas de despacho supracitadas, dando predileção à regra conhecida por Mínima Folga Dinâmica (do inglês *Minimum Dynamic Slack First*, ou conforme a tabela de políticas de despacho, regra **MS**).

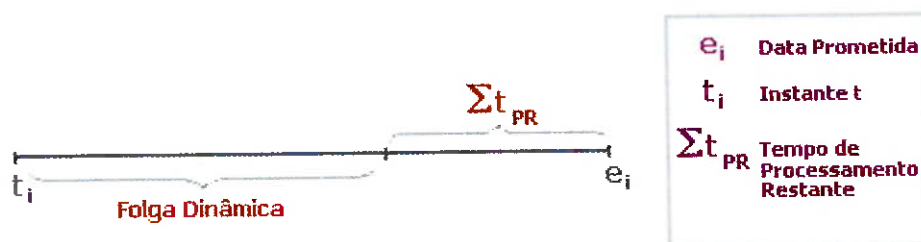


Figura 2.2: Ilustração da Regra de Despacho Folga Dinâmica

Elaborada pelo autor

Assim, ao ser livrada uma das máquinas do **SU**, a preferência será dada a ordem de serviço que possui a menor folga dinâmica, ou em outras palavras, àquela que apresenta maior risco de se atrasar, em vista de sua data prometida e do tempo de processamento restante.

Assim, ao ser livrada uma das máquinas do **SU**, a preferência será dada a ordem de serviço que possui a menor folga dinâmica, ou em outras palavras, àquela que apresenta maior risco de se atrasar, em vista de sua data prometida e do tempo de processamento restante.

A política de despacho aqui sugerida tem como intuito garantir a entrega do número máximo de ordens de serviço, minimizando o *Lateness*, o *Tardiness* e o *makespan*. Uma consequência óbvia, oriunda da política em questão, é a redução do congestionamento do chão-de-fábrica, já que a quantidade de itens terminados pela oficina é máxima, visto que ela dá preferência aos itens com menor tempo de processamento.

Deixa-se claro que não é grande preocupação quanto ao referido grau de congestionamento, pelo menos não no tocante do custo de armazenagem. Almeja-se a menor quantidade possível de itens na oficina, pois quanto menor o congestionamento melhor é a qualidade do serviço prestado.

:

## 2.3. Levantamento de Dados

### 2.3.1. Critério para a Definição das Famílias de Produtos

A definição de famílias de produtos para as jóias trabalhadas pelo **SU** é uma tarefa perturbadora. Isso porque a H Stern possui cerca de 100 linhas para enquadrar as suas mais de 2500 variedades de jóias.

Pode-se cogitar a separação das famílias em agrupamentos segundo o tipo de jóia. Entretanto, deve-se lembrar que uma mesma jóia pode sofrer uma gama variada de consertos. Em função dessa variedade de roteiros, não se pode dividir uma categoria simplesmente segundo o tipo de jóia, bem como não se pode estabelecer uma família de produtos unicamente segundo o critério Roteiro, por exemplo.

No momento em que se percebeu a necessidade de definir famílias de produtos para a montagem de um sistema de PPCP, estava em curso um estudo que propunha alterar a forma como eram feitos os orçamentos dos serviços prestados pelo **SU**.

Originalmente, o **SU** baseava seus orçamentos em duas etapas, a certa e a incerta. As etapas certas eram definidas por aquelas operações com tempos discretos e bem definidos, como os utilizados pelo setor de cravação. Em contrapartida, caso estes tempos fossem não tão bem definidos, como ocorre no acabamento, não haveria problema, visto que eles são sempre pequenos perto do tempo total de processamento, este constituído em sua maior parte pelos trabalhos da ourivesaria. Ambos os serviços de cravação e polimento têm seus custos estipulados pela quantidade e pelo tipo do serviço executado.

Já a etapa incerta na confecção de um orçamento se refere à ourivesaria. Na verdade, a dúvida reside em dois recursos, a quantidade de metal utilizada e o tempo de mão-de-obra gasto. Ambos os recursos mencionados devem ser inferidos quando se faz um orçamento. Entretanto, o gasto com metal se situa numa faixa melhor de acerto ( $\sigma_{\text{MÉDIO}}=0,314$ ) do que o tempo de mão-de-obra ( $\sigma_{\text{MÉDIO}}=0,372$ ). Sendo este fato indesejável tanto para a empresa, quanto para seus clientes, decidiu-se por alterar a forma de se fazer um orçamento.

O estudo em questão propunha que se deveria estimar unicamente o peso do metal a ser utilizado nos serviços, pois apresenta melhor precisão. Ao se definir a quantidade deste recurso, define-se automaticamente o tempo de ourivesaria a ser despendido no roteiro. O estudo de orçamentos supracitado pode ser acompanhado no **Apêndice A**.

Em função disso, a diferenciação entre as jóias – no tocante da ourivesaria – não ocorre por famílias discretizadas. Elas são determinadas continuamente conforme o peso do metal. Além disso, é inapropriado chamá-las de família até este ponto, já que para as constituir, é necessário ter definido todo o roteiro de produção. Até aqui, o serviço foi classificado segundo uma etapa do processo – a ourivesaria – apenas.

Não obrigatoriamente, mas normalmente, a segunda etapa do processo, a jóia segue para o setor de cravação. Lá, de forma geral, três atividades distintas podem ser executadas. Elas são cravações, descravações e revisões de pedras. Revisões só são feitas em casos de consertos, situações nas quais é um procedimento de praxe da empresa revisar as cravações mais antigas, e as ajustar, caso necessário. Descravações também só são feitas em jóias prontas, quando se troca uma pedra danificada por outra nova, ou ainda quando se adapta uma jóia ao gosto do cliente, e tal adaptação requeira a retirada da pedra. Já cravações podem ser feitas tanto em consertos quanto em fabricações.

Para qualquer uma das três funções exercidas pelos cravadores – cravação, descravação e revisão – a divisão é feita segundo 12 tipos distintos, o que pode ser melhor entendido no **Apêndice B**. Lá são apresentados os conceitos mais importantes sobre cravações, as descrições das mais utilizadas, e os tempos-padrão de cada um dos tipos.

Essa divisão em 12 agrupamentos não é aleatória. Ela é um agregado de critérios relevantes que determinam a dificuldade de uma cravação, e conseqüentemente o tempo de mão-de-obra consumido. Tais critérios são, em suma, a quilatagem, o tipo e a escassez da pedra, além é claro, do tipo de cravação.

Para continuar a definição de uma família de produtos, é necessário definir quantas cravações, descravações e revisões, e de qual tipo, serão realizadas. Essa também não é uma tarefa fácil, já que as variedades de jóias, tal como fora um fator perturbador para a análise da ourivesaria, também o é para as cravações. Para ilustrar esse comentário, uma jóia pode não possuir nenhuma ou apenas uma pedra cravada. Contudo, ela pode ter mais de 100 brilhantes cravados muito próximos (chamado de pavê). Além disso, uma mesma jóia pode possuir mais do que um tipo de cravação, principalmente se tiver pedras de durezas e lapidações muito diferentes, já que isso determina as condições e esforços aos quais elas podem ser submetidas.

A conclusão que se tira disso é a de que é impossível determinar um número preciso de famílias, e conseqüentemente disponibilizar os seus roteiros. O que se sugere aqui é que a definição do roteiro de processamento da jóia seja dinâmica. Isso significa que, ao invés de enquadrar uma jóia em uma família, monta-se uma família para a jóia. Será feito o processo inverso, ou seja, ao invés da jóia se adaptar a alguma família de produtos, a família de produtos se adaptará a jóia.

Um resultado óbvio disso é que o número de famílias tende a ser grande. Até casos de duas jóias do mesmo tipo, que demandam serviços diferentes, acabarão por pertencer a famílias distintas. Todavia, esse é justamente o motivo de se fazer esse tipo de divisão. Um fato que deve ficar claro é que, duas jóias idênticas que passam por serviços diferentes, podem ter seus tempos de processamento, até mesmo todo o roteiro. Por isso é difícil determinar roteiros segundo tipos de jóias.

Ao contrário do que parece, determinar os roteiros segundo o serviço também não surte efeitos. Pense agora em duas jóias completamente distintas, como uma que possui pedras por toda a sua volta, e outra que não possui nenhuma delas. Deseja-se alterar a medida de ambas. É claro que a que possui pedras por toda a sua volta consumirá um tempo maior para seu processamento.

Desta forma, conclui-se que o mais sensato é mesmo fazer como o sugerido. Explicando de outra forma: o primeiro passo para se confeccionar o orçamento do serviço é definir quanto tempo será gasto na ourivesaria. Para que isso seja feito com razoável precisão, basta estimar quanto de metal será movimentado pelo ourives. Assim, o tempo de ourivesaria surge da relação abaixo:

$$T_{OURIVESARIA} = \text{Peso do Metal} \times \text{Fator de Conversão}$$

Uma tabela com os fatores de conversão pode ser encontrada no estudo apresentado no **Apêndice A**.

Diz-se movimentado para a matéria-prima utilizada pelo ourives, pois existem serviços, primordialmente consertos, nos quais não se acrescenta metal a jóia, apenas se retira. Um exemplo disso é a troca de medida de uma aliança. Corta-se com um alicate parte do perímetro do anel, de forma que o mesmo, quando novamente soldado, atinja o tamanho determinado. Assim, utilizar-se-á a quantidade de metal movimentada.

O segundo passo é analisar o serviço sob a ótica do departamento de cravação. É preciso definir quantas cravações (sigla **CR**), descravações (sigla **DCR**), e revisões (sigla **RV**) – bem como os tipos – serão feitas em cada ordem de serviço. De posse dos números de **CR**, **DCR** e **RV**, pode-se determinar quanto tempo a jóia levará para que as atividades do setor de cravação sejam concluídas. Desta forma:

$$T_{CRAVAÇÃO} = \sum_{i=1}^{12} CR_i \times Tempo_i^{CR} + \sum_{i=1}^{12} DCR_i \times Tempo_i^{DCR} + \sum_{i=1}^{12} RV_i \times Tempo_i^{RV}$$

onde os índices têm o seguinte significado:

$i$  = índice do tipo de cravação, descravação ou revisão (consultar **Apêndice B**)

$CR_i$  = quantidade de cravações do tipo  $i$

$DCR_i$  = quantidade de descravações do tipo  $i$

$RV_i$  = quantidade de revisões do tipo  $i$

$Tempo_i^{CR}$  = tempo padrão da cravação do tipo  $i$

$Tempo_i^{DCR}$  = tempo padrão da descravação do tipo  $i$

$Tempo_i^{RV}$  = tempo padrão da revisão do tipo  $i$

A seqüência mais comum, porém não obrigatória, é a jóia passar para o setor de polimento. Existem cinco opções de serviços que podem ser executados no referido local. Todavia, adota-se como tempo-padrão para todos os cinco tipos de serviços aqueles definidos para as jóias quando sofrem polimento, explicado em maiores detalhes no **Apêndice C**.

Assim, para se determinar o tempo gasto no departamento de polimento, basta utilizar a relação abaixo:

$$T_{POLIMENTO} = n \times Tempo^{JÓIA}$$

onde os índices significam:

$n$  = quantidade de serviços executados pelo departamento (varia de 1 (um) – pois o polimento é sempre obrigatório na jóia – a 5 (cinco) que é o número máximo de acabamentos possíveis)

$Tempo^{JÓIA}$  = Tempo-padrão do tipo de jóia sendo trabalhado

Por fim, a última etapa do roteiro em questão é no departamento de acabamento. Esses acabamentos são caracterizados em sua maioria por serem processos físicos de transformação do metal, ao contrário dos realizados pelos polidores, que em sua maioria tem caráter químico. Justamente por isso são realizados pelos próprios ourives. O **Apêndice D** contém maiores considerações sobre tais serviços.

Os tempos-padrão para as atividades realizadas pelo setor de acabamento podem ser determinados tal como os tempos de ourivesaria, só que divididos por fatores adequados a cada tipo de acabamento. Desta forma:

$$T_{ACABAMENTO} = \sum_{i=1}^5 j \times \frac{\text{Peso do Metal} \times \text{Fator de Conversão}}{\text{Fator}_i}$$

Uma tabela com os fatores em questão, segundo o tipo de acabamento realizado, pode ser encontrada no estudo apresentado no **Apêndice D**.

onde os índices significam:

$i$  = índice do tipo de acabamento a ser realizado (consultar **Apêndice D**)

**Fator<sub>*i*</sub>** = fator de conversão do tempo total do ourives para o tempo do acabamento do tipo  $i$

$j$  = binário, que assume valor zero, caso o acabamento do tipo  $i$  não seja feito, ou o valor 1 (um) caso haja a necessidade do acabamento do tipo  $i$

Após a descrição das etapas de oficina, são apresentados alguns exemplos do processo de roteirização e posterior enquadramento da jóia em uma família de produtos. O código de cores utilizado é o seguinte:

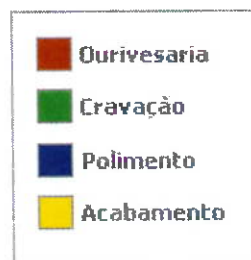


Figura 2.3: Legenda dos Departamentos

Elaborada pelo autor

Cada exemplo acompanha um gráfico como o abaixo, onde consta um resumo do roteiro. Os valores em cima dos quadrados representam o número e o tipo dos ciclos (NC) da jóia em determinado setor, e o valor abaixo dos quadrados mostra o tempo acumulado no setor em questão (TA). Caso a jóia não passe pelo setor em questão, o quadrado que o representa terá a cor cinza.

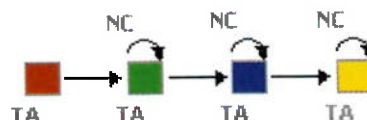


Figura 2.4: Roteirização dentro do SU

Elaborada pelo autor

| Exemplo I                                                                                  |                                                                                            |             |           |            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-----------|------------|
| <b>Descrição</b> → Fabricar aliança em U, de platina. Cravar 29 brilhantes e polir o anel. |                                                                                            |             |           |            |
| Roteiro                                                                                    |                                                                                            |             |           |            |
|                                                                                            | Ourivesaria                                                                                | Cravação    | Polimento | Acabamento |
| <b>Entrada</b>                                                                             | 6,57 g                                                                                     | 29 CR1      | 1 Aliança | ---        |
| <b>Tempo</b>                                                                               | 600 minutos                                                                                | 435 minutos | 8 minutos | ---        |
| Resumo & Representação Gráfica                                                             |                                                                                            |             |           |            |
| <b>Tempo Total</b>                                                                         | <div> <div>6,57 g</div> <div>29 CR1</div> <div>1 Aliança</div> </div> <div>600 435 8</div> |             |           |            |
| <b>1043 minutos</b>                                                                        |                                                                                            |             |           |            |



Figura 2.5: Exemplo I

| Exemplo II                                     |                                                                  |          |            |             |
|------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|----------|------------|-------------|
| <b>Descrição</b> → Refazer esmaltação do anel. |                                                                  |          |            |             |
| Roteiro                                        |                                                                  |          |            |             |
|                                                | Ourivesaria                                                      | Cravação | Polimento  | Acabamento  |
| <b>Entrada</b>                                 | ---                                                              | ---      | 1 Anel     | 7 gr        |
| <b>Tempo</b>                                   | ---                                                              | ---      | 10 minutos | 140 minutos |
| Resumo & Representação Gráfica                 |                                                                  |          |            |             |
| <b>Tempo Total</b>                             | <div> <div>1 Anel</div> <div>7 gr</div> </div> <div>10 140</div> |          |            |             |
| <b>150 minutos</b>                             |                                                                  |          |            |             |



Figura 2.6: Exemplo II

| Exemplo III                                                      |                                                                                         |                  |            |            |
|------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|------------------|------------|------------|
| <b>Descrição</b> → Repor pedra que caiu, e revisar as restantes. |                                                                                         |                  |            |            |
| Roteiro                                                          |                                                                                         |                  |            |            |
|                                                                  | Ourivesaria                                                                             | Cravação         | Polimento  | Acabamento |
| <b>Entrada</b>                                                   | ---                                                                                     | 5 RV12<br>1 CR12 | 1 Pendente | ---        |
| <b>Tempo</b>                                                     | ---                                                                                     | 70 minutos       | 10 minutos | ---        |
| Resumo & Representação Gráfica                                   |                                                                                         |                  |            |            |
| <b>Tempo Total</b>                                               | <div> <div>1 CR12</div> <div>5 RV12</div> <div>1 Pendente</div> </div> <div>70 10</div> |                  |            |            |
| <b>80 minutos</b>                                                |                                                                                         |                  |            |            |



Figura 2.7: Exemplo III

| Exemplo IV                                                            |                                                            |                 |            |            |
|-----------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|-----------------|------------|------------|
| <b>Descrição</b> → Refazer o fosqueamento do anel. Revisar cravações. |                                                            |                 |            |            |
| Roteiro                                                               |                                                            |                 |            |            |
|                                                                       | Ourivesaria                                                | Cravação        | Polimento  | Acabamento |
| <b>Entrada</b>                                                        | ---                                                        | 1 RV1<br>1 RV12 | 3 Anel     | ---        |
| <b>Tempo</b>                                                          | ---                                                        | 13 minutos      | 30 minutos | ---        |
| Resumo & Representação Gráfica                                        |                                                            |                 |            |            |
| <b>Tempo Total</b>                                                    | <div> <div>1 RV1<br/>1 RV12</div> <div>3 Anel</div> </div> |                 |            |            |
| <b>43 minutos</b>                                                     |                                                            |                 |            |            |



Figura 2.8: Exemplo IV

| Exemplo V                                                                                            |                                                             |                  |            |            |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|------------------|------------|------------|
| <b>Descrição</b> → Confeccionar um anel em ouro branco, com um topázio azul 100 brilhantes cravados. |                                                             |                  |            |            |
| Roteiro                                                                                              |                                                             |                  |            |            |
|                                                                                                      | Ourivesaria                                                 | Cravação         | Polimento  | Acabamento |
| <b>Entrada</b>                                                                                       | Fundição                                                    | 1 CR7<br>100 CR1 | 2 Anel     | ---        |
| <b>Tempo</b>                                                                                         | ---                                                         | 1531 minutos     | 20 minutos | ---        |
| Resumo & Representação Gráfica                                                                       |                                                             |                  |            |            |
| <b>Tempo Total</b>                                                                                   | <div> <div>1 CR7<br/>100 CR1</div> <div>2 Anel</div> </div> |                  |            |            |
| <b>1551 minutos</b>                                                                                  |                                                             |                  |            |            |



Figura 2.9: Exemplo V

| Exemplo VI                                                                                                            |                                                               |                 |            |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|-----------------|------------|------------|
| <b>Descrição</b> → Confeccionar brinco segundo o desenho. Em ouro amarelo, com 42 brilhantes e duas safiras cravadas. |                                                               |                 |            |            |
| Roteiro                                                                                                               |                                                               |                 |            |            |
|                                                                                                                       | Ourivesaria                                                   | Cravação        | Polimento  | Acabamento |
| <b>Entrada</b>                                                                                                        | Fundição                                                      | 42 CR1<br>2 CR7 | 1 Brinco   | ---        |
| <b>Tempo</b>                                                                                                          | ---                                                           | 692 minutos     | 10 minutos | ---        |
| Resumo & Representação Gráfica                                                                                        |                                                               |                 |            |            |
| <b>Tempo Total</b>                                                                                                    | <div> <div>42 CR1<br/>2 CR7</div> <div>1 Brincos</div> </div> |                 |            |            |
| <b>702 minutos</b>                                                                                                    |                                                               |                 |            |            |



Figura 2.10: Exemplo VI

| Exemplo VII                                        |                                                                       |                        |            |            |
|----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|------------------------|------------|------------|
| Descrição → Repor os dois topázios azuis ausentes. |                                                                       |                        |            |            |
| Roteiro                                            |                                                                       |                        |            |            |
|                                                    | Ourivesaria                                                           | Cravação               | Polimento  | Acabamento |
| Entrada                                            | ---                                                                   | 2CR12<br>7RV12<br>2RV1 | 3 Anel     | ---        |
| Tempo                                              | ---                                                                   | 126 minutos            | 30 minutos | ---        |
| Resumo & Representação Gráfica                     |                                                                       |                        |            |            |
| Tempo Total                                        | <div> <div>2 CR12<br/>7 RV12<br/>2 RV1</div> <div>3 Anel</div> </div> |                        |            |            |
| 156 minutos                                        |                                                                       |                        |            |            |



Figura 2.11: Exemplo VII

Todas elaboradas pelo autor

Estes são exemplos de como os roteiros de oficina serão montados. Outras partes do roteiro, como ocorre com a **microfusão**, o **CBR**, e o **DC**, tem suas etapas inseridas no início do roteiro. Não existe medição dos tempos destes setores. Nestes casos, trabalha-se com prazos. E os prazos máximos para cada um destes setores encontram-se no quadro abaixo.

| Departamentos | Prazo             |
|---------------|-------------------|
| Loja – Malote | 1 dia útil        |
| DC            | 10 dias úteis     |
| CBR           | 2 dias úteis      |
| FUND – SP     | 3 dias úteis      |
| FUND – RJ     | 7 dias úteis      |
| SU – RJ       | 2 dias úteis      |
| Prestadores   | 3 a 15 dias úteis |
| COM           | 14 a 28 dias      |

Tabela 2.7: Prazos dos departamentos ligados ao SU

Elaborada pelo autor

### 2.3.2. Base de Dados

A base de dados utilizada neste trabalho está toda condensada abaixo. As explicações referentes às mesmas encontram-se distribuídas ao longo deste, principalmente nos apêndices.

