



ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

PMC-581:PROJETO MECÂNICO II

PLANEJAMENTO DE PROCESSOS DE UM COMPONENTE  
MECÂNICO: CONTRAPESO PARA BALANCEAMENTO DE RODAS

ADRIANA CONDE FERNANDES GOMES

*Em 10 de dezembro  
2001  
10,0 (dez)  
Orientador B. G. G.*



**ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA**

**PMC-581:PROJETO MECÂNICO II**

**PLANEJAMENTO DE PROCESSOS DE UM COMPONENTE**  
**MECÂNICO: CONTRAPESO PARA BALANCEAMENTO DE RODAS**

**ADRIANA CONDE FERNANDES GOMES**

**ORIENTADOR: EDSON GOMES**

**Dezembro de 2001**

## **Agradecimentos**

A entrega deste trabalho simboliza o final de mais uma etapa de minha vida e mais um desafio vencido em minha longa jornada.

Tenho muito a agradecer a meus pais, Lúcia e Carlos, e minhas irmãs, Denise e Flávia, por estarem ao meu lado durante esses anos da faculdade sempre me incentivando a superar os obstáculos e comemorando junto minhas vitórias.

Agradeço também a meus amigos da faculdade que se tornaram quase irmãos: Patrícia, Bianca, Carla, Joana, Fabrício, e tantos outros.

A execução deste trabalho não teria sido possível sem a imensa ajuda do pessoal da empresa Jedal. Então agradeço de coração a atenção que me foi dispensada e a ajuda dada por: Sr. Jean Zouki, Jean Zouki Júnior, Sr. Eduardo e Amilton.

## Índice

<b>1. Objetivo.....</b>	<b>4</b>
<b>2. Descrição .....</b>	<b>5</b>
<b>3. Introdução ao Planejamento de Processos.....</b>	<b>6</b>
3.1. O Papel do Planejamento de Processos no Ciclo de Fabricação .....	7
3.2. Gerenciamento Econômico de uma Companhia.....	8
3.3. Cadeia de Atividades da Fabricação .....	9
<b>4. A Empresa Escolhida – Jedal.....</b>	<b>11</b>
4.1. Breve Histórico da Empresa.....	12
4.2. A Linha Automotiva da Jedal.....	12
4.2.1. Máquinas.....	12
4.2.2. Equipamentos . Especiais .....	13
4.2.3. Material de Consumo .....	13
4.2.4. Segurança.....	13
4.2.5 Contrapesos.....	13
4.3. A Linha de Segurança Industrial da Jedal .....	13
<b>5. O Balanceamento de Rodas.....</b>	<b>15</b>
5.1. Definições .....	15
5.2. Justificativa Mecânica para o Produto Contrapeso .....	16
5.2.1. Desequilíbrio de Rodas.....	16
5.2.2. Correção dos Desequilíbrios ou Desbalanceamentos .....	17
5.2.3. Aplicação dos Contrapesos .....	19
<b>6. A Produção de Contrapesos na Jedal.....</b>	<b>22</b>
6.1. Matéria-Prima .....	22
6.2. As Especificações do Contrapeso .....	23
6.3. Os Principais Processos.....	24
6.4. Esquema Simplificado da Fabricação do Contrapeso .....	25
6.5. Organização da Planta .....	25
6.6. Instruções em cada Posto de Trabalho .....	28
6.7. Controle de Qualidade .....	29
<b>7. O Planejamento da Produção a ser Desenvolvido .....</b>	<b>32</b>
7.1. Objetivo do Planejamento da Produção .....	32
7.2. A Proposta de Trabalho.....	33
7.3. Etapas do Trabalho .....	34
7.4. O Escopo do Trabalho .....	34
<b>8. Primeira Etapa – Estudo da Produtividade das Máquinas.....</b>	<b>37</b>
<b>9. Segunda Etapa – Estudo da Demanda de Contrapesos.....</b>	<b>41</b>
9.1. Histórico de Vendas da Família 01.....	41
9.2. Demanda Projetada de Venda Mensal dos Contrapesos.....	42
<b>10. Terceira Etapa – Consolidação da Produtividade com a Demanda .....</b>	<b>43</b>
10.1. Apresentação dos Resultados do Planejamento .....	43
10.2. O Ganho com o Planejamento .....	44
<b>11. Conclusões.....</b>	<b>46</b>
<b>12. Referências Bibliográficas.....</b>	<b>47</b>
<b>Apêndice 1 – Catálogo de Contrapesos Jedal.....</b>	<b>48</b>
<b>Apêndice 2 – Folhas de Instruções.....</b>	<b>49</b>
<b>Apêndice 3 – Gráfico de Acompanhamento do Produto - Variáveis.....</b>	<b>50</b>
<b>Apêndice 4 – Gráfico de Acompanhamento do Produto - Atributos .....</b>	<b>51</b>
<b>Apêndice 5 – Plano de Controle Diário e Liberação de Produto Acabado .....</b>	<b>52</b>

## Índice de Figuras

Figura 3.1: Funcionalidade da Estrutura Global de uma Empresa Industrial	6
Figura 3.2: Atividades do Planejamento de Processos	8
Figura 4.1: Fachada da empresa Jedal, unidade Osasco	11
Figura 5.1: Desequilíbrio Estático e Dinâmico	17
Figura 5.2: Balanceadora Computadorizada Coats 1025	19
Figura 5.3: Contrapesos com Mola Embutida, de Segurança e Adesivo, respectivamente	21
Figura 6.1: Diagrama da Fabricação do Contrapeso Tipo Mola Embutida	25
Figura 6.2: Planta da Fábrica até Junho de 2001	27
Figura 6.3: Planta da Fábrica a partir de Julho de 2001	27
Figura 7.1: Gráfico da Representatividade dos Modelos (em Kg)	36
Figura 8.1: Planilha do Excel para armazenagem de dados de número de peças/tempo	38
Figura 8.2: Resumo do Estudo da Produtividade por tipo de peça e máquina	39
Figura 8.3: Gráfico da Dependência Produtividade x Peso	40
Figura 9.1: Gráfico da Representatividade dos Tipos de Contrapesos da Família 01	42

## Índice de Tabelas

Tabela 4.1: Histórico da Jedal	12
Tabela 6.1: Tolerâncias de Peso para os Contrapesos	23
Tabela 6.2: Código dos Defeitos das Peças	30
Tabela 7.1: Vendas dos Modelos em Kg	35
Tabela 9.1: Vendas de Abril a Setembro da Família 01 em Kg	41
Tabela 9.2: Demanda Mensal Projetada para a Linha 01	42
Tabela 10.1: Planejamento Mensal para a Fábrica	44
Tabelas 10.2 e 10.3: Ganho com o Planejamento	45

## **1. Objetivo**

O tema escolhido para o Projeto de Formatura foi o Planejamento de Processos. É um tema presente em praticamente todos os projetos de Engenharia Mecânica. O Planejamento de Processos é o que define e gerencia as atividades e operações de manufatura e processamento de peças e equipamentos numa indústria.

Este projeto fará um estudo do Planejamento de Processos na produção de um componente mecânico, o contrapeso para balanceamento de rodas.

Seu objetivo final é realizar um projeto de melhoria da produtividade da fábrica de contrapesos da empresa Jedal através de um Planejamento de Processos.

## **2. Descrição**

Este relatório está dividido em basicamente três partes.

Primeiramente serão descritos alguns conceitos e idéias sobre o que é o planejamento de processos e qual seu papel numa indústria.

Será então apresentada a empresa Jedal, seus ramos de atuação e posicionamento de mercado. A partir daí entra