Segundo o aspecto temporal, os seguintes dados são os mais importantes:

#### ▪ MALOTE

A chegada de serviços ao **Serviços Urgentes** tem um comportamento segundo uma distribuição Normal de probabilidades. Os parâmetros dessa distribuição são:

$$\mu = 68,3252$$

$$\sigma = 32,0930$$

#### ▪ PRAZOS PARA OUTROS DEPARTAMENTOS

| Departamentos | Prazo             |
|---------------|-------------------|
| Loja – Malote | 1 dia útil        |
| DC            | 10 dias úteis     |
| CBR           | 2 dias úteis      |
| FUND – SP     | 3 dias úteis      |
| FUND – RJ     | 7 dias úteis      |
| SU – RJ       | 2 dias úteis      |
| Prestadores   | 3 a 15 dias úteis |
| CPM           | 14 a 28 dias      |

Tabela 2.8: Prazos dos departamentos ligados ao SU

Elaborada pelo autor

#### ▪ OURIVESARIA

$$T_{OURIVESARIA} = \text{Peso do Metal} \times \text{Fator de Conversão}$$

| Metal        | Fator de Conversão |
|--------------|--------------------|
| Prata        | 1,522              |
| Ouro Amarelo | 1,522              |
| Ouro Branco  | 1,522              |
| Platina      | 1,522              |

Tabela 2.9: Fatores de Conversão de Metal em Tempo de Ourivesaria

Elaborada pelo autor

**CRAVAÇÃO**

$$T_{CRAVAÇÃO} = \sum_{i=1}^{12} CR_i \times Tempo_i^{CR} + \sum_{i=1}^{12} DCR_i \times Tempo_i^{DCR} + \sum_{i=1}^{12} RV_i \times Tempo_i^{RV}$$

| Tipo i | Cravação<br>Tempo <sub>i</sub> <sup>CR</sup> | Descravação<br>Tempo <sub>i</sub> <sup>DCR</sup> | Revisão<br>Tempo <sub>i</sub> <sup>RV</sup> |
|--------|----------------------------------------------|--------------------------------------------------|---------------------------------------------|
| 1      | 15,0                                         | 5,0                                              | 5,0                                         |
| 2      | 33,0                                         | 9,0                                              | 9,0                                         |
| 3      | 33,0                                         | 9,0                                              | 9,0                                         |
| 4      | 20,0                                         | 5,0                                              | 5,0                                         |
| 5      | 37,0                                         | 10,0                                             | 10,0                                        |
| 6      | 24,0                                         | 7,0                                              | 7,0                                         |
| 7      | 31,0                                         | 9,0                                              | 9,0                                         |
| 8      | 33,0                                         | 9,0                                              | 9,0                                         |
| 9      | 33,0                                         | 9,0                                              | 9,0                                         |
| 10     | 27,0                                         | 8,0                                              | 8,0                                         |
| 11     | 30,0                                         | 8,0                                              | 8,0                                         |
| 12     | 30,0                                         | 8,0                                              | 8,0                                         |

Tabela 2.10 Tempos de cravações, descravações e revisões de pedras

Elaborada pelo autor

▪ **POLIMENTO**

$$T_{POLIMENTO} = n \times Tempo^{JÓIA}$$

| Jóia          | Tempo <sup>JÓIA</sup> |
|---------------|-----------------------|
| Abotoadura    | 2,0                   |
| Aliança       | 8,0                   |
| Anel          | 10,0                  |
| Brincos (par) | 10,0                  |
| Broche        | 7,0                   |
| Colar         | 16,0                  |
| Corrente      | 5,0                   |
| Fecho         | 4,0                   |
| Pendente      | 10,0                  |
| Pulseira      | 6,0                   |
| Outros        | 15,0                  |

Tabela 2.11: Tempos das atividades do Polimento, segundo o tipo de jóia

Elaborada pelo autor

**ACABAMENTO**

$$T_{ACABAMENTO} = \sum_{i=1}^5 j \times \frac{\text{Peso do Metal} \times \text{Fator de Conversão}}{\text{Fator}_i}$$

| Acabamento | Fator <sub>i</sub> |
|------------|--------------------|
| Esmaltado  | 0,076              |
| Fresado    | 2,642              |
| Lixado     | 2,642              |
| Martelado  | 2,642              |

Tabela 2.12: Fatores para cálculo dos tempos de acabamento

Elaborada pelo autor

▪ **HABILIDADES**

Já quanto às capacitações de cada funcionário da oficina, considere a tabela abaixo:

| Departamento | OURIVESARIA | CRAVAÇÃO |           |         | POLIMENTO | ACABAMENTO |                    |
|--------------|-------------|----------|-----------|---------|-----------|------------|--------------------|
| Funcionário  | Ourivesaria | Cravar   | Descravar | Revisar | Polimento | Esmaltação | Outros Acabamentos |
| Ourives 1    | X           | X        | X         | X       |           | X          | X                  |
| Ourives 2    | X           | X        | X         | X       |           |            | X                  |
| Ourives 3    | X           |          |           |         |           |            | X                  |
| Ourives 4    | X           |          |           |         |           |            | X                  |
| Ourives 5    | X           |          |           |         |           |            | X                  |
| Ourives 6    | X           |          |           |         |           |            | X                  |
| Ourives 7    | X           |          |           |         |           |            | X                  |
| Ourives 8    | X           |          |           |         |           |            | X                  |
| Ourives 9    | X           |          |           |         |           |            | X                  |
| Cravador 1   |             | X        | X         | X       |           |            |                    |
| Cravador 2   |             | X        | X         | X       |           |            |                    |
| Cravador 3   |             | X        | X         | X       |           |            |                    |
| Cravador 4   |             | X        | X         | X       |           |            |                    |
| Polidor 1    |             |          |           |         | X         |            |                    |
| Polidor 2    |             |          |           |         | X         |            |                    |
| Polidor 3    |             |          |           |         | X         |            |                    |

Tabela 2.13: Quadro Habilidades dos Artesãos

Elaborada pelo autor

## ▪ ESTATÍSTICAS

É apresentada abaixo uma série de estatísticas retiradas de uma amostra de 715 ordens de serviço.

Elas servem para ilustrar um pouco melhor o comportamento dos departamentos de dentro da oficina. As médias e desvios aqui apresentados não tiveram testadas as aderências às distribuições de probabilidade conhecidas. A justificativa para tal fato é a de que o número de testes de aderência seria grande em demasia, existindo ainda o risco de não confirmação do comportamento segundo nenhuma das distribuições conhecidas. Além disso, não se faria uso algum desses números, pelo menos não no escopo deste trabalho.

A primeira consideração diz respeito ao tipo de jóia trabalhado. As participações de cada tipo dentro desse total foram de:

| Tipo de Jóia |     |        |
|--------------|-----|--------|
| Abotoadura   | 4   | 0,56%  |
| Aliança      | 36  | 5,03%  |
| Anel         | 354 | 49,51% |
| Brincos      | 142 | 19,86% |
| Broche       | 14  | 1,96%  |
| Colar        | 13  | 1,82%  |
| Corrente     | 8   | 1,12%  |
| Fecho        | 14  | 1,96%  |
| Pendente     | 76  | 10,63% |
| Pulseira     | 29  | 4,06%  |
| Outros       | 25  | 3,50%  |

Tabela 2.14: Estatísticas – Distribuição segundo o tipo de jóia

Elaborada pelo autor

Quanto aos serviços de ourivesaria, os mesmos se distribuem da seguinte forma:

| Ourivesaria   |       |        |
|---------------|-------|--------|
| Tipo          | Média | Desvio |
| Peso de metal | 9,35  | 23,99  |

Tabela 2.15: Estatísticas – Consumo de metal

Elaborada pelo autor

Dentro das atividades de ourivesaria, algumas utilizam metal, enquanto outras não. A distribuição do metal utilizado, bem como o peso médio e o desvio-padrão dessas amostras, entre a microfusão e os próprios ourives, são:

| Metal         |          |       |        |            |        |        |
|---------------|----------|-------|--------|------------|--------|--------|
| Tipo          | Ourives  |       |        | Microfusão |        |        |
|               | % das OS | Média | Desvio | % das OS   | Média  | Desvio |
| Ouro ou Prata | 56,64%   | 5,821 | 6,936  | 7,69%      | 11,553 | 22,764 |
| Platina       | 1,68%    | 3,358 | 3,899  |            |        |        |

Tabela 2.16: Estatísticas – Demanda por Ourivesaria e pela Microfusão

Elaborada pelo autor

Apenas uma observação quanto à tabela acima. A platina não passa pela célula de microfusão, sendo sempre manuseada pelos ourives.

Já quanto às cravações, descravações e revisões das pedras, as mesmas se distribuem segundo as proporções apresentadas na tabela a seguir:

| Cravação       |           |        |        |                         |        |        |
|----------------|-----------|--------|--------|-------------------------|--------|--------|
| Tipo           | Cravações |        |        | Descravações & Revisões |        |        |
|                | % das OS  | Média  | Desvio | % das OS                | Média  | Desvio |
| <b>1</b>       | 29,09%    | 11,505 | 19,891 | 18,88%                  | 12,133 | 13,832 |
| <b>2</b>       | 15,24%    | 8,028  | 25,746 | 6,99%                   | 5,940  | 6,653  |
| <b>3</b>       | 1,12%     | 1,250  | 0,661  | 0,14%                   | 1,000  | 0,000  |
| <b>4</b>       | 1,68%     | 1,167  | 0,373  | 0,56%                   | 1,250  | 0,433  |
| <b>5</b>       | 0,42%     | 1,333  | 0,471  | 0,14%                   | 1,000  | 0,000  |
| <b>6</b>       | 4,06%     | 3,241  | 4,797  | 2,38%                   | 6,824  | 2,479  |
| <b>7</b>       | 0,14%     | 1,000  | 0,000  | 0,00%                   | 0,000  | 0,000  |
| <b>8</b>       | 5,45%     | 2,128  | 2,875  | 1,54%                   | 8,909  | 8,039  |
| <b>9</b>       | 1,26%     | 1,111  | 0,314  | 0,28%                   | 23,000 | 2,000  |
| <b>10</b>      | 1,54%     | 1,909  | 1,505  | 0,56%                   | 4,250  | 2,947  |
| <b>11</b>      | 1,26%     | 3,191  | 6,705  | 0,14%                   | 2,000  | 0,000  |
| <b>12</b>      | 15,38%    | 1,222  | 0,416  | 7,97%                   | 6,421  | 11,112 |
| <b>Nenhuma</b> | 32,73%    | ---    | ---    | 66,71%                  | ---    | ---    |

Tabela 2.17: Estatísticas – Distribuição das cravações, descravações e revisões

Elaborada pelo autor

O setor de polimento também possui suas estatísticas. Os tratamentos por ele executados são distribuídos conforme a tabela abaixo.

| Polimento    |          |       |        |
|--------------|----------|-------|--------|
| Tipo         | % das OS | Média | Desvio |
| Polimento    | 96,78%   | 1,186 | 0,802  |
| Banhos       | 33,99%   | 1,111 | 0,312  |
| Limpeza      | 0,28%    | 1,000 | 0,000  |
| Fosqueamento | 8,81%    | 1,349 | 2,139  |
| Escova       | 10,63%   | 1,329 | 0,403  |

Tabela 2.18: Estatísticas – Distribuição das atividades do Polimento

Elaborada pelo autor

Por fim, as estatísticas referentes ao departamento responsável pelos acabamentos são apresentadas no quadro abaixo.

| Acabamento |          |       |        |
|------------|----------|-------|--------|
| Tipo       | % das OS | Média | Desvio |
| Fresado    | 0,42%    | 1,000 | 0,000  |
| Lixado     | 2,38%    | 1,000 | 0,000  |
| Martelado  | 0,42%    | 1,000 | 0,000  |
| Esmaltado  | 1,12%    | 1,000 | 0,000  |

Tabela 2.19: Estatísticas – Distribuição segundo o tipo de acabamento

Elaborada pelo autor

### 3. Análises

#### 3.1. O porquê da Folga Dinâmica

A produção intermitente está intimamente relacionada a uma célula *Job Shop*, principalmente no tocante à extensa capacidade de fabricar uma ampla gama de produtos, segundo ordens de serviço personalizadas. Além disso, uma célula *Job Shop* não produz para estoque, mas aguarda de prontidão os pedidos de clientes, daí sua necessidade em ser flexível.

Além disso, outra característica de sistemas *Job Shop* são os atrasos. Enquanto numa linha de montagem eles se relacionam, principalmente, com a cadeia de distribuição, em um *Flow Shop* (caso mais específico de *Job Shop*, tratado neste texto) eles são devido a atrasos no processamento dos itens.

Juntando as peculiaridades citadas anteriormente, tem-se as razões para a complicação inerente aos sistemas *Job Shop*, contrastando com outras configurações mais simples de manufatura. A seqüenciação das operações de uma célula de manufatura é reconhecidamente o mais complexo dos problemas de programação da produção, segundo citado em [7] por BUFFA (1979).

O motivo mais forte para essa afirmação é que cada ordem de serviço pode requerer um roteiro completamente diferente das outras, o que obriga a célula a lidar com uma variação enorme de parâmetros, como tempos de processamento, lista de matérias-primas, prioridades diferentes, quantidade e seqüência das operações, dentre outras.

Em configurações *Open Job Shop*, como é o caso do **SU**, tais complicações são agravadas, visto que cada ordem de serviço é única e pode não se repetir nunca. Todavia, seja classificado como *Open* ou *Closed*, a célula de manufatura em questão deve determinar eficientemente quais, das ordens de serviço que aguardam em fila, são as prioritárias. Para tanto são utilizadas as políticas de despacho.

A pesquisa existente sobre *Job Shop* é direcionada, fortemente, para a visão das células de manufatura como uma rede de filas, utilizando métodos de simulação para lidar com a complexidade de casos reais de *Job Shop*. Grande esforço foi despendido na avaliação de diversas disciplinas de fila, visando encontrar a mais promissora e efetiva delas.

De início, os estudos foram focados na seqüenciação propriamente dita. Tais problemas são facilmente enunciados, porém de difícil conclusão. A questão real é definir quais ordens são prioritárias para cada um dos diversos departamentos envolvidos na produção.

Anteriormente, esse controle era feito através de gráficos de Gantt, ou alguns de seus conceitos, utilizados para a representação do sistema de maneira determinística. Através de recursos gráficos, a carga dos centros produtivos era atualizada de hora em hora (se este fosse o caso), pedido por pedido. O maior problema deste procedimento era a dificuldade deste modelo em lidar com os aspectos reais do sistema, no caso o dinamismo deste. Novas ordens de serviço, além das de circulação interna, adentram o sistema segundo um processo estocástico. Idem para os tempos de processamento, os quais também se comportam segundo a alguma distribuição de probabilidades. Por fim, ordens de serviço têm prioridades diferentes em alguns sistemas produtivos, seja qual for o critério de preferência.

A idéia de que sistemas *Job Shop* podiam ser trabalhados como uma rede de filas foi de suma importância, e deu surgimento a pesquisas importantes sobre o tema. Os primeiros resultados apontavam a disciplina da fila como sendo uma variável relevante do processo, a qual fora extensamente manipulada nos modelos de seqüenciação. Desta forma, os estudos foram conduzidos através de simulações em computador dos sistemas de fila, nas quais regras de despacho eram estudadas.

### 3.1.1. Sistemas com Limitação de Máquinas

Tais sistemas nada mais são do que aqueles nos quais a mão-de-obra sempre está disponível, sendo os recursos críticos as máquinas. Desta forma, a espera das ordens de serviço se deve ao fato de que as máquinas estão todas ocupadas. No caso do **SU**, como já afirmado, as máquinas confundem-se com a mão-de-obra, sendo ambas uma coisa só. Isso se deve, principalmente, ao fato de que o número de artesãos é exatamente igual ao de máquinas, sendo essas exclusivas e iguais, segundo seu departamento, para cada um deles.

Os primeiros trabalhos nesse ramo apontaram a política de despacho **SPT** como sendo a regra que resultava no menor tempo processamento mais espera para os sistemas de apenas uma operação. Isso foi provado matematicamente, em 1956, por W. E. Smith, professor da Universidade da Califórnia (UCLA), EUA. A próxima etapa era estender essa e as outras regras para sistemas mais complexos e, mais importante, reais. A análise matemática se provou falha para essa finalidade, e as simulações desses sistemas ganharam corpo.

Em geral, as regras de despacho são classificadas segundo duas bases. A primeira delas diz respeito às informações existentes. Uma regra é dita **Local**, se definir prioridades baseada

única e totalmente nas informações da ordem de serviço em questão. Já uma regra **Genérica** se aplica para casos nos quais informações mais abrangentes sobre a carga de trabalho nos centros produtivos e mudanças nas datas prometidas para término dos serviços.

A segunda classificação é quanto à divisão das regras em dois, as regras **Dinâmicas** e as **Estáticas**. Enquanto estas definem prioridades imutáveis a partir de sua designação, as dinâmicas são mais flexíveis, podendo alterar a programação anteriormente estipulada (como por exemplo, uma nova ordem com prioridade maior do que as anteriormente seqüenciadas).

Lembrar que as ordens de serviço em espera vão ganhando preferência no decorrer do tempo, haja em vista o fato de que, quanto mais próximo do prazo de entrega, menor é a possibilidade de que uma nova ordem tenha prometida uma data anterior a da outra.

### 3.1.2. O Estudo de Nanot

O estudo efetuado por Y. R. Nanot em sua dissertação de pós-doutorado, datada de 1963 também pela Universidade da Califórnia, tem seus procedimentos e resultados resumidos por BUFFA, em [7].

Com o título de *"An Experimental Investigation and Comparative Evaluation of Priority Disciplines in Job Shop-like Queuing Networks"*, o estudo leva em consideração sistemas com limitação em máquinas, como é o caso do **Serviços Urgentes**.

Nanot levou em consideração seis configurações diferentes de células de manufatura, testando 10 regras de despacho distintas, para um número de  $2,44 \times 10^6$  ordens de serviços.

As configurações das células de manufatura eram as seguintes:

| <i>Job Shop</i> | Centros Produtivos | Carga dos Centros | Roteiro                       |
|-----------------|--------------------|-------------------|-------------------------------|
| 1               | Quatro             | Mediana           | <i>Job Shop</i> puro          |
| 2               | Quatro             | Alta              | <i>Job Shop</i> puro          |
| 3               | Oito               | Baixa             | Praticamente <i>Flow Shop</i> |
| 4               | Oito               | Mediana           | Praticamente <i>Flow Shop</i> |
| 5               | Dois               | Mediana           | <i>Job Shop</i> puro          |
| 6               | Oito               | Baixa             | <i>Job Shop</i> puro          |

Tabela 3.1: Células de manufatura estudadas por Nanot

Adaptada de [7] – BUFFA (1979)

Já as políticas de despacho testadas por Nanot foram:

| Sigla                                             | Definição                                                                   |
|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| <b>ERD</b> (Earliest Release Date)                | Primeira a entrar, primeira a ser trabalhada                                |
| <b>SPT</b> (Shortest Processing Time)             | Predileção por trabalhos com o menor tempo de processamento                 |
| <b>SS</b> (Static Slack)                          | Preferência por trabalhos com menor tempo disponível para execução          |
| <b>SS/PT</b> (Static Slack / Processing Time)     | Idem anterior, dividida pelo tempo de processamento restante                |
| <b>SS/RO</b> (Static Slack / Routing Operations)  | Idem a regra <b>SS</b> , só que dividida pelo número de operações restantes |
| <b>EDD</b> (Earliest Due Date)                    | Predileção pelos trabalhos com data de entrega mais próxima                 |
| <b>LRD</b> (Last Release Date)                    | Última a entrar, primeira a ser trabalhada                                  |
| <b>MS</b> (Minimum Slack)                         | Preferência dada a trabalhos com menor folga dinâmica                       |
| <b>MS/PT</b> (Minimum Slack / Processing Time)    | Idem anterior, dividida pelo tempo de processamento restante                |
| <b>MS/RO</b> (Minimum Slack / Routing Operations) | Idem a regra <b>MS</b> , só que dividida pelo número de operações restantes |

**Tabela 3.2: Regras de despacho estudadas por Nanot**

Adaptada de [7] – BUFFA (1979)

Algumas hipóteses foram assumidas. As chegadas obedeciam a uma distribuição Poisson de probabilidades, enquanto que os tempos de processamento seguiam uma exponencial. Havia apenas uma fila para cada um dos departamentos, e mão-de-obra foi assumida como disponível. Os lotes eram indivisíveis, e os tempos de transporte entre setores considerados nulos. Não era permitida a sub-contratação ou turnos e horas extras. Eventuais quebras de máquinas e paradas manutenção foram ignoradas. Por fim, tempos de preparo (*setup*) foram incluídos nos tempos de processamento.

Um sumário dos resultados é mostrado na tabela abaixo. Ela contém as médias e desvios-padrão de tempo para cada uma das configurações de *Job Shop*, segundo cada uma das regras de despacho testadas – além da média prevista em teoria para o caso **EDR**.

| Regra              | Job Shop 1 |          | Job Shop 2 |          | Job Shop 3 |          | Job Shop 4 |          | Job Shop 5 |          | Job Shop 6 |          |
|--------------------|------------|----------|------------|----------|------------|----------|------------|----------|------------|----------|------------|----------|
|                    | $\mu$      | $\sigma$ | $\mu$      | $\sigma$ | $\mu$      | $\sigma$ | $\mu$      | $\sigma$ | $\mu$      | $\sigma$ | $\mu$      | $\sigma$ |
| <b>ERD Teórica</b> | 1,60       | ---      | 7,60       | ---      | 3,05       | ---      | 3,02       | ---      | 0,80       | ---      | 1,17       | ---      |
| <b>ERD</b>         | 0,99       | 1,87     | 2,13       | 9,20     | 2,26       | 2,11     | 1,75       | 1,58     | 0,46       | 0,88     | 0,86       | 1,24     |
| <b>SPT</b>         | 1,67       | 1,96     | 6,41       | 7,31     | 3,55       | 1,93     | 2,77       | 1,32     | 0,75       | 0,89     | 1,19       | 1,26     |
| <b>SS</b>          | 1,71       | 2,10     | 6,35       | 11,30    | 3,37       | 1,60     | 3,24       | 2,12     | 0,76       | 0,98     | 1,24       | 1,71     |
| <b>SS/PT</b>       | 2,53       | 3,96     | 17,97      | 37,84    | 3,86       | 3,25     | 3,83       | 3,09     | 1,36       | 2,70     | 1,62       | 2,64     |
| <b>SS/RO</b>       | 1,99       | 2,92     | 10,06      | 20,38    | 3,65       | 2,74     | 3,18       | 2,25     | 0,88       | 1,38     | 1,32       | 1,88     |
| <b>EDD</b>         | 1,69       | 1,55     | 6,30       | ---      | 3,35       | 1,62     | 3,07       | 1,38     | 0,76       | 0,73     | 1,22       | 1,17     |
| <b>LRD</b>         | 1,68       | 3,52     | ---        | ---      | 3,34       | 3,68     | 2,72       | 3,18     | 0,76       | 1,79     | 1,19       | 2,18     |
| <b>MS</b>          | 1,86       | 1,62     | ---        | ---      | 3,33       | 1,47     | 2,93       | 1,35     | 0,83       | 0,77     | 1,26       | 1,16     |
| <b>MS/PT</b>       | 2,54       | 5,43     | ---        | ---      | 4,54       | 5,77     | 3,44       | 3,74     | 1,18       | 2,77     | 1,61       | 3,17     |
| <b>MS/RO</b>       | 1,78       | 3,66     | ---        | ---      | 3,84       | 4,77     | 2,79       | 2,54     | 0,77       | 1,72     | 1,19       | 2,08     |

**Tabela 3.3: Quadro resumo do estudo de Nanot**

Adaptada de [7] – BUFFA (1979)

Como esperado, a regra **SPT** apresentou o menor tempo de processamento médio, enquanto que a regra **MS**, adotada para o sistema a ser desenvolvido para o **Serviços Urgentes**, teve o menor desvio-padrão para esses tempos.

Outras conclusões podem ser inferidas a partir dos gráficos seguintes a seguir. O primeiro deles apresenta o comportamento das regras de despacho, estando o eixo vertical subdividido em percentuais de ordens de serviço entregues, enquanto o horizontal determina o fluxo do tempo. As retas mostram o comportamento de cada uma das políticas de despacho.

Nesse primeiro gráfico, a região cinza apresenta as regras de despacho com resultados semelhantes à regra **ERD**, que no caso são todas as outras cinco discutidas no início deste capítulo, entre elas a adotada **MS**. O gráfico apresenta o comportamento de 90% das ordens entregues.

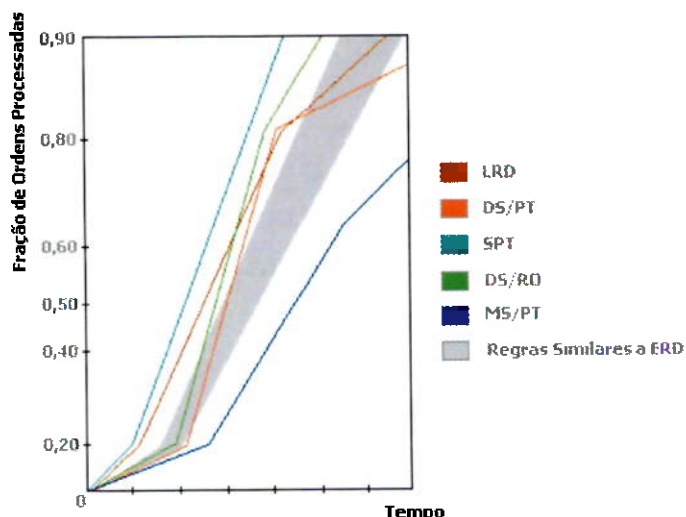


Figura 3.1: Regras de Despacho – Comparativo I

Adaptada de [7] – BUFFA (1979)

O segundo gráfico é semelhante, só que enfatiza os outros 10% das ordens de serviço entregues. A região sombreada em rosa apresenta as regras de despacho que possuem uma variância elevada, que são todas as outras sete. Se o gráfico anterior comportasse o percentual enfatizado neste, essa região sombreada em rosa tenderia ao infinito, claro que do eixo das abscissas. Observe o comportamento da regra Folga Dinâmica, a escolhida (representada no gráfico pela curva **MS**).

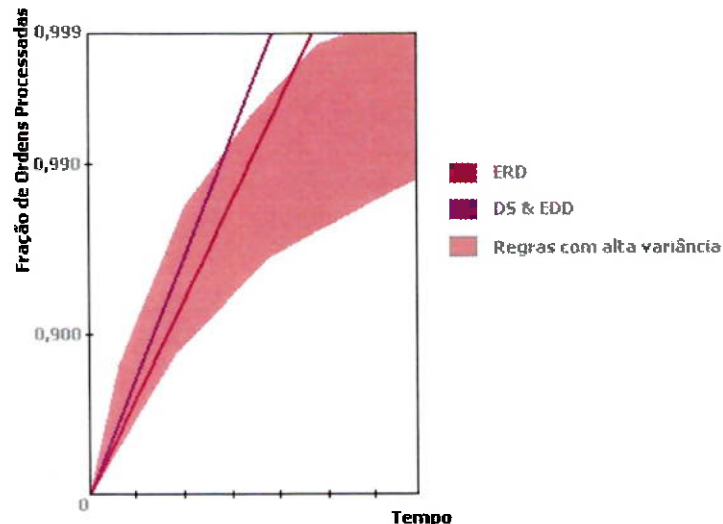


Figura 3.2: Regras de Despacho – Comparativo II

Adaptada de [7] – BUFFA (1979)

As conclusões do estudo de Nanot são as listadas abaixo:

1. As diferenças devido a políticas de despacho distintas foram altamente significativas.
2. Já as diferenças em função da configuração da célula de manufatura – tanto no tamanho da célula, quanto nos distintos roteiros – foi rejeitada aos níveis de significância de 1% e 2%, só sendo aceita a 5%.

Portanto, estende-se o estudo de Nanot para a H Stern, já que boa parte das hipóteses assumidas acima se aplica ao **SU**, além de que a configuração da célula de manufatura por ele formada não é o fator mais relevante na pesquisa, como revelaram os resultados.

Por fim, a escolha da regra que prioriza a ordem de serviço com menor Folga Dinâmica (tratada por **MS** neste capítulo) pode ser justificada segundo dois pontos observáveis no estudo de Nanot:

1. A regra escolhida é a que apresenta o **menor desvio-padrão** dos tempos. Isso pode ser traduzido como aquela que apresenta a menor discrepância entre as datas prometida e efetiva para cada ordem de serviço. Ou seja, ela minimiza os valores de atrasos e de antecipações dos serviços.
2. Sendo a regra **SPT** a que apresenta o **melhor desempenho** – traduzido em menor tempo – no tocante de tempo de chão de fábrica (processamento somado de espera), pode ser adotada a política de menor Folga Dinâmica, que conforme concluiu Nanot, apresenta um comportamento próximo, porém inferior, a regra **SPT**.

### 3.2. O Sistema

Antes de se descrever o sistema de planejamento, programação e controle da produção proposto neste trabalho, serão feitas algumas considerações quanto ao fluxo de trabalho centrado no **Serviços Urgentes** e suas implicações para o planejamento e controle da produção. Só então o sistema será examinado segundo uma ótica mais ampla, primeiramente distinguindo dentre dois tipos de sistemas, dos quais um será o adotado e melhor analisado.

Quanto à primeira parte, referente ao fluxo das ordens de serviço dentro do **SU**, alguns comentários já foram feitos anteriormente. As matrizes interdepartamentais contêm o fluxo físico percorrido pelas ordens de serviço. Existem duas opções quanto aos números que exprimem esses fluxos.

Num primeiro caso, eles podem ser expressos em relação ao tempo. Neste caso específico, as matrizes são melhor utilizadas quando o seu foco é o planejamento da disposição do chão de fábrica, em função de ter dissecada a intensidade, em relação ao tempo, de todos os trânsitos que envolvem o setor em questão.

A outra opção é exprimir os dados em percentuais. O total de 100% (ou 1,00) deve ser segundo os departamentos de origem, no caso, as linhas da matriz. Isso é indicado, principalmente, nos casos em que o foco do estudo é o planejamento, a programação e o controle da produção. Este é o tipo de matriz aqui utilizado, e maiores detalhes encontram-se no **Apêndice E**.

Neste último caso, as vantagens da matriz interdepartamental podem ser apontadas como:

1. Determinar a intensidade da concentração de trabalho em cada setor.
2. Caracterizar um comportamento padrão para o fluxo das ordens de serviço.
3. Identificar os caminhos importantes interligando departamentos diferentes.

Para facilitar a visualização dessa rede de departamentos, foi utilizado o diagrama de rede desenvolvido por BERRY & HOLSTEIN, apresentado por BUFFA (1979) em **[7]**. Nele, apenas os fluxos dominantes – neste caso aqueles que possuem mais do que **3%** do total de transferências – foram identificados, visto que são os de maior importância para o planejamento, a programação e o controle da produção. O diagrama pode ser conferido a seguir.

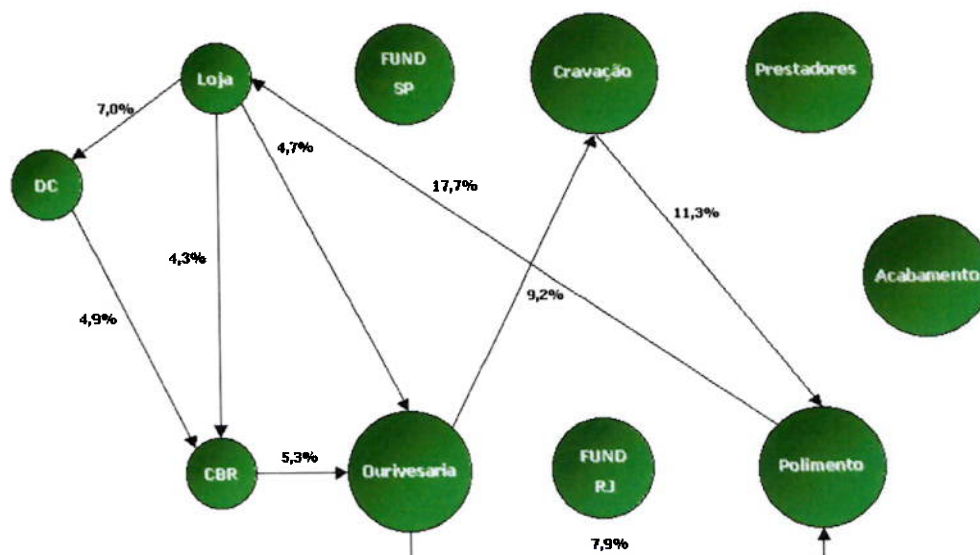


Figura 3.3: Network Diagram

Elaborada pelo autor

Conhecer o fluxo interdepartamental é importante para o gerenciamento de um sistema de produção *Job Shop*, como ocorre com o **SU**, pois permite prever que mudanças na demanda por serviços específicos não afetam igualmente todos os centros produtivos.

### 3.2.1. Sistema integrado de planejamento e controle

Sistemas integrados de PPCP devem agrupar informações, decisões, planos, e prover as bases para o controle e a retroalimentação dos dados. Também deve integrar os vários níveis hierárquicos de decisão, de forma que o nível mais inferior seja factível e consistente com as decisões tomadas nos níveis mais altos do planejamento agregado.

Um sistema integrado de PPCP deve coordenar funções diversas, como as listadas abaixo:

- Planejamento agregado da produção.
- Programação das operações (*Scheduling*).
- Cálculo de Necessidades (MRP, *Materials Requirements Planning*).
- Compra de matérias-primas.
- Sistema de controle do chão de fábrica.
- Cadastramento das ordens de serviço.
- Relação de materiais.
- Definição dos roteiros de produção.
- Controle de inventário.

As funções descritas acima se relacionam segundo o diagrama ilustrado abaixo.

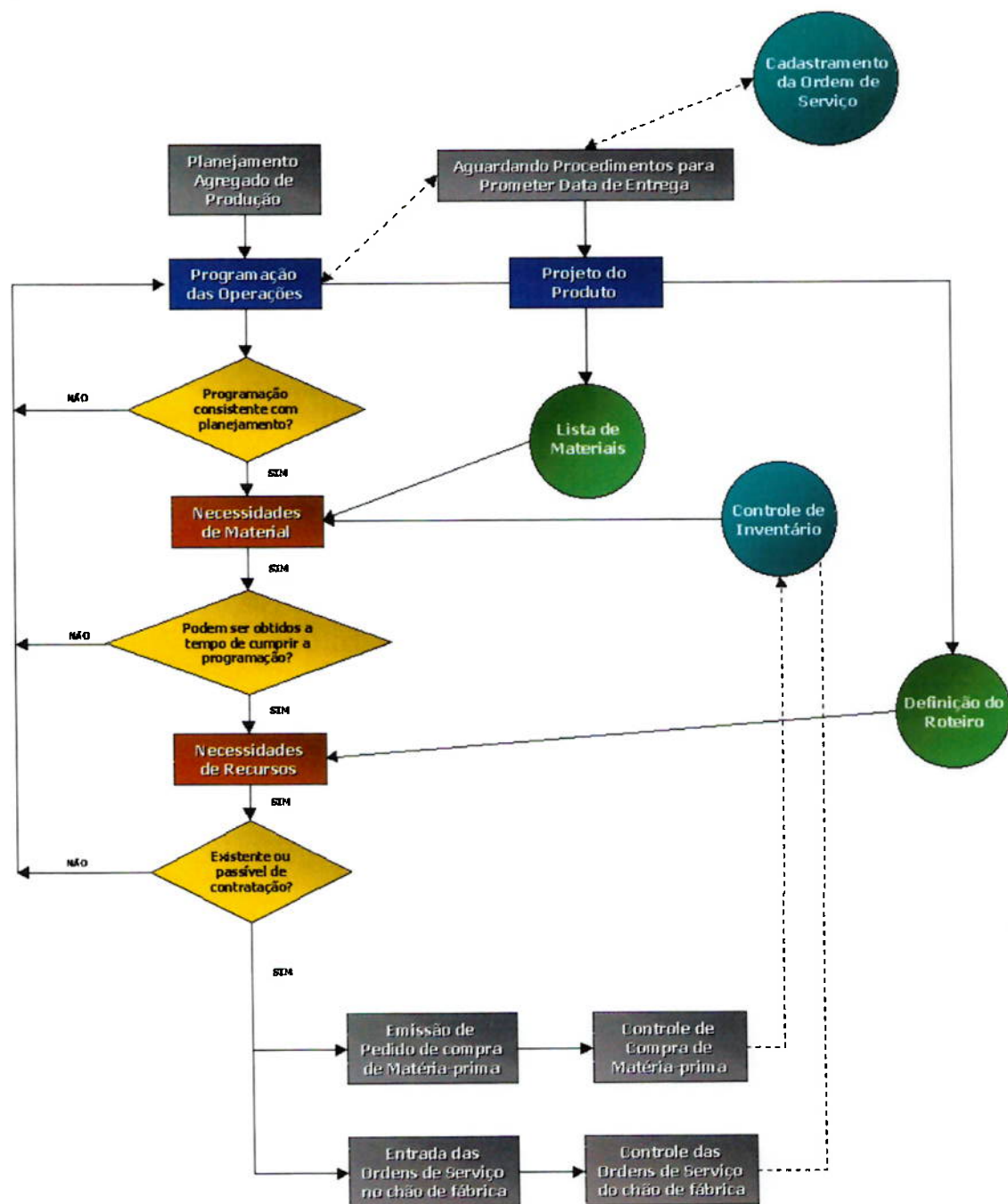


Figura 3.4: Funções de um Sistema de PPCP

Adaptada de [7] – BUFFA (1979)

Nem todas essas funções serão abraçadas pelo sistema proposto por este trabalho. Tais aplicações serão novamente enumeradas abaixo, junto das razões que não permitem sua adoção, pelo menos num primeiro instante. Vale ressaltar que sistemas em geral permitem a anexação de novos módulos e aplicações, conforme a necessidade.

### 1. Planejamento agregado da produção.

A realização do planejamento agregado, para o caso do **SU**, é totalmente inadequada. O setor em questão se trata de uma oficina de manutenção, ou seja, ele trabalha de forma reativa. Desta forma, o sistema produtivo centrado no **SU** trabalha sob demanda, e sendo esta procura um processo totalmente estocástico, não é passível de planejamento, pelo menos não da forma como propõe o planejamento agregado da produção.

### 2. Cálculo de Necessidades (**MRP**, *Materials Requirements Planning*).

Conforme afirmado em por SILVER (1998), em [6], o cálculo de necessidades é inadequado a um sistema *Flow Shop*. Dentre as razões para isso, as mais relevantes dizem respeito a características intrínsecas desse sistema, como passar a maior parte do tempo em filas aguardando serviço, possuir tempos de processamento excessivamente diferentes para cada ordem de serviço, além de ser difícil a identificação dos gargalos, estes constantemente alterados.

Mais do que tudo, a simplicidade da relação de materiais necessários também foi citada. Um sistema *Flow Shop* não necessita de listas de materiais esmiuçadas, como as fornecida por um sistema de MRP, que além de tudo utiliza tempos de processamento (*lead times*) fixos, o que vai contra o funcionamento do **SU**.

### 3. Compra de matérias-primas.

Poucas matérias-primas são compradas pelo **SU**. E mesmo assim, ou elas podem ser consideradas abundantes e baratas (como o ácido sulfúrico), ou possuem prazo de validade (como os líquidos utilizados para banhos). Além disso, o espaço da oficina é relativamente reduzido, o que aumenta consideravelmente o custo de armazenagem desses materiais.

Estoques interessantes de serem analisados são o de metal e o de pedras, os quais ocupam espaços menores. Entretanto, tais inventários são de responsabilidade de outros setores (**CP** e **CBR**, respectivamente). Os materiais são repassados ao **SU** conforme a

necessidade, e tais estoques são comuns às peças do catálogo da empresa, encomendadas em lotes. Comentários sobre isso seguem no item abaixo.

#### *4. Controle de inventário.*

Não se discute a utilidade, e também necessidade, de um controle informatizado de inventário para esses materiais. O caso das pedras é emblemático: existe uma infinidade de tipos de pedras, que devem ser catalogadas segundo algumas características, que podem ser coloração, qualidade, lapidação, tamanho, só para citar algumas.

Da mesma forma que é complicado catalogar todas essas pedras (existem ocorrências de uma única unidade para cada grupo), outro fator agravante na manutenção de um estoque desses é o custo da matéria-prima. Pedras utilizadas na produção normal da H Stern são estocadas, além de existir um estoque de segurança para eventuais casos de reposição. Entretanto, algumas pedras são extremamente singulares, e o custo de oportunidade de manter tais pedras em estoque chega a extremos consideráveis.

Apenas para citar um exemplo dentre esses extremos, existe uma Tanzanita (pedra de coloração azulada ou esverdeada), com pouco mais de quilate, e pureza quase que absoluta. Seu valor de venda ultrapassa US\$ 300.000. Considerando um custo de oportunidade de 18%, o custo de ter esse capital empatado em um ativo de baixo giro pode ser considerado como sendo o custo de armazenagem, o qual chega à cifra de US\$ 54.000 anuais.

Por fim, outro agravante é que o **SU** lida, principalmente, com consertos e fabricações não convencionais, que envolvem pedras do cliente. Assim, as eventuais pedras utilizadas em reposições ou para completar o conjunto do cliente não têm a quilatagem, qualidade e outros fatores pré-determinados, sendo necessária a procura manual da mais adequada delas.

Assim, o sistema a ser montado para o **SU** lida com cinco das principais funções cabíveis a um sistema desse gênero, listadas abaixo.

- 1. Cadastramento das ordens de serviço*
- 2. Relação de materiais*
- 3. Definição de roteiros de produção*
- 4. Programação das operações (Scheduling)*
- 5. Sistema de controle do chão de fábrica*

Elas estão intimamente ligadas, sendo difícil, se não impossível, de as separar. Para se realizar a programação das atividades, é necessário ter o roteiro de produção estipulado. Como consequência da definição do roteiro, também se define a lista de materiais a serem utilizados. Todas essas tarefas são executadas concomitantemente com o cadastramento da ordem de serviço. Por fim, a atualização do status da oficina – que permitirá que novas ordens de serviço sejam programadas – deve ser feita com base em apontamentos feitos no chão de fábrica.

### 3.2.2. Célula de Manufatura – Carregamento Infinito versus Finito

Dois tipos de controle do chão de fábrica podem ser feitos, e eles dependem de um conceito chamado de carregamento da célula de manufatura.

Os sistemas produtivos de carregamento infinito (do inglês *Infinite Loading*) são aqueles que não fazem referência explícita à capacidade ou à seqüenciação da célula de produção. Ao invés disso, utilizam-se de tempos-padrão de processamento e fila para realizarem o cálculo de necessidades e para conduzirem a política de despacho.

De forma oposta, os de carregamento finito (tradução de *Finite Loading*) são aqueles que prevêem os tempos reais de processamento e de fila das ordens de serviços, para a mesma finalidade que o anterior. Em função disso, o cálculo de necessidades, seja esta de recursos produtivos ou de matérias-primas, baseia-se em dados reais, possuindo assim uma precisão maior.

Como consequência óbvia disso, o processo de seqüenciação também passa a ser mais acurado, visto que, ao invés de prometer datas com base em tempos médios de processamento e de filas, o faz com base em simulações das condições atuais do chão de fábrica.

Pode parecer tentador optar por um sistema de carregamento infinito, já que, conforme dito, eles possuem um nível de detalhamento maior e mais preciso do que o seu concorrente. Entretanto, tal julgamento seria prematuro sem levar em conta o fato de que tais sistemas são mais complexos do que os de carregamento infinito, seja em seu projeto, seja na sua implementação. Desta forma, suas vantagens podem ser suplantadas pelas desvantagens inerentes a sua adoção.

Deve-se lembrar que simulações de horizonte longínquo são mais suscetíveis a acumulação de erros. Some-se a isso eventuais quebras de equipamento, diferenças na eficiência dos empregados, além de outras variáveis aleatórias.

Por fim, antes de optar por um dos tipos, é importante lembrar que cada um deles fornece informações diferentes, as quais podem ser ambas de extrema valia. O de carregamento infinito privilegia a viabilidade ou não das tarefas, permitindo uma rápida identificação de gargalos produtivos – o que permite uma rápida reação estabilizadora. Enquanto que o de carregamento finito indica como a capacidade instalada deve ser utilizada.

### 3.2.3. Sistemas de Carregamento Finito

Como se pode perceber, a opção feita para o caso do Serviços Urgentes foi a de um sistema de carregamento finito. O motivo principal pode ser considerado a adequação do referido sistema frente às proposições da empresa, que é a de passar ao cliente a informação mais confiável possível. É um ponto facilitador o fato do horizonte de planejamento ser curto, o que diminui a já comentada acumulação de erros.

Além disso, outro fator que pesou nessa decisão é a possibilidade deste sistema de realizar toda a programação da oficina, encontrando a melhor seqüência para o processamento das ordens de serviço, segundo a política de despacho e as restrições existentes. Enquanto que, no caso de um sistema para células de manufatura de carregamento infinito, tais funções são conduzidas pelos próprios funcionários do chão de fábrica. Por vezes isso resulta em programas que vão de desencontro com o desejo dos administradores.

Dois dos entraves dos sistemas de carregamento finito são as altas capacidade e velocidade de processamento. Esse tipo de trabalho teve como um dos pioneiros o engenheiro industrial Henry Lawrence Gantt (1861-1919). Suas pesquisas nesse ramo levaram aos conhecidos Gráficos de Gantt, os quais já foram muito difundidos, embora hoje abandonados em função de seu alto custo e de sua ineficiência quanto ao dinamismo do processo.

Anteriormente limitante, hoje a capacidade de processamento dos dados não pode mais ser considerada um entrave. A maioria da bibliografia sobre o assunto compreende as décadas de 60, 70 e 80. É importante lembrar que em 1989, um computador pessoal topo de linha continha o microprocessador Intel® 80486 de 33 MHz, com coprocessador i860 RISC. Ele era capaz de realizar 33 milhões de operações por segundo. Nesses doze anos que se passaram, os atuais Pentium IV chegam a ser 50 vezes mais velozes, além do custo de armazenagem e memória terem caído brutalmente<sup>2</sup>.

---

<sup>2</sup> Informação retirada de <http://www.computerhistory.org>

Alta performance dos computadores se torna um critério necessário na medida em que são realizados inúmeros cálculos. O sistema calcula as datas de entrega das ordens de serviço – as quais podem ser dadas em precisão de minuto – levando em consideração todo o congestionamento da oficina e a disponibilidade de mão-de-obra.

Quanto à estrutura do sistema, o mesmo pode ser dividido em quatro subsistemas principais:

1. Sistema para o processamento das ordens de serviço
2. Sistema para o planejamento e promessa de datas de entrega.
3. Sistema para programação e seqüenciação das ordens de serviço.
4. Sistema de controle e apontamento da produção

A função de cada um desses subsistemas pode ser inferida a partir de seus nomes. Todavia, todos serão comentados nas páginas seguintes.

#### **3.2.3.1 Sistema para o processamento das ordens de serviço**

Este módulo do sistema compreende todo o planejamento requerido para dar início à produção – como, por exemplo, o roteiro, as matérias-primas, a existência de serviços terceirizados, dentre outros.

O primeiro passo, que é a definição do roteiro e dos materiais utilizados é feito em concomitância com o orçamento do serviço. Existem casos que os serviços já vem aprovados da loja, sem que o orçamento seja feito. Mesmo assim o orçamento deverá ser feito, pois ele é a base para todo o processo de seqüenciação.

A partir de então o sistema está apto a iniciar o planejamento e a seqüenciação do serviço, em vista de se prometer uma data de entrega para o mesmo.

#### **3.2.3.2 Sistema para o planejamento e promessa das datas de entrega**

Até aqui nenhuma data fora de fato prometida ao cliente. O sistema simulou o roteiro do serviço de forma a encontrar a data mais provável de entrega do serviço, que

conseqüentemente deveria ser a data prometida. Entretanto, existem serviços de caráter mais urgente, normalmente por exigência do cliente.

Desta forma, o sistema precisa estar habilitado a trabalhar com esses imprevistos. Um problema disso é que, a partir do momento que a ocorrência de casualidades se tornar muito freqüente, pode ser interessante trabalhar com um fator de segurança na previsão dos tempos. Assim, haveria uma reserva de tempo para lidar com tais imprevistos, sem que as ordens de serviço em espera fossem prejudicadas. Tão logo uma jóia terminasse seu processamento, seu *status* seria atualizado, e a reserva de tempo relativa ao serviço em questão seria automaticamente anulada.

Vale ressaltar que a promessa de serviços em caráter urgente só poderia ser aprovada enquanto as ociosidades das máquinas fossem preenchidas. A permissão dada para que novas ordens de serviço entrem no sistema, com uma data prometida incapaz de ser cumprida, levará sua folga dinâmica a ser menor do outras que já possuem datas prometidas. Em função disso, uma ou várias ordens de serviço incorrem risco de não serem entregues na data prometida.

Não se deve proibir a entrada de serviços incompatíveis com a previsão dada, já que exceções podem ocorrer. Indo além deste aspecto, sabe-se que sistemas muito restritos podem ser mais seguros ante erros do operador, como neste caso. Entretanto, o fato de ser pouco flexível pode levá-lo ao desuso, em função de inadequação às necessidades dos seus usuários.

Prometida a data, as etapas de pré-processamento estão terminadas, estando a ordem de serviço pronta para ser processada.

### **3.2.3.3 Sistema para programação e seqüenciação das ordens de serviço**

O módulo responsável pela programação e seqüenciação dos serviços pode ser dividido em duas partes. A primeira delas diz respeito ao cálculo das folgas dinâmicas. Todas as ordens de serviço possuem um roteiro previamente determinado. Consta no mesmo a relação de departamentos pelos quais a jóia circulará.

Em um trabalho conjunto com uma matriz que guarda o *status* das ordens de serviço pendentes, o sistema identifica qual a próxima etapa de cada uma delas, e calcula, naquele instante, a folga dinâmica de cada um dos serviços. Desta forma, a preferência é dada para as ordens de serviço de menor folga dinâmica. Essa folga dinâmica deve ser recalculada cada vez que uma máquina é liberada, visto que ela se altera ao longo do tempo. É óbvio que não se recalcula as folgas que todas as ordens de serviço, mas apenas daquelas que tem como próxima etapa do roteiro aquela referente à máquina livre.

Vale lembrar que algumas das etapas envolvidas nos procedimentos do **SU** processam mais do que uma encomenda por vez. Um exemplo disso é os polidores. Apesar de só se polir uma jóia por vez, o funcionário recolhe um pequeno lote de jóias a ser trabalhada, e o faz em todo de uma vez. Isso é mais produtivo do que executar cada serviço e dar baixa no mesmo tão logo ele tenha sido terminado.

Outros setores também recolhem diversas ordens de serviço de uma vez, e as conforme elas terminam. Tais setores são aqueles que possuem outras funções, sendo os serviços prestados ao **SU** parte de suas atribuições. Desta forma, eles trabalham visando o cumprimento dos prazos, mas a programação de suas tarefas segue um dinamismo próprio de cada setor.

Nestes casos o indicado é trabalhar com o tempo médio que cada setor leva para concluir o que lhe fora solicitado (tais tempos podem ser encontrados em uma tabela no **Apêndice E**).

Já o caso do polimento é mais complicado. Para as atividades executadas neste departamento, deve-se trabalhar da forma proposta no **Apêndice C**. Nele, se sugere o trabalho em lotes. Assim, deve-se agrupar os serviços com menor folga dinâmica, de forma que o tempo de processamento do lote esteja próximo de um valor pré-determinado. Tal grupo de jóias é trabalhado, e os lotes devem ser periodicamente estudados, visando encontrar uma aproximação para o tempo individual de cada uma das operações executadas pelos polidores (maiores informações sobre como fazer isso no já referido apêndice).

Ressalta-se que a promessa das datas, no tocante do polimento, se baseia nos tempos encontrados para cada uma das operações executadas pelo setor. Apenas o processamento efetivo de tais atividades é feito de forma diferente.

Assim, é impressa uma listagem dos serviços pendentes, dividida por atividade, na qual as ordens são classificadas segundo ordem decrescente de prioridade. De posse deste relatório, as funcionárias administrativas encaminham os serviços conforme as máquinas vão sendo liberadas. Lembre-se que, conforme já dito ao longo deste, as máquinas nada mais são do que os funcionários, de um modo geral, sejam eles artesãos, projetistas, ou qualquer outro.

#### 3.2.3.4 Sistema de controle e apontamento da produção

O último dos módulos do sistema, porém não menos importante, é aquele que cuida do apontamento do andamento da produção. É essa parte do sistema que permite confrontar o que foi programado com a realidade da oficina.

Propõe-se a utilização de codificação das ordens de serviço, dos processos e dos funcionários, tudo por barras. Desta forma, o processo de apontamento da produção se torna relativamente fácil, desde que o sistema consiga aceitar a entrada de dados através da leitora ótica.

Tais dados devem ser armazenados em uma tabela ou matriz, a qual armazena as etapas do roteiro, bem como as datas de início e de término reais do seu processamento, conforme este vai acontecendo. Atentar ao fato de que datas, por si só, presumem o trabalho com atividades que perduram por vários dias, podendo atrasos de poucos dias parecer irrelevantes. Entretanto, considerando que muitas das atividades realizadas pelo **SU** levam menos do que uma quinzena para serem finalizadas, um atraso de alguns poucos dias chega a ser relevante. O melhor, neste caso, é medir os tempos através da diferença entre as datas e horas (com precisão dos minutos) das etapas iniciais e finais do processamento de cada jóia.

Vale lembrar que a tabela com os dados descritos anteriormente deve ser organizada por um número singular que a amarre a todas as outras. Neste caso em específico o número é o da ordem de serviço.

O sistema como um todo tem como um dos objetivos o de ser um banco de dados, o qual armazena o histórico de todas as ordens de serviço que passaram pelo **SU**. Assim, uma grande quantidade de dados permite a extração de relatórios gerenciais. A variedade de relatórios permitida é enorme, abrangendo os mais diversos focos e funções da oficina e departamentos relacionados. Tais relatórios devem conter estatísticas que permitirão tomadas de decisões corretivas (como averiguar qual o departamento que mais erra no orçamento, além de possibilitar métodos para se concretizar as correções), bem como permitir atualizações (fatores calculados nos apêndices, por exemplo).

Por fim, os dados precisos e reais constituem fonte importante para se iniciar novas pesquisas, como por exemplo, um estudo que permita a criação de fatores de acabamento e metal segundo o tipo de jóia, ou de metal, dentre outras opções a serem analisadas.

### 3.3. Arquitetura do sistema

Esta parte do trabalho apresenta esboços mais específicos de pontos do sistema de PPCP a ser instaurado na oficina **SU**. A explanação é acompanhada de supostas telas, desenvolvidas apenas a título de exemplificação, que deveriam constar no sistema.

Antes de se iniciar a análise aqui proposta, identifica-se três das principais funções do sistema:

- Confecção de Orçamentos
- Processamento da Ordem de Serviço
- Extração de Relatórios

Vale lembrar que essas funções estão ligadas a pelo menos um dos módulos descritos no capítulo anterior, e ressaltar que cada uma delas será melhor apresentada posteriormente. Antes disso, prossegue uma análise quanto à entrada dos serviços na cadeia produtiva do **Serviços Urgentes**.

Um ponto é tido como fundamental para a implementação do sistema, que é a utilização de código de barras por todo o processo. Essa determinação se apóia em algumas facilidades oriundas com o uso de tal ferramenta, em suma:

- Ganho considerável de velocidade na entrada de dados no sistema. No caso do **SU** a velocidade é um fator a ser levado em conta, visto que, em média, 220 ordens de serviços encontram-se em trânsito diário dentro da oficina, considerando apenas as já aprovadas. Dessa quantidade, cerca 20% se encontra nas mãos dos artesãos, enquanto o resto é trabalhado pelos outros departamentos.
- Diminuição sensível – praticamente ocorre a anulação – de erros decorrentes da entrada de dados no sistema. Sendo os erros facilmente acumulados ao longo do tempo, a vantagem aqui descrita se torna fundamental para o **SU**. Razões básicas para isso é o fato de que a imensa maioria dos artesãos é formada por pessoas não familiarizadas com computadores, o que facilmente levaria a erros no preenchimento manual.
- A precisão dos dados coletados atinge níveis ainda não vistos na oficina do **SU**. É possível determinar fidedignamente a produtividade dos artesãos e seu ócio, o tempo médio que as ordens de serviços gastam em departamentos que acumulam outras funções além das de auxiliar o **SU** (como é o caso do **CBR** na escolha das pedras e do **DC** na criação dos

desenhos técnicos). Como fruto da veracidade dos dados acumulados, os parâmetros utilizados na oficina são atualizados constantemente, conforme o necessário.

- Permitem a rastreabilidade de qualquer ordem de serviço dentro do sistema produtivo centrado no **SU**. A utilização do código de barras em todas as etapas do processo faz com que a posição da ordem de serviço possa ser verificada a qualquer instante. Isso facilita a cobrança de serviços com prazo expirado, além de tornar rápida a percepção de eventuais sobrecargas de alguns departamentos (o que pode ser observado quando os tempos de processamento de tais seções fujam muito da média histórica).

Dentre as inúmeras vantagens que podem ser abstraídas da utilização do código de barras, apenas quatro foram citadas acima, por se tratarem das mais importantes e de impacto mais relevante.

Para efeito ilustrativo, quaisquer que sejam as solicitações da ordem de serviço aberta, o sistema de PPCP deverá imprimir uma etiqueta de código de barras, a qual será anexada em local conveniente. O sistema automaticamente registra a data e hora de impressão da etiqueta (e conseqüente entrada do pedido no sistema), e o status da ordem de serviço passa a ser Aguardando Transporte.

O momento de recolhimento do malote pela transportadora também deve ser inserido no sistema, fazendo uso do código de barras para reconhecer o malote, e em seguida para alterar sua posição, que passa a ser a de Transporte.

Tal status só será alterado no momento em que os malotes chegarem ao **SU**, quando que novamente a ordem de serviço passa por um novo reconhecimento via leitora ótica, que agora passa a acusar Aguardando – SU. Esta definição é, de certa forma, genérica. O principal motivo para isso é a variabilidade dos serviços a serem executados em cada ordem de serviço.

Tão logo o pedido siga para a próxima etapa do seu roteiro, seu status é alterado, e junto dele a responsabilidade pela ordem de serviço. Qualquer que seja o próximo passo do serviço prestado, ele envolve uma das tarefas principais do sistema, citadas no início deste capítulo, explicadas nos tópicos seguintes.

### 3.3.1. Confeção de Orçamentos

Função vital para a oficina do **SU**, a confecção de orçamentos passa a ser automática com o uso do sistema. Claro que nem todas as ordens de serviço requerem orçamento, seja por

já estarem pré-aprovadas, ou por serem de jóias que constam no catálogo da empresa. Mesmo assim, grande parte dos serviços necessita ser orçada antes.

O primeiro passo é ter conhecimento da jóia a ser trabalhada. Caso necessite, a jóia deve ir para o **DC**, responsável pelo projeto do produto. Essa é a única etapa que pode ser predita no momento de preenchimento da ordem de serviço na loja. De posse do desenho técnico, o **SU** está apto a montar um orçamento mais adequado e preciso do serviço solicitado.

Acompanhando a lógica do **SU**, apresentada pelos três fluxogramas no item **1.6 – O SU (Serviços Urgentes)**, o próximo passo é a jóia ir para o departamento de pedras, o **CBR**, conforme a necessidade. Lá, as pedras necessárias para a confecção dos serviços – estando elas em estoque ou devendo ser encomendadas – devem ser inseridas no sistema, de forma que no momento do cálculo do orçamento elas sejam computadas no total. A tela abaixo demonstra como devem ser inseridos os dados. Ressalta-se que pedras de diferentes lotes – e conseqüentemente tipos – são acrescentadas em campos diferentes, por diferenças óbvias de custo e estoque.

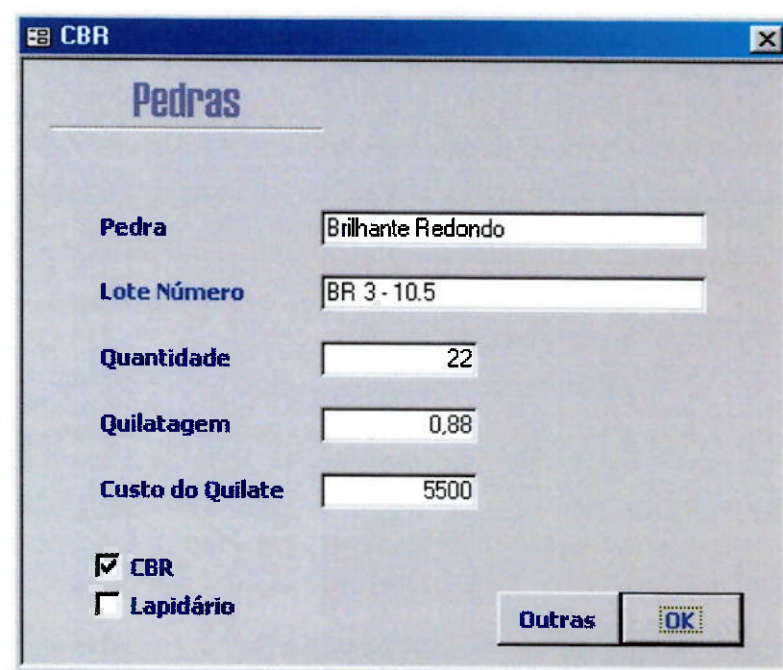


Figura 3.5: Sistema – Consumo de Pedras

Elaborada pelo autor

A distinção entre **CBR** e Lapidário (Fornecedores Externos) é necessária, pois ela altera os prazos para o término dos serviços. Enquanto o **CBR** necessita de dois dias úteis para disponibilizar a pedra, o lapidário requer 20.

A ordem de serviço volta para o **SU**, dispondo agora de todos os dados necessários para a finalização do orçamento.

A maioria dos cálculos envolvidos requer uma informação básica, que é o peso do metal a ser utilizado. As telas a seguir permitem visualizar a inserção da quantidade de metal no sistema.

|             | Ourives | Fundição | Colar |
|-------------|---------|----------|-------|
| Ouro        | 5,65    | 12,25    | 0     |
| Ouro Branco | 0       | 0        | 0     |
| Prata       | 0       | 0        | 0     |
| Platina     | 0,75    |          |       |

Figura 3.6: Sistema – Célula de Ourivesaria

Elaborada pelo autor

A inserção de metal é separada em três partes, visto que o cálculo do tempo requerido pelos ourives é diferente em casos de trabalho manual ou fundição. Aos campos referentes a colar são devido ao fato de carretéis com as correntes de metal serem comprados prontos, e justamente por isso tem um valor por grama de metal superior ao convencional, o qual já embute o feito do mesmo.

Próximo passo é inserir as quantidades de cravações, descravações e revisões a serem feitas na célula de cravação, o que pode ser verificado na próxima tela.

|      |    |       |   |      |   |
|------|----|-------|---|------|---|
| CR1  | 22 | DCR1  | 0 | RV1  | 0 |
| CR2  | 8  | DCR2  | 0 | RV2  | 0 |
| CR3  | 0  | DCR3  | 0 | RV3  | 0 |
| CR4  | 0  | DCR4  | 0 | RV4  | 0 |
| CR5  | 0  | DCR5  | 0 | RV5  | 0 |
| CR6  | 8  | DCR6  | 0 | RV6  | 0 |
| CR7  | 0  | DCR7  | 0 | RV7  | 0 |
| CR8  | 0  | DCR8  | 0 | RV8  | 0 |
| CR9  | 0  | DCR9  | 0 | RV9  | 0 |
| CR10 | 0  | DCR10 | 0 | RV10 | 0 |
| CR11 | 0  | DCR11 | 0 | RV11 | 0 |
| CR12 | 0  | DCR12 | 0 | RV12 | 0 |

Figura 3.7: Sistema – Célula de Cravação

Elaborada pelo autor

A etapa seguinte é a inserção das tarefas a serem executadas pelo polimento, o que é feito na tela a seguir.

| Tarefa       | Valor |
|--------------|-------|
| Polimento    | 8     |
| Banho        | 0     |
| Limpeza      | 0     |
| Escova       | 0     |
| Fosqueamento | 8     |

Isolar

☐

☒

OK

Figura 3.8: Sistema – Célula de Polimento

Elaborada pelo autor

A marcação para isolar, ou não, partes da jóia é necessária, já que os tempos de processamento, bem como os custos, são mais elevados.

Ainda na oficina, resta considerar a necessidade dos acabamentos executados pelos ourives. Sua atualização é feita na tela apresentada abaixo.

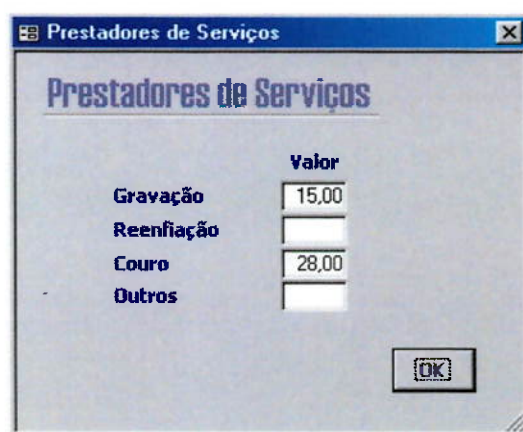
| Acabamento | Seleção                             |
|------------|-------------------------------------|
| Esmaltado  | <input type="checkbox"/>            |
| Fresado    | <input type="checkbox"/>            |
| Lixado     | <input type="checkbox"/>            |
| Martelado  | <input checked="" type="checkbox"/> |

OK

Figura 3.9: Sistema – Célula de Acabamento

Elaborada pelo autor

Finda as considerações dentro da oficina, ainda resta analisar duas etapas. A primeira delas é se há a necessidade ou não de serviços executados por prestadores de serviços, como gravação do metal, reenfição de pérolas, detalhes em couro, entre outros. Nestes casos, o dado relevante para a confecção do orçamento é simplesmente o valor cobrado por cada um desses serviços. Apesar desses fornecedores cobrarem quantias conhecidas para os seus serviços, tais valores podem ser alterados a qualquer momento, sendo o **SU** obrigado a absorver a diferença de valores. A tela a seguir ilustra a entrada desses dados.



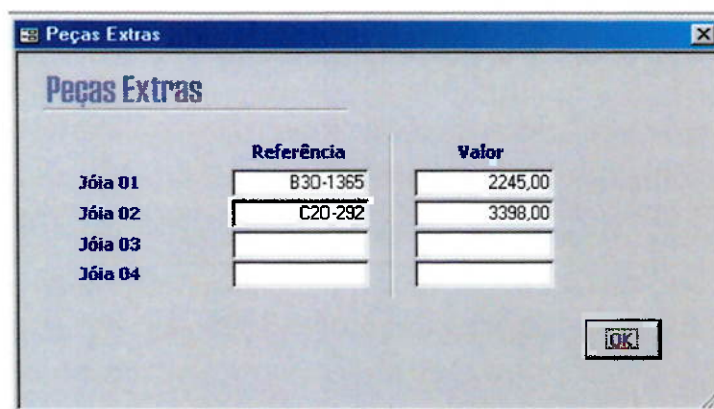
A tela, intitulada "Prestadores de Serviços", apresenta uma interface com o título "Prestadores de Serviços" em azul. Abaixo, há uma tabela com duas colunas: "Valor" e "Referência". As linhas da tabela são: "Gravação" com o valor 15,00; "Reenfição" com o valor em branco; "Couro" com o valor 28,00; e "Outros" com o valor em branco. Um botão "OK" está localizado no canto inferior direito.

|           | Valor |
|-----------|-------|
| Gravação  | 15,00 |
| Reenfição |       |
| Couro     | 28,00 |
| Outros    |       |

Figura 3.10: Sistema – Prestadores de Serviço

Elaborada pelo autor

Por último, resta saber se alguma jóia do estoque da empresa deverá ser canibalizada para a conclusão dos serviços solicitados. Existem casos nos quais não se existe mais algum dos componentes da jóia, e sua fabricação seria muito onerosa. Desta forma, sugere-se ao cliente a compra de alguma peça de estoque, da qual seria retirada a parte necessária. O departamento técnico – caso seja desejo do cliente – pode sugerir usos para o que restou da jóia original. As informações necessárias para o orçamento, neste caso, são a referência do produto e seu valor. A tela a seguir finaliza a entrada de dados para o cômputo do orçamento.



A tela, intitulada "Peças Extras", apresenta uma interface com o título "Peças Extras" em azul. Abaixo, há uma tabela com duas colunas: "Referência" e "Valor". As linhas da tabela são: "Jóia 01" com referência B30-1365 e valor 2245,00; "Jóia 02" com referência C20-292 e valor 3398,00; "Jóia 03" com referência e valor em branco; e "Jóia 04" com referência e valor em branco. Um botão "OK" está localizado no canto inferior direito.

|         | Referência | Valor   |
|---------|------------|---------|
| Jóia 01 | B30-1365   | 2245,00 |
| Jóia 02 | C20-292    | 3398,00 |
| Jóia 03 |            |         |
| Jóia 04 |            |         |

Figura 3.11: Sistema – Peças Extras

Elaborada pelo autor

### 3.3.2. Processamento das Ordens de Serviço

Ao fim da confecção do orçamento, o sistema é capaz de identificar todas as etapas necessárias para a conclusão dos serviços solicitados. Desta forma, o roteiro do serviço já está previamente montado.

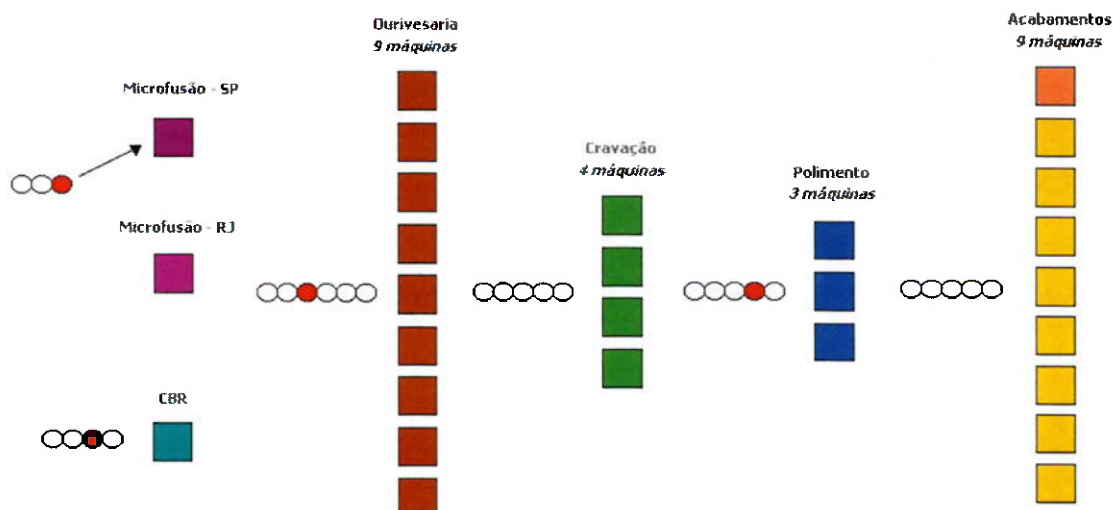


Figura 3.12: *Flow Shop* - SU

Elaborada pelo autor

O orçamento é enviado ao cliente. Caso aprovado, é solicitada, ou não, ao **SU** uma data de entrega para o serviço. Como o roteiro foi montado previamente, durante a confecção do orçamento, basta ao módulo do sistema responsável pelo planejamento e promessa da data de entrega alocar a ordem de serviço em questão em cada uma das máquinas utilizadas no processamento, seguindo sempre, e para cada um dos departamentos, a política de despacho de menor folga dinâmica.

Após encaixar cada uma das operações nas respectivas filas de cada departamento, o sistema é capaz de devolver uma data, que deve ser confirmada com o cliente, para a conclusão dos serviços. Casos de discordância dessas datas irão ocorrer. Há a obrigação do vendedor em tentar convencer o cliente de que a menor data que a empresa pode terminar o serviço é aquela. Entretanto, a empresa preza seus clientes, bem como a venda do seu serviço, assim, casos como esse devem ser, ao invés de recusados, tratados como exceções.

Após a promessa de uma data de entrega, é tarefa do vendedor alimentar o sistema com a mesma, pois a partir de então ela será utilizada na seqüenciação, e conseqüentemente no cálculo das folgas dinâmicas, das ordens de serviço. Os dados referentes a essa ordem de serviço são atualizados em uma tabela do sistema, conforme a apresentada a seguir (O registro em vermelho é o que será acompanhado ao longo desta explicação).

| Ordem de Serviço | Cliente              | Procedência | Data Prometida |
|------------------|----------------------|-------------|----------------|
| 45.321           | Maria Luísa Ferreira | ZCN         | 27/08/01       |
| 13.218           | Adriana Melina       | ZIB         | 28/08/01       |
| 6.324            | Juliana Camargo      | ZCB         | 11/09/01       |
| 12.414           | Simone Loyola        | ZSAF        | 01/09/01       |

Tabela 3.4: Tabela com dados da ordens de serviços

Elaborada pelo autor

O roteiro já está armazenado conforme a tabela a seguir.

| Roteiro | Ordem de Serviço | Passo | Tempo de Processamento | Status |
|---------|------------------|-------|------------------------|--------|
| 1       | 45.321           | 1     | 240                    | 1      |
| 2       | 13.218           | 1     | 1.000                  | 1      |
| 1       | 6.324            | 1     | 360                    | 1      |
| 3       | 45.321           | 2     | 1.200                  | 2      |
| 7       | 12.414           | 1     | 40                     | 0      |
| 3       | 13.218           | 2     | 135                    | 0      |
| 7       | 45.321           | 3     | 25                     | 0      |
| 4       | 6.324            | 2     | 270                    | 2      |
| 5       | 6.324            | 3     | 7.500                  | 0      |

Tabela 3.5: Tabela com dados sobre os roteiros

Elaborada pelo autor

As etapas do roteiro de cada ordem de serviço são identificadas por algumas variáveis. Uma delas é chama de Roteiro. Nesta coluna se assinala qual o departamento responsável pela etapa em questão. Associa-se a cada etapa um Tempo de Processamento, bem como um *status*, que pode ter **três** opções: 0 (operação não iniciada), 1 (operação concluída) e 2 (operação em andamento). O status permite rastrear a ordem de serviço, conforme a necessidade.

A coluna Passo, da matriz anterior, se refere à posição da operação em questão dentro do roteiro. Ela é necessária para a seqüenciação das ordens de serviço. O sistema calcula todas as folgas dinâmicas. A predileção pela menor delas só se dá se a etapa predecessora já fora concluída (*status* igual a 1).

Voltando ao fluxo da ordem de serviço: a partir de então, ela é de responsabilidade do **SU**. Dá-se início ao seu processamento, sendo duas as opções seguintes: ou aguardar processamento, ou ter seu início imediato. No primeiro caso ela continua em poder do **Serviços Urgentes**.

Já no de início do processamento, o trânsito da ordem de serviço por outros setores deve ser acusado no sistema. Vale lembrar que os serviços da microfusão – seja em SP ou no RJ - podem ocorrer em paralelo com os do **CBR**, pois são independentes (conforme fluxograma apresentado no item 1.6 – **O SU (Serviços Urgentes)**). É claro que no cálculo das datas leva

em consideração esse fato, utilizando o maior dos tempos para a promessa de uma data de entrega. Não esquecer que ambas as etapas deve estar concluídas para que a ordem de serviço siga para a subsequente.

Em vista de permitir a rastreabilidade das ordens de serviço dentro do sistema de produção organizado em torno do **SU**, suas informações são armazenadas em diversas tabelas, estando todas elas ligadas através do número da ordem de serviço. Para facilitar tal procedimento, utiliza-se leitoras de código de barras.

Quanto às operações executadas em cada departamento, são todas identificáveis através do orçamento. Cita-se como exemplo as pedras separadas pelo **CBR**. Como as pedras orçadas são iguais as efetivamente utilizadas, basta o sistema utilizar as informações de pedras anteriormente armazenadas pelo **CBR**, conforme mostra a tabela abaixo.

| Ordem de Serviço | Pedra        | Lote         | Quantidade | Quilatagem | Custo do Quilate |
|------------------|--------------|--------------|------------|------------|------------------|
| 45.321           | Brilhante    | B3 - 10.1    | 25         | 0,75       | 3.300            |
| 13.218           | Esmeralda    | ESM - F.1245 | 1          | 0,80       | 7.000            |
| 6.324            |              |              |            |            |                  |
| 12.414           | Topázio Azul | TA - H.135   | 4          | 2,34       | 2.400            |

Tabela 3.6: Tabela sobre consumo de pedras

Elaborada pelo autor

Uma exceção é feita à regra acima, que se refere ao consumo de metal. Essa etapa possui, normalmente, um gasto de material diferente do previsto. Por isso, ao término dela, existe a obrigação de inserir as quantidades efetivas de metal nobre utilizada, as quais são armazenadas na tabela abaixo:

| Ordem de Serviço | Ouro | Fundição | Colar | Ouro Branco | Fundição | Colar | Prata | Fundição | Colar | Platina |
|------------------|------|----------|-------|-------------|----------|-------|-------|----------|-------|---------|
| 45.321           |      | 22,00    |       |             |          |       |       |          |       | 0,78    |
| 13.218           | 6,40 |          |       |             |          |       |       |          |       |         |
| 6.324            |      | 9,50     |       |             |          |       |       |          |       |         |
| 12.414           |      |          |       |             |          |       |       |          |       |         |

Tabela 3.7: Tabela sobre consumo de metal

Elaborada pelo autor

Além de tudo o que foi citado anteriormente, é importante frisar que cada vez que uma ordem de serviço começa a ser processada em determinado setor, o funcionário responsável deve se identificar (já existe um código de barras em cada crachá), além de fazer o mesmo com a ordem de serviço. Como existem casos de funcionários com múltiplas habilidades, também deve ser identificado o departamento responsável pela operação a ser executada.

Ao término da operação, o funcionário deve repetir o processo. O sistema anota automaticamente as datas e horas de início e término do processamento de cada jóia, e as guarda em uma tabela conforme a mostrada a seguir.

| Roteiro | Ordem de Serviço | Passo | Tempo Efetivo | Status | Data Início | Hora Início | Data Fim | Hora Fim | Funcionário |
|---------|------------------|-------|---------------|--------|-------------|-------------|----------|----------|-------------|
| 1       | 45.321           | 1     | 228           | 1      | 23/08/01    | 13:30       | 23/08/01 | 17:18    | Francisco   |
| 2       | 13.218           | 1     | 1.023         | 1      | 20/08/01    | 14:28       | 22/08/01 | 14:51    | Marcos      |
| 1       | 6.324            | 1     | 352           | 1      | 22/08/01    | 10:52       | 22/08/01 | 17:44    | Dirceu      |
| 3       | 45.321           | 2     |               | 2      | 24/08/01    | 08:12       |          |          | Celso       |
| 7       | 12.414           | 1     |               | 0      |             |             |          |          |             |
| 3       | 13.218           | 2     |               | 0      |             |             |          |          |             |
| 7       | 45.321           | 3     | 23            | 0      |             |             |          |          |             |
| 4       | 6.324            | 2     |               | 2      | 24/08/01    | 09:33       |          |          | Valter      |
| 5       | 6.324            | 3     |               | 0      |             |             |          |          |             |

Tabela 3.8: Tabela com o acompanhamento dos serviços

Elaborada pelo autor

Para que o sistema possa programar as ordens de serviço, visando aproveitar ao máximo a ocupação da oficina permitida, deve existir uma matriz que liste todos os artesãos e suas aptidões. Os dados das células são binários, sendo a falta de aptidão representada por 0, e a habilidade em questão por 1. A tabela abaixo ilustra a afirmação anterior.

| Funcionário | Ouivesaria | Cravação | Descravação | Revisão | Polimento | Acabamentos | Esmaltação |
|-------------|------------|----------|-------------|---------|-----------|-------------|------------|
| Alberto     | 0          | 0        | 0           | 0       | 1         | 0           | 0          |
| Anderson    | 1          | 0        | 0           | 0       | 0         | 0           | 0          |
| Araúna      | 1          | 0        | 0           | 0       | 0         | 1           | 0          |
| Benilton    | 1          | 0        | 0           | 0       | 0         | 1           | 0          |
| Celso       | 0          | 1        | 1           | 1       | 0         | 0           | 0          |
| Dirceu      | 1          | 1        | 1           | 1       | 0         | 1           | 0          |
| Edu         | 0          | 1        | 1           | 1       | 0         | 0           | 0          |
| Francisco   | 1          | 1        | 1           | 1       | 0         | 1           | 1          |
| Kléber      | 1          | 0        | 0           | 0       | 0         | 1           | 0          |
| Mairton     | 1          | 0        | 0           | 0       | 0         | 0           | 0          |
| Marcos      | 1          | 1        | 1           | 1       | 0         | 1           | 0          |
| Nivaldo     | 1          | 1        | 1           | 1       | 0         | 1           | 0          |
| Norberto    | 0          | 0        | 0           | 0       | 1         | 0           | 0          |
| Pedro       | 0          | 1        | 1           | 1       | 0         | 0           | 0          |
| Sérgio      | 0          | 1        | 1           | 1       | 0         | 0           | 0          |
| Silvestre   | 1          | 0        | 0           | 0       | 0         | 0           | 0          |
| Valter      | 0          | 0        | 0           | 0       | 1         | 0           | 0          |

Tabela 3.9: Tabela com as habilidades dos artesãos

Elaborada pelo autor

Resta uma consideração quando ao calendário de trabalho. Em função de feriados móveis e das reposições de dias não trabalhados, não basta considerar os dias úteis. Sendo isso razoavelmente freqüente, o sistema comportará um calendário, conforme a figura abaixo, que permita manipular as datas, conforme ilustrado abaixo.



Figura 3.13: Sistema – Calendário

Elaborada pelo autor

### 3.3.3. Extração de Relatórios

A terceira função citada no início deste capítulo é a extração de relatórios gerenciais. Eles são uma ferramenta que permite verificar se o desempenho do sistema está dentro do esperado.

O sistema de PPCP aqui proposto é, além de tudo, um banco de dados. Conforme já analisado, ele é alimentado com informações precisas de consumo de recursos, sejam estes materiais ou mão-de-obra. Assim, é vultosa a quantidade de dados armazenados, os quais retratam fielmente a oficina **SU**.

Alguns relatórios são de suma importância. Sua extração será de extrema valia na atualização de alguns de seus dados, como os tempos padrão de algumas das tarefas. Os relatórios considerados mais importantes são descritos abaixo, juntos de uma breve descrição elucidativa de cada um deles.

#### 1. Produtividade dos artesãos

O **SU** é um departamento que envolve duas premissas básicas, uma é tempo e a outra qualidade. A justificativa para isso é clara: tempo, na medida em que são serviços com data prometida para a clientela, e qualidade, já que são jóias próprias dos clientes.

De forma a incentivar ambos, a H Stern oferece um prêmio aos seus artesãos, o qual envolve o computo destas premissas. A qualidade é visualmente aferida, enquanto que o tempo é levado em conta na razão entre o tempo efetivamente trabalhado sobre o tempo total disponível, relação usada para o cálculo de produtividade individual.

Da forma como é feito hoje, esse cálculo contém diversas imprecisões. Isso porque as ordens de serviço são analisadas manualmente, e os tempos são aqueles anotados pelos artesãos.

Não é difícil para o sistema montar um relatório que substitua o método atual. Os tempos efetivos de cada serviço constam no sistema, enquanto que a disponibilidade total é dada pela folha de ponto de cada funcionário, também armazenada pelo sistema.

Os prêmios são calculados segundo faixas de produtividade, e poderiam ser apresentados imediatamente, com uma simples consulta ao sistema.

## **2. Ocupação da Oficina**

A ocupação da oficina pode ser observada em um relatório que contenha um gráfico de Gantt, o qual apresenta a carga de cada um dos departamentos ligados a oficina. Um relatório deste tipo é de suma importância para o controle da mesma, pois permite à gerente do **SU** a antecipação de casos de sobrecarga do sistema produtivo, recrutando mão-de-obra extra, ou tomando qualquer outra medida necessária.

Ao mesmo tempo, este relatório deve conter estatísticas que apresentam o aumento ou diminuição da demanda pelos serviços do **SU**, o que também é uma forma de prever sobrecargas.

Por fim, é possível, a longo prazo, estudar a sazonalidade envolvida no processo. É de conhecimento do **SU** a existência de tal fenômeno em determinadas épocas do ano (meses de julho e dezembro).

## **3. Tempos-padrão para Atividades de Cravação, Polimento**

As atividades exercidas pelos departamentos de cravação e polimento possuem certa padronização. Assim, é possível determinar os tempos médios dessas tarefas, e adotá-los como padrão, conforme demonstrado nos apêndices deste trabalho.

Isso é importante na medida em que permite calcular os tempos-padrão individuais de cada artesão, tornando a seqüenciação mais exata, se for este o desejo. Outra opção é desdobrar em mais opções as atividades do departamento de cravações. Por fim, pode-se procurar relações entre o tamanho e/ou tipo de pedra, e o tempo despendido em sua cravação.

O polimento dos lotes de jóias, conforme afirmado no **Apêndice C**, não permite a aferição dos tempos individuais de cada peça. Assim, o estudo proposto no referido apêndice deve ser constantemente refeito, de forma a atualizar sempre os tempos-padrão – necessário para se acompanhar a evolução de design (e conseqüente complexidade) das peças.

Some-se a isso a possibilidade de se determinar os tempos, segundo o tipo de jóia, para cada uma das outras atividades do departamento de polimento (banhos, limpeza, escova e fosqueamento), ao contrário do que foi feito no **Apêndice C**.

Todas essas sugestões acima permitem apurar mais o custeio dos serviços executados por esses departamentos.

#### **4. Fatores para as Atividades de Ourivesaria e Acabamentos**

Semelhantemente ao relatório anterior, os fatores utilizados nos departamento de ourivesaria e acabamento podem ser revistos.

No caso dos acabamentos, eles podem ser desdobrados para cada um dos acabamentos, a saber: esmaltado, fresado, lixado e martelado.

Já os fatores de metal permitem ir além. Com uma quantidade suficiente de dados, pode-se ampliar o estudo, encontrando um fator individual para cada tipo de metal nobre utilizado. Mas o mais importante seria realizar um estudo estatístico de regressão múltipla, visando encontrar a influência de diversas características da jóia no tempo de manuseio da mesma pelo ourives. Tais fatores são conhecidos, como por exemplo: o espaçamento entre as pedras (se existentes), a presença de peças oriundas da microfusão, bem como o tipo de jóia trabalhado.

As justificativas e utilidades são as mesmas citadas para o caso anterior.

#### **5. Ordens de Serviço Atrasadas**

O objetivo do sistema proposto para o **SU** pode ser resumido no seguinte: entregar ao cliente sua jóia no prazo prometido. Apesar de ser a meta principal, nada garante que algumas ocorrências indesejáveis possam acontecer.

Ordens de serviço atrasadas devem ser trabalhadas com preferência. Talvez não dentro do próprio sistema, mas através da sub-contratação (casos mais drásticos), ou da re-alocação de funcionários de outros centros produtivos, como o **CP** e o **Modelismo**.

A ocorrência de atrasos é altamente indesejável, por isso se houver uma forma de os identificar, esta deve ser utilizada.

## 6. Tempos de Departamentos Coligados

Existem alguns departamentos que, hoje, trabalham como o **SU**. Isso significa que eles recebem os serviços e possuem um prazo fixo para os concluir. Esse método ignora a fila de ordens de serviço, havendo períodos em que esses setores trabalham com folga, e outros nos quais atrasam os pedidos.

Ao contrário do proposto ao **SU**, esses setores não têm como trabalhar com prazos flexíveis, determinados através da seqüenciação de suas atividades. A principal razão para isso é que a maioria deles possui outras responsabilidades, sendo que alguns ainda mesclam características de um *flow shop* com a de uma linha de produção.

Por fim, existem alguns fornecedores externos, que conhecendo suas estruturas e formas de trabalho, desconsidera-se a vontade dos mesmos em adotar alguma forma de controle e planejamento de sua produção.

Apesar dos empecilhos, tais departamentos devem trabalhar com metas, e para tanto terem seus prazos determinados e cumpridos. Em vista de se determinar se os prazos hoje praticados são condizente com a carga de trabalho efetiva, o sistema deverá emitir relatórios que atestem o tempo médio de processamento das jóias em tais departamentos.

Essa quantificação se tornará mais interessante na medida em que o sistema – seja automaticamente ou através de listagens com os tempos em questão – permita encontrar comportamentos segundo distribuições de probabilidades para os tempos de dada um dos referidos departamentos. Além disso, um histograma apresentando os tempos também pode ser utilizado como uma ferramenta de controle.

Por fim, pode-se verificar a existência de ciclicidade nos tempos de resposta de cada setor. Alguns deles, em especial o **DC** (Departamento de Criação), possuem sobrecargas consideráveis em épocas específicas do ano. Para o exemplo citado, tais épocas são Maio e Dezembro, com os lançamentos de novos catálogos, além do final de agosto, quando os desenhistas criam a coleção lançada junto do *Trunk Show*, evento este explicado no início do trabalho.

## 7. Relação Orçado versus Efetivo

Último relatório citado, mas não menos importante do que os outros, é um comparativo entre os serviços orçados versus aqueles efetivamente realizados.

Principalmente no tocante do peso de metal consumido, esse relatório é fundamental para quantificar esses desvios. Além disso, atualizações e talvez novas frentes de estudos possam ser levadas a cabo através desses relatórios, como citado no relatório sobre os fatores para as atividades de ourivesaria e acabamento, além do fator que estipula o tempo de ourivesaria das ordens de serviço.

Além disso, esse relatório permite quantificar as perdas, ou lucro, no que se refere à confecção dos orçamentos. Em caso de erros altos, medidas devem ser tomadas, visando corrigir o método de orçar.

Outra ferramenta é identificar a fonte dos erros. Se são igualmente distribuídos entre os funcionários (artesãos ou administrativos), ou se suas ocorrências se concentram em alguém específico. Desta forma, as medidas corretivas podem ser localizadas e específicas, ao invés de globais e gerais.

Vale lembrar que os relatórios podem variar conforme a necessidade. Aqui foram apresentadas algumas opções, tidas como as mais relevantes para o gerenciamento da oficina. Entretanto, se for desejo de sua administradora, o **DIN** (Departamento de Informática) pode acrescentar rotinas as já existentes.

## 4. Resultados

### 4.1. Mérito dos Resultados

Os capítulos anteriores apresentaram uma análise do **Serviços Urgentes**, seguida da proposta deste trabalho, que era a de modelar um sistema de planejamento, programação e controle da produção do **SU**.

O estágio no **Serviços Urgentes** durou exatos 18 meses, período suficiente para esmiuçar o funcionamento do setor. Tal conhecimento foi fundamental para assumir algumas das hipóteses simplificadoras deste trabalho, chegando assim a um resultado não só plausível, mas que também oferecesse uma solução boa para o problema do **SU**.

Todas as decisões feitas ao longo desta monografia são suportadas por estudos e teorias contidos na bibliografia apresentada ao final. Apesar de boa parte da bibliografia sobre seqüenciação (*Scheduling*) datar de duas a três décadas atrás, boa parte de suas conclusões são válidas até hoje.

Talvez a falta de uma simulação em computador possa ser sentida. Contudo, a ausência de resultados quantificados para as hipóteses aqui assumidas, principalmente quanto à regra de despacho, é compensada pelo estudo analítico junto das justificativas qualitativas para a adoção das referidas hipóteses.

Vale lembrar que os resultados qualitativos apresentados são originários de estudos suportados por conclusões quantitativas. Em função das hipóteses assumidas, que procuraram associar o **SU** a algum dos casos propostos, as conclusões bibliográficas puderam ser estendidas e tiveram de ser adaptadas (conforme a necessidade) ao caso do **Serviços Urgentes**.

Desta forma, a validade de todo o estudo apresentado pode ser atestada. O mérito de cada uma das decisões feitas ao longo deste trabalho foi explicitado senão junto, logo após as mesmas. Assim, a função deste capítulo foi apenas a de ressaltar que as escolhas feitas ao longo deste trabalho são asseguradas pela bibliografia.

## 4.2. Importância para a Empresa

Com o crescimento verificado dentro da empresa na última década, a estrutura do **SU** tornara-se obsoleta para lidar com as novas necessidades e com a demanda crescente pelos seus serviços.

Inicialmente, as medidas corretivas eram de cunho paliativo. Não se propunham soluções de longo prazo para o setor, apenas aquelas descartáveis, como aumento do quadro de funcionários.

Hoje, a H Stern é uma das cinco maiores joalherias do mundo. Para chegar a essa posição, e sobretudo manter-se entre as maiores, não basta ser reconhecida pela qualidade dos seus produtos. Os consumidores tornaram-se mais exigentes nos últimos anos, e a qualidade do serviço passou a ser de suma importância para ganhar a fidelidade dos clientes.

O **Serviços Urgentes** é um departamento vital para se atingir tal propósito, o de conquistar clientes. A excelência, qualidade e flexibilidade de suas atividades e serviços devem ter uma estrutura compatível para a suportar. O setor requer um dinamismo ímpar dentro da empresa, e era de se estranhar que nunca tivesse recebido maiores cuidados no sentido de melhorar a maneira dele trabalhar.

Assim, para melhorar a qualidade do serviço, não em termos individuais, mas sim da oficina como um todo, foi sugerido um sistema de planejamento, programação e controle da produção, segundo apresentado.

Como dito no início do trabalho, explicitado na forma dos objetivos do mesmo, o escopo inicial do projeto, de disponibilizar ao cliente um prazo preciso para o serviço a ser realizado, foi extrapolado. Os benefícios gerenciais da adoção do sistema proposto permitem ao **SU** não só entregar ao cliente suas jóias no prazo determinado, como também elevam o setor a uma posição mais ativa e rápida perante eventuais problemas.

Fora isso, a implementação de um sistema de planejamento, programação e controle da produção no **SU**, da forma como proposto ao longo do trabalho, permite a empresa um melhor controle dos custos envolvidos na manutenção do referido departamento.

Há tempos o **SU** não passa por uma revisão de seus custos. Durante a realização desses trabalhos, algumas informações referentes ao custeio dos serviços prestados pelo setor se mostraram necessárias. No momento da análise das mesmas algumas dúvidas foram levantadas, as quais só poderiam ter sido sanadas caso tais informações não houvessem se perdido ao longo do meio século de idade da empresa.

Desta forma, conforme já afirmado, o sistema permitirá a mais precisa análise de custos já realizada dentro do setor. Assim, eventuais distorções surgidas ao longo do tempo poderão ser corrigidas, fazendo com que o **SU** trabalhe sem onerar injustamente uma das partes, seja esta formada pelos clientes, seja ela a própria empresa.

Além desses benefícios, o sistema de PPCP a ser introduzido no **Serviços Urgentes** também vai de encontro com os objetivos do estágio. A proposta inicial do estágio era a de agregar algum serviço diferenciado a *homepage* da H Stern, que pudesse atrair os clientes para visitar a página.

Apesar de não ser a finalidade do sistema, ele pode, com as devidas adaptações, passar a trabalhar em conjunto com a Internet, de maneira que o serviço observado na concessionária de veículos, citada no início do trabalho, seja adequado à realidade da H Stern.

Assim, o sistema é uma ferramenta tanto para o gerenciamento mais eficaz do **SU**, quanto para assegurar a fidelidade de novos e antigos clientes. Sendo os objetivos e as consequências do sistema projetado, é perfeitamente aceitável a ansiedade com que a H Stern aguarda a implementação do mesmo, atestando mais uma vez a primazia dos seus serviços, e dando a devida atenção ao seu principal ativo, sua clientela.

### 4.3. Implementação do Projeto

A implementação do projeto começou junto deste trabalho. Segundo BUFFA (1979), em [7], o que determina se um sistema será intensamente utilizado ou não é sua interface com o usuário, e sua virtude de ser um facilitador do trabalho a ser realizado. Do contrário, o mesmo ficará em segundo plano.

Justamente por isso é que a pesquisa e posterior redação desta monografia também é parte da implementação do projeto, que obedecerá ao cronograma apresentado na página seguinte.

O cronograma em questão nada mais é do que uma síntese das etapas do projeto. Ele é apresentado na forma de um gráfico de Gantt, no qual consta um resumo das atividades a serem praticadas, em vista de se concluir o projeto.

É claro que o nível de detalhamento das etapas poderia ser bem maior. Entretanto, deixa-se tal tarefa para cada um dos responsáveis envolvidos nas grandes etapas. Vale lembrar que os prazos aqui impostos são apenas sugestões, devendo ser alterados conforme a necessidade. Entretanto, afirma-se aqui que é ambição da empresa estar com o sistema implementado em todas as suas lojas até o início de 2003.

Por fim, apresenta-se abaixo a legenda do gráfico de Gantt da página seguinte. As cores definem os responsáveis por cada uma das tarefas.

| Legenda:                                                                            |                                   |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|
|  | Estagiário SU                     |
|  | Diretoria                         |
|  | Departamento de Informática (DIN) |
|  | Analistas de Sistemas             |
|  | Programadores                     |

Figura 4.1: Legenda do Cronograma

Elaborada pelo autor

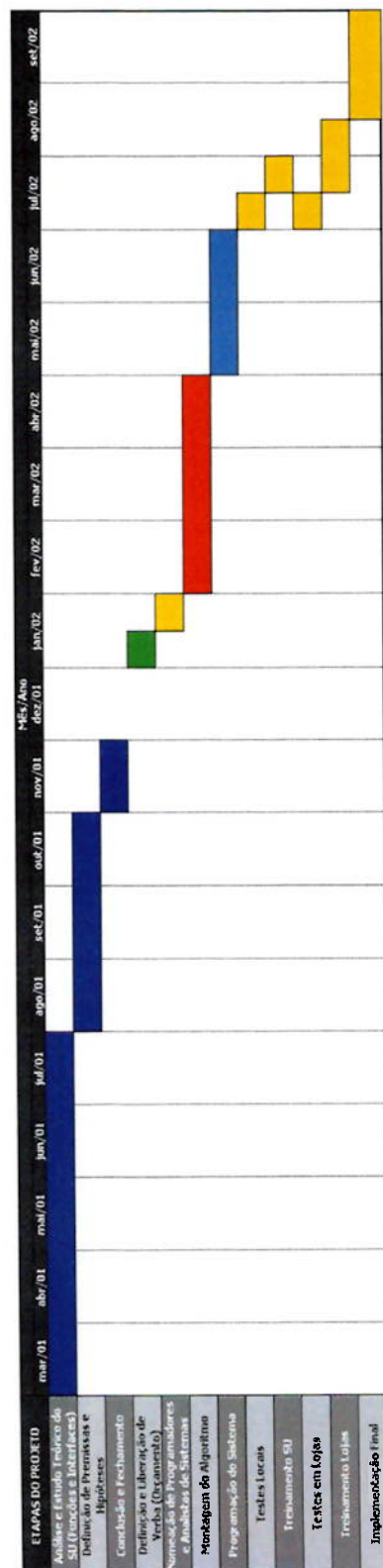


Figura 4.2: Cronograma de Implementação do Projeto  
Elaborada pelo autor

## **5. Bibliografia**

### **5.1. Livros e Apostilas**

- [1] FITZSIMMONS, James A., FITZSIMMONS, Mona J., *Administração de Serviços* – 2ª Edição, Porto Alegre, Bookman, 2000
- [2] BARNES, Ralph M., *Estudo de Movimentos e de Tempos: Projeto e Medida do Trabalho* – 6ª Edição, São Paulo, Editora Edgard Blücher, 1977
- [3] MONTGOMERY, Douglas C., RUNGER, George C., *Applied Statistics and Probability for Engineering* – 2<sup>nd</sup> Edition, New York, John Wiley & Sons, 1999
- [4] HAX, Arnaldo C., CANDEA, Dan, *Production And Inventory Management* – New Jersey, Prentice-Hall, Inc., 1984
- [5] ZEITHAML, Valarie A., PARASURAMAN, A., BERRY, Leonard L., *Delivering Quality Service* – New York, The Free Press, 1990
- [6] SILVER, Edward A., PIKE, David F., PETERSON, Rein, *Inventory Management and Production Planning and Scheduling* – 3<sup>rd</sup> Edition. New York, John Wiley & Sons, 1998
- [7] BUFFA, Elwood S., MILLER, Jeffrey G., *Production-inventory Systems: Planning and Control* – 3<sup>rd</sup> Edition. Illinois, Richard D. Irwin, Inc., 1979
- [8] PINEDO, Michael, *Scheduling: Theory, Algorithms and Systems* – New Jersey, Prentice Hall, Inc., 1995
- [9] UNTRACHT, Oppi, *Jewelry Concepts and Technology* – New York, Doubleday, 1985
- [10] SANTORO, Miguel C., *Planejamento, Programação e Controle da Produção* – Apostila do Curso de PRO-177, 2000

### **5.2. Internet**

- [A] <http://www.veja.com.br> (07/07/2001)
- [B] <http://www.computerhistory.org> (31/10/2001)

# ***Apêndices***

### Apêndice A – Ourivesaria

No departamento chamado de Célula de Produção (**CP**), onde se realiza a fabricação convencional do catálogo da empresa, todas as jóias possuem parâmetros relativos a tempo e consumo de metal pré-determinados. Porém, antes de entrar em fabricação no **CP**, as jóias seguem para o setor de modelismo, o qual é responsável por fazer de três a cinco unidades em prata da jóia. Assim, o tempo médio de fabricação, bem como o peso médio de metal utilizado, já são computados e utilizados para se realizar a programação da utilização dos recursos produtivos da empresa.



**Figura A.1: Ourives e uma de suas principais ferramentas, o motor de chicote**

**Retirado de: Catálogo institucional (H Stern)**

Já no **SU** ocorre o contrário. Como citado ao longo deste trabalho, a ourivesaria é a etapa do processamento de uma jóia pelo **SU** que pode ser classificada como a mais incerta de todo o processo. Por tratarem de peças únicas ou pequenos lotes da mesma peça, os serviços realizados pelo **SU** não apresentam um histórico próprio de cada modelo que permita determinar os tempos-padrão de confecção das mesmas, bem como a quantidade de insumos – no caso de metal – necessária.

As imprecisões oriundas do processo de ourivesaria são basicamente duas: o tempo de mão-de-obra e a quantidade de metal utilizada por cada ordem de serviço. Realizou-se o acompanhamento de 109 ordens de serviço, visando averiguar e quantificar essas imprecisões.

A análise foi feita baseada em duas estatísticas: as médias dos desvios absoluto e relativo das amostras de tempo e de peso de metal. Eles foram calculados confrontado-se os valores orçados e efetivos de cada uma das ordens de serviço, visando determinar o quanto os parâmetros orçados fogem dos efetivos. O resultado encontrado foi o seguinte:

| Peso do Metal   |                 | Tempo de Mão-de-obra |                 |
|-----------------|-----------------|----------------------|-----------------|
| Desvio Relativo | Desvio Absoluto | Desvio Relativo      | Desvio Absoluto |
| -0,118          | 0,314           | -0,248               | 0,372           |

Tabela A.1: Desvios da célula de Ourivesaria

Elaborada pelo autor

A primeira conclusão que se tira do exposto acima é que a empresa erra na confecção dos orçamentos dos seus serviços. E uma observação nem muito mais profunda permite dizer que ela está perdendo dinheiro nesse processo, visto que em média seus orçamentos erram – para menos – em 11,8% do peso de metal utilizado e em 24,8% do dispêndio de mão-de-obra.

Outra conclusão também aparente, mas que poderia passar por irrelevante, é a de que o consumo de metal é previsto com melhor precisão do que o de tempo de mão-de-obra.

Isso é de comum acordo dentro da empresa. A razão mais forte para isso é que o tempo gasto na confecção dos serviços varia fortemente quanto à habilidade de ourives, seu estado psicológico, dentre uma série de variáveis que podem afetar o ser humano. Já o consumo de metal, se seguidas as especificações determinadas, não apresenta variações grandes para uma mesma pessoa ou entre funcionários diferentes.

Se em tese os parâmetros tempo de mão-de-obra e peso de metal são tão diferentes, porque na prática esses mesmos parâmetros comportam-se de maneira razoavelmente igual?

Duas hipóteses podem ser apontadas como causadora de tal similaridade de comportamento. Ambas se referem ao comportamento dos funcionários. Uma delas diz respeito à previsão do recurso metal, que é feita de forma descompromissada e sem muita cautela por parte de alguns ourives. Isso ocorre porque, no momento de cálculo do prêmio dos artesãos, não se cobra dos mesmos a precisão desta estimativa. Tal conclusão pode ser tirada quando se analisa o comportamento profissional de cada um dos funcionários.

Já a segunda delas tem causa inversa. Um dos apontamentos utilizados no cálculo do prêmio dos artesãos diz respeito à razão entre o tempo produtivo e o tempo total disponível para cada funcionário dentro do período de um mês. Apontamentos feitos sem que o artesão soubesse permitiram verificar algumas ocorrências em que eles terminavam o serviço em um tempo menor do que o orçado, e assinalavam como efetivo o tempo previsto. Desta forma, consta que trabalharam uma proporção maior do que a real, além de receberem menos serviços para ser feitos (o que também impacta no prêmio, pois a ocorrência de rejeições é tão menor quanto for a quantidade de jóias trabalhadas).

Com base no explanado, propõe-se um novo método de se fazer os orçamentos. Sendo a precisão das estimativas de metal confirmadamente maior do que a dos tempos de ourivesaria, conclui-se que o peso do metal é melhor parâmetro estimativo do que o tempo.

O que este estudo sugere é definir a quantidade do recurso mão-de-obra a ser despendido no roteiro a partir da quantidade de metal prevista.

Para tanto, o conjunto de 109 ordens de serviço acompanhadas permitiu montar uma tabela com os seguintes dados:

- **Metal Orçado** – Consumo de metal previsto para determinada ordem de serviço.
- **Metal Efetivo** – Consumo de metal real para a ordem de serviço em questão.
- **Tempo Efetivo** – Tempo real gasto para a confecção dos serviços.
- **Tempo/Peso Orçado** – Razão entre o tempo real e o peso de metal orçado para cada uma das ordens de serviço.

Parte da tabela está apresentada abaixo:

| Metal Orçado | Metal Efetivo | Tempo Efetivo | Tempo/Peso Orçado |
|--------------|---------------|---------------|-------------------|
| 0,50         | 0,40          | 1,5           | 3,000             |
| 1,00         | 1,26          | 2,0           | 2,000             |
| 1,10         | 1,02          | 3,0           | 2,727             |
| 1,80         | 1,97          | 3,0           | 1,667             |
| 1,80         | 0,72          | 4,0           | 2,222             |
| 1,80         | 2,51          | 7,0           | 3,889             |
| 2,00         | 3,20          | 10,0          | 5,000             |
| 2,00         | 3,25          | 5,1           | 2,550             |
| 2,00         | 2,91          | 8,0           | 4,000             |
| 2,00         | 1,51          | 3,0           | 1,500             |
| 2,00         | 3,17          | 2,0           | 1,000             |
| 2,10         | 2,62          | 4,2           | 1,986             |
| 2,20         | 2,30          | 3,0           | 1,364             |
| 2,50         | 2,20          | 2,5           | 1,000             |
| 2,50         | 1,84          | 4,0           | 1,600             |
| 2,50         | 2,20          | 2,0           | 0,800             |

Tabela A.2: Consumo de Metal versus Tempo

Elaborada pelo autor

A razão entre o tempo e o peso de metal foi colocada com o intuito de se determinar sua média, de forma que futuras previsões possam ser feitas com base na multiplicação dessa média pelo peso do metal orçado. Foi utilizado o peso orçado no cálculo da razão, pois este é o peso a ser utilizado em cálculos futuros, e não o real. O valor encontrado foi de 1,400.

Após esse fator ter sido determinado, uma nova coluna foi inserida na planilha, com o que seriam os tempos previstos para cada um dos serviços. Tal coluna recebeu o nome de **Tempo Fator**. E como da primeira vez, os desvios relativo e absoluto foram recalculados. A tabela abaixo apresenta um resumo do que foi afirmado.

| Tempo Efetivo | Tempo Fator | Desvio Absoluto do Tempo Fator | Desvio Relativo do Tempo Fator |
|---------------|-------------|--------------------------------|--------------------------------|
| 1,5           | 0,7         | 114,34%                        | -114,34%                       |
| 2,0           | 1,4         | 42,89%                         | -42,89%                        |
| 3,0           | 1,5         | 94,85%                         | -94,85%                        |
| 3,0           | 2,5         | 19,08%                         | -19,08%                        |
| 4,0           | 2,5         | 58,77%                         | -58,77%                        |
| 7,0           | 2,5         | 177,84%                        | -177,84%                       |
| 10,0          | 2,8         | 257,23%                        | -257,23%                       |
| 5,1           | 2,8         | 82,19%                         | -82,19%                        |
| 8,0           | 2,8         | 185,78%                        | -185,78%                       |
| 3,0           | 2,8         | 7,17%                          | -7,17%                         |
| 2,0           | 2,8         | 28,55%                         | 28,55%                         |
| 4,2           | 2,9         | 41,87%                         | -41,87%                        |
| 3,0           | 3,1         | 2,57%                          | 2,57%                          |
| 2,5           | 3,5         | 28,55%                         | 28,55%                         |
| 4,0           | 3,5         | 14,31%                         | -14,31%                        |

Tabela A.3: Estudo de Tempos

Elaborada pelo autor

De posse dessas informações, o valor desse fator foi novamente computado, desta vez com o auxílio do Solver, que é uma ferramenta de otimização do *software* MS Excel 97. Utilizou-se como parâmetro a ser minimizado a média dos desvios absolutos mostrados na tabela anterior. E como variável foi utilizado o fator de multiplicação do metal. A única restrição é a de que o desvio absoluto médio fosse maior do que zero, fato já estabelecido, visto que tal desvio era a soma de uma série de outros, todos eles igualmente maiores do que zero.

O resultado das iterações do Solver foi o de um fator de valor um pouco superior, agora de 1,522. Esse é o fator utilizado para qualquer um dos metais utilizados pelos ourives. Isso porque o número de ocorrências de jóias de prata ou platina foi nulo ou insuficiente para se concluir algo. Entretanto, pesquisas posteriores serão feitas com o intuito de averiguar se todos os metais podem ser tratados da mesma forma.

| Metal        | Fator de Conversão |
|--------------|--------------------|
| Prata        | 1,522              |
| Ouro Amarelo | 1,522              |
| Ouro Branco  | 1,522              |
| Platina      | 1,522              |

Tabela A.4: Fatores de Conversão de Metal em Tempo de Ourivesaria

Elaborada pelo autor

Esses são os valores que minimizam os desvios médios absoluto e relativo dos tempos, apresentados na tabela a seguir.

| Tempo de Mão-de-obra |                 |
|----------------------|-----------------|
| Desvio Relativo      | Desvio Absoluto |
| 0,080                | 0,438           |

Tabela A.5: Desvios Mínimos do Tempo de Ourivesaria (com uso dos Fatores)

Elaborada pelo autor

A minimização do desvio absoluto foi a função objetiva da otimização. Sabe-se que o desvio relativo chegaria mais facilmente a zero, já que ele trata com valores positivos e negativos. Contudo, isso causaria a falsa impressão de que os dados estão melhores ajustados, o que poderia ser falsamente interpretado como paridade entre os dados orçados e efetivos.

O resultado acima aparenta estar errado, visto que desvios menores foram apresentados no início deste apêndice. Todavia, vale lembrar que aqueles são desvios calculados entre medições reais e as estimadas para cada caso. Aqui, as estimativas são feitas com base em um parâmetro universal e comum para todas as ordens de serviço.

Em algumas observações da amostra, quando computados os tempos previstos com o fator calculado pelo Solver, percebe-se uma disparidade, talvez grande, entre esse tempo e o real. Todavia, nesta mesma amostra, nota-se que não há prejuízo, a médio prazo, para a empresa. Isso pode ser notado pelo desvio relativo, que é praticamente nulo, chegando até a acumular um lucro de 8% do faturamento médio com as 109 ordens de serviço analisadas.

Um erro absoluto de cerca de 44% é alto. Entretanto, a validade do resultado aqui proposto é a de iniciar o procedimento dentro do setor. Afirma-se novamente a existência de imprecisão em algumas das observações, bem como o desleixo na previsão de consumo do metal. Ambos os fatos acabaram por prejudicar o estudo realizado. Esperava-se encontrar um número menor.

Mesmo assim, é certo que alguns orçamentos terão seus tempos efetivos bem diferentes do orçado através do fator encontrado. Em vista de se melhorar constantemente a paridade desses valores, eles deverão ser constantemente atualizados. Tudo isso, preferencialmente, junto a uma alteração no prêmio dos funcionários, que leve em conta o confronto entre a estimativa de peso de metal e a quantidade realmente utilizada.

Ressalta-se a discrepância entre os orçamentos e a realidade são totalmente indesejáveis tanto para a empresa quanto para seus clientes. O **SU** é um setor com um objetivo diferente dentro da empresa. Mais do que dar lucro, o objetivo do setor é fidelizar o cliente, seja através da manutenção de sua jóia, ou da fabricação de encomendas especiais.

## Apêndice B – Cravação

Este apêndice tem o intuito de elucidar conceitos sobre tipos de cravações, bem como de lapidações.

Primeiramente são apresentados os formatos mais comuns de lapidação de uma pedra. Ressalta-se que as lapidações podem obedecer as mais variadas formas, entretanto, abaixo seguem os formatos presentes na maioria absoluta das jóias, sendo outras variações exceções à regra.



**Figura B.1: Principais tipos de lapidação**

Retirado de: Manual das Estoquistas (H Stern)

Para se realizar a lapidação de uma pedra, é necessário fixá-la em uma haste, com o auxílio de uma resina feita de goma-laca. A partir de então, o lapidador encaixa a extremidade oposta à pedra em um gabarito universal. Seguindo um roteiro específico para cada tipo de lapidação, ele toca a pedra no rebolo, de forma a moldar as facetas da pedra. Observe a figura abaixo:



**Figura B.2: Detalhe do gabarito e do rebolo utilizados para lapidar uma pedra**

Retirado de: Catálogo Institucional (H Stern)

Algumas definições de termos utilizados na indústria joalheira, principalmente pelos cravadores, se fazem necessárias:

**Chatão** – O local reservado a acomodar a pedra recebe o nome de chatão. Normalmente montado em uma chapa de metal, ele abriga o fundo da pedra. Dele saem as grifas e também sobem as paredes da virola.

**Corte de Luz** – Eles são cortes feitos no metal, de forma que permitam a entrada de luz, intensificando com isso a reflexão de luz por parte da pedra.

**Granitos** – São farpas de metal levantadas da própria superfície da jóia. Essas farpas são feitas com uma ferramenta específica, forçada contra a chapa do metal. Após erguer o granito, o mesmo é pressionado contra a parede lateral das pedras, obrigatoriamente de pequena quilatagem, e conseqüentemente tamanho. Em geral, quatro ou mais granitos são utilizados para a fixação de cada pedra.

**Grifas** – Depois de inseridas no chatão, as pedras são amparadas pelas grifas, que nada mais são do que as garras que as abraçam.

**Rondizio** – Pode ser entendido como a linha limítrofe entre a parte de baixo e a de cima da pedra. É a superfície que gera a projeção ortogonal da pedra. Para ficar mais claro, observe a figura a seguir.

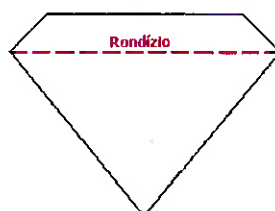


Figura B.3: Detalhe do Rondizio

Elaborada pelo autor

**Virola** – Outra forma de fixação de uma pedra, a virola é uma sobra de metal, a qual contorna o perímetro da pedra (todo ele ou apenas uma parte). A virola é pressionada contra a gema, de forma que a fixação é feita através de um ajuste forçado.

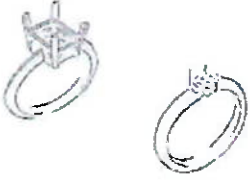
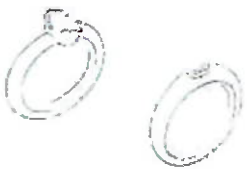
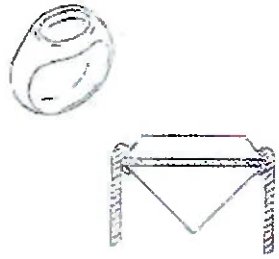
| Passos                                                                              | Exemplo                                                                             | Descrição                                                                                                                                                                                |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |    | <b>Cravação de Chatão</b><br><br>São todas as cravações em grifas, tendo estas diversas espessuras. As pedras são colocadas no chatão, e então são presas pelas grifas.                  |
|    |    | <b>Cravação Inglesa</b><br><br>A parede da virola é grossa, e a pedra se apóia de acordo com o ajuste do metal.                                                                          |
|  |   | <b>Cravação Inglesa Arredondada</b><br><br>A pedra deverá ser ajustada mais baixa do que na cravação inglesa, a fim de se ter metal suficiente para um acabamento de perfil arredondado. |
|  |  | <b>Cravação Meia Inglesa</b><br><br>A pedra pode ser ajustada no próprio chatão, e a virola não tem sua seção transversal continua.                                                      |
|  |  | <b>Cravação por Trás</b><br><br>A cravação normalmente feita com pedras maiores, de tal forma que a pedra entre por debaixo da fenda.                                                    |

Tabela B.1: Tipos de Cravação (Parte I)

Retirada de: Manual das estoquistas (H Stern)

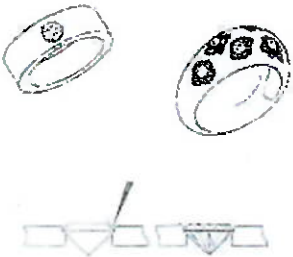
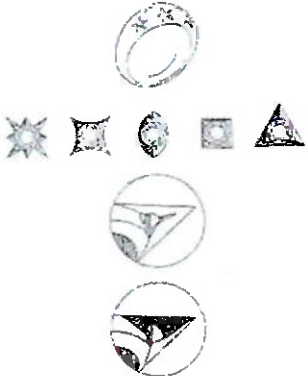
| Passos                                                                              | Exemplo                                                                             | Descrição                                                                                                                                                                                                               |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |    | <b>Cravação em Pavê</b><br><br>As pedras são cravadas na chapa, uma ao lado da outra, formando um emaranhado de pedras. Elas são fixadas por granitos, e sua borda leva um corte de luz para refletir o bom acabamento. |
|    |    | <b>Cravação com Farpa</b><br><br>São cravações de pedras miúdas (as quais possuem lapidação redonda) na virola e na chapa. Levantam-se as farpas sobre o rondígio da pedra.                                             |
|   |   | <b>Cravação Friccionada</b><br><br>A pedra entra com pressão, e uma espátula de ponta fina é friccionada contra o metal em volta da pedra.                                                                              |
|  |  | <b>Cravação Incrustada</b><br><br>Essa cravação é aplicada em casos que se deseja colocar uma pedra dentro de um desenho feito na chapa de metal. São feitos cortes de luz conforme o formato do desenho.               |

Tabela B.2: Tipos de Cravação (Parte II)

Retirada de: Manual das estoquistas (H Stern)

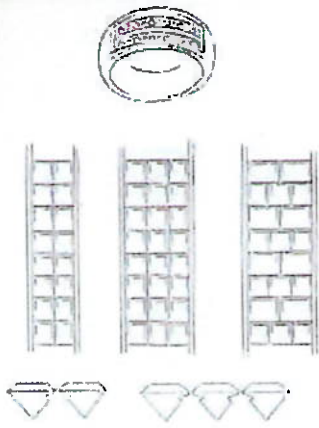
| Passos                                                                            | Exemplo                                                                           | Descrição                                                                                                                                                                                                                                                          |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  | <b>Cravação em Trilho</b><br><br>Normalmente é realizada com pedras de quaisquer formatos e pequenas, colocadas em fila e presas por dois trilhos laterais, paralelos ou não. Pode ser feita contornando uma pedra central, ou formando por si só desenho da peça. |

Tabela B.3: Tipos de Cravação (Parte III)

Retirada de: Manual das estoquistas (H Stern)

As cravações possuem um tempo-padrão, o qual já fora aferido pelo departamento de produção da empresa. Eles são apresentados na tabela abaixo.

| Tipo                         | Cravação | Descravação | Revisão |
|------------------------------|----------|-------------|---------|
| Cravação Chatão              | 20'      | 5'          | 5'      |
| Cravação Inglesa             | 35'      | 10'         | 10'     |
| Cravação Inglesa Arredondada | 40'      | 10'         | 10'     |
| Cravação Meia Inglesa        | 35'      | 10'         | 10'     |
| Cravação Friccionada         | 15'      | 5'          | 5'      |
| Cravação por Trás            | 20'      | 5'          | 5'      |
| Cravação com Farpas          | 10'      | 5'          | 5'      |
| Cravação Pavê                | 15'      | 5'          | 5'      |
| Cravação Incrustada          | 10'      | 5'          | 5'      |
| Cravação Trilho              | 20'      | 5'          | 5'      |

Tabela B.4: Tempos das cravações, descravações e revisões

Elaborada pelo autor

Esses tempos-padrão foram determinados para efeito de pagamento dos funcionários. Para a cobrança, ao cliente, dos serviços prestados pela cravação, existe uma tabela criada a partir do confronto de algumas premissas. Tais premissas são explicitadas a seguir, mas todas elas envolvem um conceito básico, que diz *"Quanto maior o risco, maior o cuidado (tempo), e, portanto o custo"*:

- Custo das pedras crescem exponencialmente conforme o aumenta a sua quilatagem. Assim, os custos de cravação também não são lineares, visto que durante o processo de cravação existe a possibilidade de se danificar a pedra.
- As pedras possuem durezas diferentes. Pedras mais duras oferecem menor risco de quebra. Algumas, como a esmeralda, são extremamente sensíveis.
- Algumas pedras são tidas como escassas, como por exemplo as pedras orientais – entre elas a safira e o rubi (esta última tida como esgotada). Assim, leva-se em conta o risco de falta, no caso de quebra das mesmas.
- A complexidade da cravação, que não varia somente conforme o seu tipo, mas também com o da jóia a ser cravada.

Em função dessas premissas, foi criada uma tabela com 12 divisões para cravações, descravações e revisões. Elas recebem uma sigla própria, bem como têm associados a si seus custos individuais. Estes foram baseados em um tempo médio estimado para cada uma das 12 classificações, além é claro do custo de homem-hora da cravação. A tabela abaixo apresenta quais – dentre as cravações já explanadas – são passíveis de ocorrer em cada um dos 12 tipos citados abaixo. Não se faz menção ao tamanho da pedra, ou qualquer outra consideração. Apenas são identificados quais tipos de cravação ocorrem em cada uma das classificações, apresentando a média dos tempos das cravações, descravações e revisões citadas. Os tempos foram arredondados para o inteiro mais próximo, e estão assinalados em minutos.

| Grande Classe BRILHANTES                             |            |       |             |       |            |       |
|------------------------------------------------------|------------|-------|-------------|-------|------------|-------|
| Descrição                                            | Cravação   |       | Descravação |       | Revisão    |       |
|                                                      | Sigla      | Tempo | Sigla       | Tempo | Sigla      | Tempo |
| Chatão, Pavê, Farpa, Friccionada e Incrustada.       | <b>CR1</b> | 15    | <b>DCR1</b> | 5     | <b>RV1</b> | 5     |
| Inglesa, Inglesa Arredondada, Meia Inglesa e Trilho. | <b>CR2</b> | 33    | <b>DCR2</b> | 9     | <b>RV2</b> | 9     |
| Chatão, Inglesa, Inglesa Arredondada e Meia Inglesa. | <b>CR3</b> | 33    | <b>DCR3</b> | 9     | <b>RV3</b> | 9     |
| Chatão                                               | <b>CR4</b> | 20    | <b>DCR4</b> | 5     | <b>RV4</b> | 5     |
| Inglesa, Inglesa Arredondada e Meia Inglesa.         | <b>CR5</b> | 37    | <b>DCR5</b> | 10    | <b>RV5</b> | 10    |

Tabela B.5: Descrição e Resumo das Cravações (Brilhantes)

Elaborada pelo autor

| Grande Classe PEDRAS ORIENTAIS                                                       |             |    |              |   |             |   |
|--------------------------------------------------------------------------------------|-------------|----|--------------|---|-------------|---|
| Descrição                                                                            | Cravação    |    | Descravação  |   | Revisão     |   |
| Chatão, Inglesa, Inglesa Arredondada, Meia Inglesa, Farpa, Friccionada e Incrustada. | <b>CR6</b>  | 24 | <b>DCR6</b>  | 7 | <b>RV6</b>  | 7 |
| Inglesa, Inglesa Arredondada, Meia Inglesa e Por Trás.                               | <b>CR7</b>  | 31 | <b>DCR7</b>  | 9 | <b>RV7</b>  | 9 |
| Inglesa, Inglesa Arredondada, Meia Inglesa e Trilho.                                 | <b>CR8</b>  | 33 | <b>DCR8</b>  | 9 | <b>RV8</b>  | 9 |
| Inglesa, Inglesa Arredondada, Meia Inglesa e Trilho.                                 | <b>CR9</b>  | 33 | <b>DCR9</b>  | 9 | <b>RV9</b>  | 9 |
| Grande Classe PEDRAS BRASIL E DIVERSAS                                               |             |    |              |   |             |   |
| Descrição                                                                            | Cravação    |    | Descravação  |   | Revisão     |   |
| Chatão, Inglesa, Inglesa Arredondada, Meia Inglesa, Farpa e Trilho.                  | <b>CR10</b> | 27 | <b>DCR10</b> | 8 | <b>RV10</b> | 8 |
| Inglesa, Inglesa Arredondada, Por Trás.                                              | <b>CR11</b> | 30 | <b>DCR11</b> | 8 | <b>RV11</b> | 8 |
| Inglesa, Inglesa Arredondada, Por Trás.                                              | <b>CR12</b> | 30 | <b>DCR12</b> | 8 | <b>RV12</b> | 8 |

Tabela B.6: Descrição e Resumo das Cravações (Pedras Orientais, Brasil e Diversas)

Elaborada pelo autor

Na prática, sabe-se que os tempos efetivos são aleatórios, quanto muito obedecendo a uma distribuição de probabilidade conhecida. Contudo, eles podem ser considerados como sendo determinísticos. Em muitos casos são pequenos perto do tempo de processamento, e em outros, existe uma compensação entre os tempos de cravação. Algumas levam mais do que o tempo previsto, e outras menos.

Para se realizar a simulação do sistema, foram utilizados como padrão os tempos descritos na tabela anterior.

### Apêndice C – Polimento

Este capítulo trata sobre as peculiaridades do polimento. São introduzidos alguns conceitos, e apresentadas as tarefas realizadas por essa célula de produção.

O departamento de polimento conta com três polidores, tendo cada um uma politriz disponível para trabalhar. O objetivo do polimento é dar o acabamento final às jóias, através de tratamentos superficiais químicos e físicos. Através deles se atinge o brilho e o lustro que uma jóia requer.

As funções de um polidor compreendem as seguintes tarefas:

- **Polimento** → compreende três etapas. A primeira visa uniformizar a superfície da jóia. Para tanto é utilizado um rebolo no qual as cerdas são relativamente grossas. A etapa seguinte é para tirar eventuais riscos resultantes da abrasão do rebolo anterior. Desta vez é utilizado um rebolo mais fino. Por fim, é dado o lustro na jóia, com o rebolo de cerdas mais delicadas. Cada etapa utiliza uma massa de polir adequada a sua finalidade.
- **Banhos** → Existem três tipos de banhos: o de prata, o de ródio e o de ouro 18k. Cada um deles visa acentuar a coloração natural do metal em questão (prata, ouro branco, e ouro amarelo respectivamente), ou até mesmo altera-la (utilizando um banho de ouro 18k em uma jóia de ouro branco, transformando-a em amarela, por exemplo). Para tanto, a jóia é colocada em uma solução eletrolítica, sob uma voltagem de seis Volts durante 45 segundos, para limpeza da mesma. Após a primeira imersão, a jóia é mergulhada em água destilada, e em seguida em uma solução de ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ). Só então ela recebe o banho propriamente dito. A jóia é mergulhada em uma solução eletrolítica, de sal determinado conforme o tipo de banho (prata, ródio e ouro 18k), de forma que o metal em solução adira à superfície da jóia. A duração do banho e a voltagem aplicada são as mesmas já utilizadas.
- **Limpeza** → Algumas jóias necessitam de uma limpeza antes de receber algum dos tratamentos realizado pelos polidores. Nela, a jóia recebe um jato de alta pressão de um vapor de solução aquosa de amônia.
- **Escova** → As jóias podem receber um acabamento escovado. Nele, o polidor passa uma escova Scotch Brite® na superfície a ser tratada. O resultado é o de uma superfície com visual rústico e áspero, porém não tão grosseiro.
- **Fosqueamento** → Tem como finalidade dar uma aparência fosca e uniforme para a jóia. Outros tratamentos, como a escova, por exemplo, também têm o mesmo objetivo. Todavia,

o fosqueamento é o mais refinado deles, ficando a jóia sem a aparência rústica inerente aos outros tratamentos. Ele é feito com o auxílio de uma máquina, que compreende uma câmara fechada, um compressor e micro esferas de vidro. A jóia é manipulada dentro dessa câmara, e o compressor expelle um jato com as micro-esferas de vidro, as quais, por abrasão, dão a aparência fosca à jóia.

Esses acabamentos podem se combinar. É comum que jóias combinem o acabamento fosco em algumas partes, com o brilhante em outras. Nesse caso, o procedimento é polir toda a peça, isolar os locais que devem ter o brilho do polimento com fita adesiva, e fosquear o resto de metal exposto.

Dentre essas cinco modalidades de acabamento, a mais trabalhosa, e conseqüentemente demorada, é o polimento propriamente dito. Todos os outros tempos dos acabamentos são breves e aproximadamente equivalentes. Mais importante do que o tipo de acabamento é a complexidade e o tamanho da jóia.

Para se determinar os tempos envolvidos na célula de polimento, os quais serão utilizados como padrão para qualquer atividade da célula de polimento, de acordo com o tipo de jóia. Para tanto, utilizou-se o seguinte método. Uma planilha como a mostrada a seguir foi deixada com os funcionários do polimento:

| ABOTOADORAS | ALIANÇAS | ANÉIS | BRINCOS (Par) | BROCHES | COLAR | CORRENTE | FECHO | PENDENTE | PULSEIRA | OUTROS | HORA INÍCIO | HORA FIM |
|-------------|----------|-------|---------------|---------|-------|----------|-------|----------|----------|--------|-------------|----------|
|             |          |       |               |         |       |          |       |          |          |        |             |          |
|             |          |       |               |         |       |          |       |          |          |        |             |          |

**Figura C.1: Planilha utilizada na coleta de dados**

Elaborada pelo autor

Nela, os polidores marcavam o horário de início do processamento do lote em questão, bem como o horário de término do mesmo. Além disso, as quantidades e variedades das peças que formavam esse lote também eram anotadas.

De posse de uma grande amostra de dados, realizou-se o seguinte trabalho. Em uma planilha de Excel, foram dispostas as amostras, uma por linha. Cada coluna representava um dos onze tipos de jóias, e nas células de cada linha foram inseridas as quantidades daquele tipo de jóia polido no lote em questão.

[illegible]

**Figura C.2: Planilha utilizada com o Solver (MS Excel)**

**Elaborada pelo autor**

Dividiu-se os tipos de jóias em dois grupos distintos, segundo seus tamanhos:

- **Peças Pequenas** – Abotoaduras, Alianças, Anéis, Brincos (o par), Broches, Fechos e Pendentes;
- **Pecas Grandes** – Colar, Corrente, Pulseira e Outros.

Estabeleceu-se limites inferiores e superiores para os dois grupos de peças. Essa delimitação de intervalos foi feita com entrevistas aos polidores, durante as quais se conduziu uma única pergunta: "*Qual tempo mínimo (máximo) que você demora para polir uma jóia pequena (grande)?*". Com base nisso, os limites estabelecidos foram:

| Peça    | Limite Inferior | Limite Superior |
|---------|-----------------|-----------------|
| Pequena | 2,00 minutos    | 10,00 minutos   |
| Grande  | 5,00 minutos    | 40,00 minutos   |

**Tabela C.1: Tempos máximos e mínimos dos serviços do Polimento**

**Elaborada pelo autor**

Também foram estabelecidos pesos para cada um dos tipos de jóias. Esses pesos foram multiplicados pela quantidade de peças, e o resultado pode ser observado na coluna **Estimado**.

| Medição | Pendente | Pulseira | Outros | Hora Início | Hora Fim | Tempo | Real   | Estimado | Diferença |
|---------|----------|----------|--------|-------------|----------|-------|--------|----------|-----------|
| 1       | 2        | 1        | 0      | 8:05        | 11:00    | 02:55 | 175,00 | 199,34   | 13,91%    |
| 2       | 1        | 2        | 0      | 11:30       | 16:00    | 04:30 | 270,00 | 289,97   | 7,40%     |
| 3       | 4        | 0        | 0      | 8:00        | 10:30    | 02:30 | 150,00 | 149,82   | 0,12%     |
| 4       | 1        | 1        | 0      | 11:00       | 14:00    | 03:00 | 180,00 | 179,93   | 0,04%     |
| 5       | 2        | 2        | 0      | 14:20       | 17:15    | 02:55 | 175,00 | 240,42   | 37,38%    |
| 6       | 4        | 2        | 0      | 9:40        | 16:00    | 06:20 | 380,00 | 235,18   | 38,11%    |
| 7       | 0        | 3        | 0      | 8:00        | 10:20    | 02:20 | 140,00 | 140,01   | 0,01%     |
| 8       | 2        | 1        | 0      | 9:20        | 13:00    | 03:40 | 220,00 | 219,98   | 0,01%     |
| 9       | 0        | 0        | 1      | 9:20        | 14:00    | 04:40 | 280,00 | 139,50   | 50,18%    |
| 10      | 0        | 0        | 0      | 14:00       | 16:30    | 02:30 | 150,00 | 124,30   | 17,14%    |
| 11      | 0        | 3        | 0      | 9:00        | 14:25    | 05:25 | 325,00 | 226,80   | 30,21%    |
| 12      | 0        | 0        | 0      | 15:30       | 18:30    | 03:00 | 180,00 | 68,20    | 62,11%    |
| 13      | 0        | 0        | 1      | 9:15        | 14:00    | 04:45 | 285,00 | 221,02   | 22,45%    |

Tabela C.2: Quadro exemplo do estudo feito na célula de Polimento

Elaborada pelo autor

Os percentuais absolutos da diferença entre os valores reais e os estimados foram computados na coluna diferença. Utilizando o Solver, utilitário do próprio MS Excel, para realizar a busca dos pesos que minimizavam a média dessas diferenças, obteve-se o seguinte resultado (os tempos se encontram em minutos):

| Jóia                 | Tempo | Jóia            | Tempo |
|----------------------|-------|-----------------|-------|
| <i>Abotoaduras</i>   | 2,0   | <i>Corrente</i> | 5,0   |
| <i>Alianças</i>      | 8,0   | <i>Fecho</i>    | 4,0   |
| <i>Anéis</i>         | 10,0  | <i>Pendente</i> | 10,0  |
| <i>Brincos (par)</i> | 10,0  | <i>Pulseira</i> | 6,0   |
| <i>Broches</i>       | 7,0   | <i>Outros</i>   | 15,0  |
| <i>Colar</i>         | 16,0  |                 |       |

Tabela C.3: Tempos-padrão para as atividades do Polimento, segundo o tipo de jóia

Elaborada pelo autor

Estes são os tempos utilizados na simulação do sistema. Como são pequenas em relação ao tempo total de processamento das jóias, suas variações não afetam sensivelmente os tempos de processamento. Justamente por esse fato todos eles foram arredondados para o inteiro mais próximo. Este trabalho considera esses tempos como sendo **determinísticos**.

### Apêndice D – Acabamento

O último dos processos a ser tratado nos apêndices é o do setor de Acabamentos. Nele, alterações superficiais são feitas na jóia, sendo a maioria delas de ordem mecânica, ao contrário do Polimento. São quatro os principais processos aqui executados, a saber:

- **Esmaltado** → A esmaltação consiste em pintar o metal. Algumas jóias se utilizam de cores que vão além das oferecidas pelas ligas de metal e pelas pedras. Existem diversas colorações de esmalte, que nada mais é do que uma tinta petrificada, que podem ser utilizadas singularmente, ou em conjunto. O processo exige que, com um pincel fino, se pinte a região a ser esmaltada. Logo após a pintura, a jóia vai para um forno que se encontra a uma temperatura entre 720°C e 750°C. Nele as jóias ficam por cerca de 2 minutos, quando são retiradas e resfriam à temperatura ambiente. É um processo que exige extremo cuidado com os parâmetros que o controlam, sendo necessária refazer o procedimento de 5 a 8 vezes, de forma a preenchem todos os poros e retirar todas as bolhas e incrustações.
- **Fresado** → Outra opção de acabamento é o feito com uma mini fresa. A fresa, neste caso, nada mais é do que a miniaturização de uma ferramenta utilizada em fresas industriais. Ela se localiza na ponta de uma broca, a qual é encaixada no motor de chicote. Existem várias dimensões para a fresa em questão, oferecendo desde um acabamento mais suave até um mais rústico.
- **Lixado** → Uma opção ao tratamento com a fresa é o uso de lixas. As lixas oferecem o tratamento com um aspecto visual um pouco diferente do da fresa, porém também visando dar aparência rústica à jóia. Tal como no caso anterior, uma broca é inserida no motor de chicote, a qual contém em sua extremidade a lixa em questão, que se assemelha ao chumaço de algodão de um cotonete. As lixas também possuem variações em sua **gramatura**, indo desde um acabamento com riscos suaves, até um de riscos profundos.
- **Martelado** → O último dos acabamentos aqui tratados diz respeito ao aspecto martelado que algumas jóias possuem. Na verdade, as jóias não são marteladas. Como nos dois processos anteriores, o ourives faz uso do motor de chicote. Desta vez a broca contém uma borracha bem dura em sua extremidade. A borracha é colocada por um curto espaço de tempo (cerca de um segundo) em contato com pontos diferentes da jóia, de forma que a abrasão que ela causa fornece um aspecto de choque/batida ante o metal.

Os aspectos dos acabamentos mencionados acima podem ser acompanhados na tabela abaixo. Como muitos deles possuem um aspecto visual próximo, a resolução das fotos deixa um pouco a desejar. Seria mais interessante ver as jóias pessoalmente, de forma a identificar cada um deles. Os acabamentos Polido e Fosco, realizados pelo polimento, são aqui apresentados para efeito de comparação:

| Acabamento       | Foto                                                                                 |
|------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Polido</b>    |    |
| <b>Fosco</b>     |    |
| <b>Esmaltado</b> |    |
| <b>Fresado</b>   |    |
| <b>Lixado</b>    |   |
| <b>Martelado</b> |  |

Tabela D.1: Serviços realizados pela célula de Acabamento

Retirada de: Manual das estoquistas (H Stern)

Após a apresentação dos acabamentos, resta fazer algumas considerações sobre os mesmos. Todos eles dependem do tamanho da jóia, tal como ocorre com o polimento. Isso porque quanto maior a superfície da peça, mais trabalho terá o ourives para a trabalhar. Desta forma, se faz necessário encontrar uma relação entre o tamanho da jóia e o acabamento em questão.

Optou-se por encontrar um fator para cada acabamento, que dividido pelo tempo de ourivesaria, resultaria na parcela de tempo extra, necessária ao ourives para que ele pudesse realizar o acabamento em questão. O critério é aparentemente justo, mas o problema é a baixa incidência desses casos.

Esse método foi utilizado para todos os acabamentos. Entretanto, ao invés de se buscar um fator para cada acabamento, três deles foram agrupados, visando receber um só fator. Os acabamentos Fresado, Lixado e Martelado foram reunidos de forma que o fator encontrado é comum a eles.

Isso se apóia no fato que o procedimento dos três acabamentos são exatamente iguais. Circula-se uma broca ao redor da peça, sendo que a única diferença está na ferramenta que se encontra à ponta daquela. Desta forma, dois fatores apenas devem ser determinados, um para o grupo e o outro para a esmaltação.

No caso do esmalte, uma amostra de oito elementos foi coletada. Acompanhe-os no quadro abaixo:

| Jóia              | Peso do Metal | Tempo Estimado Ourivesaria | Tempo Efetivo Esmaltação | Fator Esmaltação |
|-------------------|---------------|----------------------------|--------------------------|------------------|
| Pendente          | 15,00         | 23                         | 210                      | 0,109            |
| Pendente          | 16,50         | 25                         | 225                      | 0,112            |
| Anel              | 7,10          | 11                         | 170                      | 0,064            |
| Anel              | 5,10          | 8                          | 145                      | 0,054            |
| Anel              | 5,35          | 8                          | 150                      | 0,054            |
| Anel              | 7,90          | 12                         | 180                      | 0,067            |
| Brinco (par)      | 9,50          | 14                         | 185                      | 0,078            |
| Anel              | 8,00          | 12                         | 175                      | 0,070            |
| Média dos Fatores |               |                            |                          | 0,076            |

Tabela D.2: Cálculo do Fator de Esmaltação

Elaborada pelo autor

A média dos fatores foi considerada como sendo o fator de esmaltação. O mesmo procedimento foi repetido para o agrupamento com os três acabamentos – lixado, fresado e martelado – só que para 20 dados amostrais. A quadro a seguir apresenta os resultados:

| Tipo de Jóia | Escova | Fresa | Peso | Tempo Estimado Ourivesaria (Horas) | Tempo Efetivo Acabamento (Minutos) | Fator Acabamento |
|--------------|--------|-------|------|------------------------------------|------------------------------------|------------------|
| Anel         | 1      |       | 9,5  | 14,5                               | 23,2                               | 1,61             |
| Anel         | 1      |       | 5,0  | 7,6                                | 12,8                               | 1,68             |
| Anel         | 1      |       | 11,0 | 16,7                               | 28,5                               | 1,70             |
| Anel         | 1      |       | 20,0 | 30,4                               | 52,5                               | 1,72             |
| Fecho        | 1      |       | 9,0  | 13,7                               | 23,7                               | 1,73             |
| Brinco       |        | 1     | 15,0 | 22,8                               | 40,6                               | 1,78             |
| Brinco       | 1      |       | 4,2  | 6,4                                | 12,6                               | 1,97             |
| Aliança      |        | 1     | 12,0 | 18,3                               | 36,5                               | 2,00             |
| Brinco       | 1      |       | 6,0  | 9,1                                | 20,0                               | 2,19             |
| Broche       | 1      |       | 3,5  | 5,3                                | 12,8                               | 2,41             |
| Pendente     | 1      |       | 3,5  | 5,3                                | 13,5                               | 2,53             |
| Brinco       | 1      |       | 7,6  | 11,6                               | 29,6                               | 2,56             |
| Colar        | 1      |       | 4,5  | 6,8                                | 18,0                               | 2,63             |
| Brinco       | 1      |       | 11,0 | 16,7                               | 44,4                               | 2,65             |
| Broche       | 1      |       | 3,5  | 5,3                                | 14,8                               | 2,78             |
| Brinco       | 1      |       | 3,5  | 5,3                                | 19,3                               | 3,62             |
| Aliança      |        | 1     | 5,0  | 7,6                                | 31,3                               | 4,11             |
| Fecho        | 1      |       | 4,0  | 6,1                                | 25,8                               | 4,24             |
| Brinco       | 1      |       | 5,0  | 7,6                                | 33,4                               | 4,38             |
| Brinco       | 1      |       | 9,5  | 14,5                               | 65,8                               | 4,55             |
| Média        |        |       |      |                                    |                                    | 2,642            |

Tabela D.3: Cálculo dos fatores para os acabamentos Fresado, Lixado e Martelado

Elaborada pelo autor

Assim, os fatores em questão são apresentados na tabela abaixo. Eles devem ser divididos pelo tempo encontrado para a ourivesaria, não esquecendo de considerar o peso do metal de toda a jóia, não só do metal colocado ou retirado da jóia, como ocorre em casos de conserto.

| <b>Acabamento</b> | <b>Fator<sub>i</sub></b> |
|-------------------|--------------------------|
| Esmaltado         | 0,076                    |
| Fresado           | 2,642                    |
| Lixado            | 2,642                    |
| Martelado         | 2,642                    |

**Tabela D.4: Fatores das atividades da Célula de Acabamentos**

**Elaborada pelo autor**

### Apêndice E – Demanda

Neste apêndice encontram-se considerações quanto à demanda pela oficina do **Serviços Urgentes**.

Para se determinar qual o comportamento da demanda pelos serviços do **SU**, montou-se uma planilha repassada às lojas H Stern, na qual se deveria preencher diariamente a quantidade de jóias enviadas ao **SU** para serem trabalhadas.

As planilhas foram preenchidas por 14 lojas, as quais enviam os serviços unicamente para o **SU-SP**. Os números são apresentados para cada dia útil do mês em questão, segundo a tabela a seguir:

| Dia          | Mês        |            |            |            |            |            |            |            |
|--------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
|              | out/00     | nov/00     | dez/00     | jan/01     | fev/01     | mar/01     | abr/01     | mai/01     |
| 1            | -          | 18         | 29         | -          | 55         | 28         | 22         | 2          |
| 2            | 32         | -          | 16         | 32         | 16         | 26         | 25         | 38         |
| 3            | 41         | 27         | 34         | 25         | 21         | 21         | 19         | 39         |
| 4            | 51         | 18         | 27         | 30         | 10         | 29         | 31         | 32         |
| 5            | 39         | 11         | 22         | 34         | 35         | 42         | 30         | 35         |
| 6            | 37         | 33         | 47         | 27         | 30         | 36         | 38         | 17         |
| 7            | 29         | 17         | 38         | 8          | 43         | 24         | 13         | 40         |
| 8            | 15         | 13         | 46         | 33         | 38         | 17         | 17         | 32         |
| 9            | 21         | 20         | 37         | 25         | 27         | 25         | 27         | 50         |
| 10           | 49         | 5          | 18         | 52         | 15         | 35         | 21         | 43         |
| 11           | 33         | 38         | 38         | 38         | 26         | 23         | 34         | 22         |
| 12           | -          | 31         | 40         | 24         | 47         | 57         | 8          | 31         |
| 13           | 40         | 19         | 33         | 29         | 19         | 16         | -          | 2          |
| 14           | 19         | 24         | 27         | 18         | 31         | 26         | 19         | 36         |
| 15           | 19         | -          | 27         | 56         | 25         | 29         | 3          | 35         |
| 16           | 15         | 27         | 16         | 34         | 37         | 23         | 23         | 38         |
| 17           | 32         | 16         | 42         | 38         | 31         | 14         | 30         | 42         |
| 18           | 39         | 28         | 39         | 44         | 25         | 19         | 34         | 35         |
| 19           | 22         | 9          | 42         | 19         | 61         | 34         | 35         | 22         |
| 20           | 56         | 37         | 46         | 28         | 25         | 39         | 19         | 9          |
| 21           | 28         | 20         | 31         | 18         | 28         | 18         | 3          | 52         |
| 22           | 15         | 26         | 16         | 31         | 27         | 22         | 8          | 24         |
| 23           | 17         | 29         | 13         | 30         | 42         | 23         | 37         | 25         |
| 24           | 32         | 41         | 29         | 21         | 26         | 10         | 33         | 26         |
| 25           | 19         | 14         | 2          | 6          | 15         | 14         | 41         | 36         |
| 26           | 34         | 26         | 34         | 10         | 36         | 25         | 25         | 25         |
| 27           | 33         | 53         | 68         | 10         | -          | 35         | 28         | 7          |
| 28           | 8          | 26         | 23         | 26         | 21         | 22         | 18         | 34         |
| 29           | -          | 28         | 18         | 39         |            | 27         | 13         | 29         |
| 30           | 32         | 20         | 24         | 32         |            | 44         | 38         | 25         |
| 31           | 27         |            | 7          | 32         |            | 15         |            | 20         |
| <b>Total</b> | <b>834</b> | <b>674</b> | <b>929</b> | <b>849</b> | <b>812</b> | <b>818</b> | <b>692</b> | <b>903</b> |

Tabela E.1: Chegadas diárias de jóias para consertos

Elaborada pelo autor

Atentar ao fato de que essa tabela contém apenas as jóias enviadas fisicamente dentro do malote, visando conserto. Assim, os dados estão subestimados frente a real procura pela oficina. Estima-se como sendo de 1,55/1 a relação entre fabricações e consertos (estimativa feita no banco de dados das ordens de serviço, no qual a proporção entre fabricações e consertos, em um período pré-determinado, foi de 255/165). Desta forma, uma correção de mais 155% é necessária.

Como nessa lista constam apenas 14 lojas, dos 30 possíveis pontos que as recebem para conserto. Sendo elas na maioria lojas de hotéis e de aeroportos, são raras as solicitações de conserto, pois tratam com um cliente em trânsito. Mais esporádico ainda são as encomendas de fabricações. Por isso não há a necessidade de se corrigir esse número.

De posse desses números, procurou-se determinar o comportamento probabilístico dessas chegadas. A hipótese mais comum é a de que as chegadas se comportam segundo uma distribuição normal de média e desvio-padrão conhecidos.

O teste de aderência foi feito com o uso do software MiniTAB – Release 13. Optou-se pelo teste gráfico, por ser mais rápido, e por não se precisar de muito rigor. Nove gráficos foram traçados, sendo um para cada mês computado, além do comportamento de todo o período compreendido por esses meses.

O *software* se encarrega de traçar os pontos em um "papel de probabilidade Normal". Tal papel nada mais é do que um eixo subdividido em percentis da distribuição Normal, e um eixo onde estão os valores da frequência relativa acumulada. Para amostra ser considerada de uma população com distribuição Normal, os pontos devem se aproximar da forma de uma reta quando dispostos no quadriculado do papel.

O MiniTAB – Release 13 ainda traça duas curvas, as quais representam os limites superior e inferior dado segundo o nível de significância ( $\alpha$ ). Esse índice reflete o seguinte: sendo verdadeira a hipótese de se tratar a amostra como oriunda de uma população de comportamento normal, a probabilidade de se obter um valor incompatível com tal distribuição é pequena, fixada no valor do nível de significância. O  $\alpha$  utilizado pelo *software* é de 5%.

Além do teste visual, o MiniTAB – Release 13 executa o Teste de Anderson–Darling, que é a medida do quão longe da reta aproximada estão os pontos. O *software* utiliza um método alternativo, no qual os pontos das extremidades das retas possuem um peso maior. Quanto menor o valor do coeficiente de Anderson–Darling, melhor é a aderência da amostra. Observe o comportamento dos gráficos traçados para cada um dos meses aferidos:

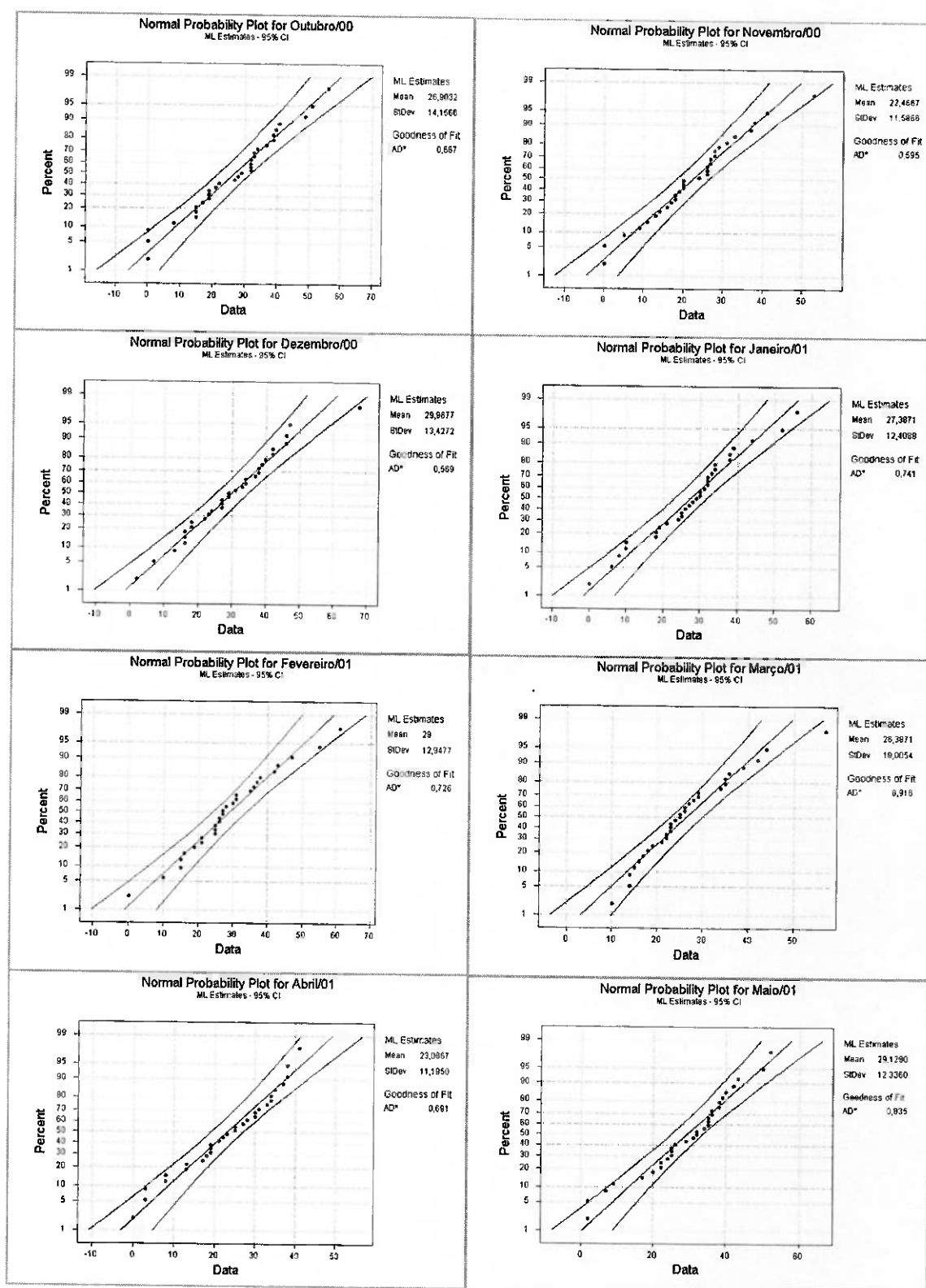


Figura E.1: Testes de Aderência para os dados mensais

Elaborada pelo autor

Todas as curvas apresentaram comportamento segundo uma distribuição normal de probabilidades. Visando facilitar o trabalho, optou-se por utilizar apenas a média de toda amostra, caso ela também comprove a aderência à distribuição normal. Isso pode ser verificado no gráfico abaixo, que compreende toda a amostra de 248 dados.

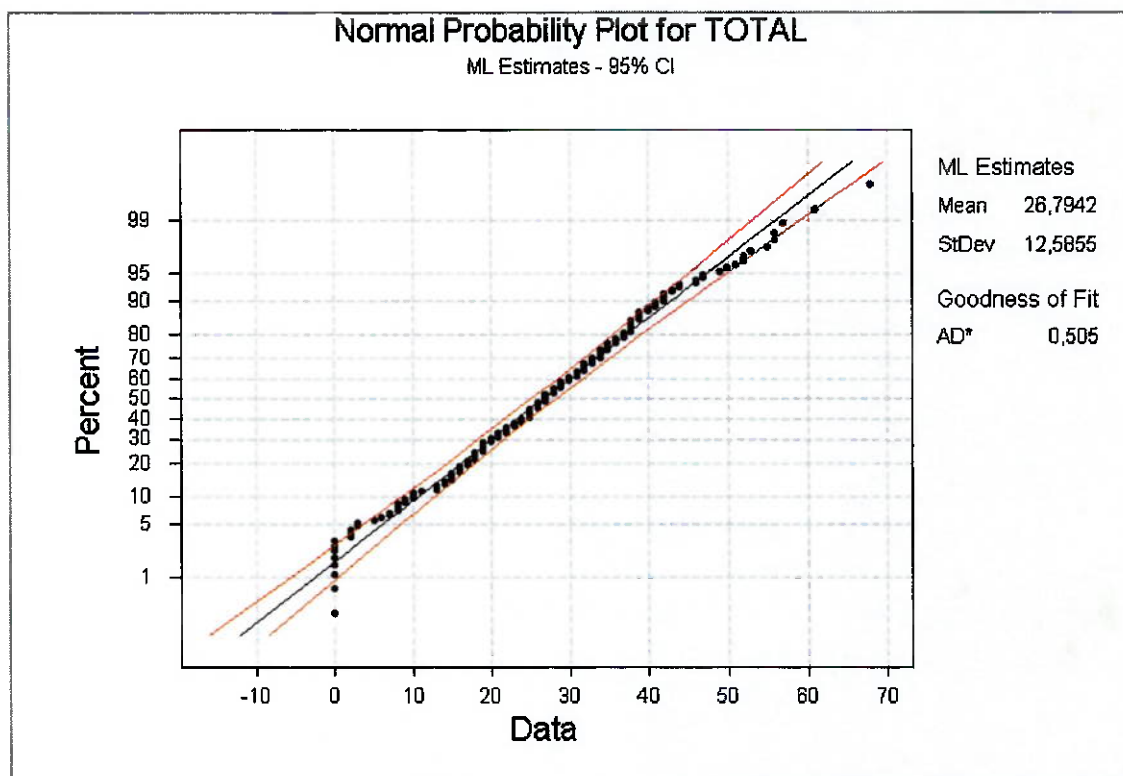


Figura E.2: Testes de Aderência para todo o conjunto de dados

Elaborada pelo autor

A partir do gráfico acima pode-se afirmar que a amostra pertence a de uma população com distribuição normal. Face a isso, tem-se como média das chegadas e desvio-padrão os valores mostrados no gráfico, que corrigidos para incluir não só os consertos como também as fabricações, foram multiplicados por um fator de correção conforme justificado anteriormente. Assim, o resultado é:

$$\mu = 68,3252$$

$$\sigma = 32,0930$$

Assim, as chegadas de ordens de serviço no **Serviços Urgentes** podem ser expressas por uma distribuição normal, de média  $\mu = 68$  e desvio-padrão  $\sigma = 32$ .

Além das chegadas, foi feito outro levantamento dentro da oficina, que é o do fluxo interno das jóias. Separou-se o **Serviços Urgentes** em suas células de trabalho, cada qual voltada a um determinado objetivo. Tais células, já citadas ao longo deste, estão todas reunidas na tabela abaixo.

| Células de Trabalho |
|---------------------|
| DC                  |
| CBR                 |
| FUND – SP           |
| FUND – RJ           |
| Ourivesaria         |
| Cravação            |
| Polimento           |
| Acabamento          |
| Prestadores         |

Tabela E.2: Departamentos envolvidos com o SU

Elaborada pelo autor

Durante duas semanas, essa tabela foi anexada a cada uma das ordens de serviço que entrou na oficina. Assim, as células supracitadas eram obrigadas a marcar a data de entrada e saída da ordem de serviço em seus domínios, de maneira que se podia saber qual o roteiro executado pela ordem de serviço dentro do flow shop, além de aferir o tempo médio gasto em cada uma das etapas.

Isso tudo teve um objetivo claro, que foi o de construir a matriz que representa o fluxo das jóias dentro do sistema de produção formado pelo **SU**. Como já explicado, ela contém as porcentagens das ordens de serviço que saem de determinada célula produtiva, indo rumo a uma outra diferente. Foram acompanhadas 103 ordens de serviço, e as porcentagens já foram medidas e colocadas na matriz.

Uma observação da matriz permite afirmar o que fora dito anteriormente, de que o **SU** é um caso de *flow shop*. A matriz em questão pode ser acompanhada logo a seguir:

|             | PARA: |     |           |           |             |          |           |            |             |       |
|-------------|-------|-----|-----------|-----------|-------------|----------|-----------|------------|-------------|-------|
|             | DC    | CBR | FUND – SP | FUND – RJ | Ourivesaria | Cravação | Polimento | Acabamento | Prestadores | Saída |
| Entrada     | 33    | 20  | 10        | 3         | 22          | 10       | 4         | 1          | ---         | ---   |
| DC          |       | 23  | 6         | 2         | 2           | ---      | ---       | ---        | ---         | ---   |
| CBR         |       |     | 9         | 5         | 25          | 5        | ---       | ---        | ---         | ---   |
| FUND – SP   |       |     |           | ---       | 25          | ---      | ---       | ---        | ---         | ---   |
| FUND – RJ   |       |     |           |           | 9           | ---      | ---       | ---        | ---         | ---   |
| Ourivesaria |       |     |           |           |             | 43       | 37        | 1          | 2           | ---   |
| Cravação    |       |     |           |           |             |          | 53        | 3          | 2           | ---   |
| Polimento   |       |     |           |           |             |          |           | 8          | 3           | 83    |
| Acabamento  |       |     |           |           |             |          |           |            | ---         | 13    |
| Prestadores |       |     |           |           |             |          |           |            |             | 7     |

DE:

Tabela E.3: Departamentos envolvidos com o SU

Elaborada pelo autor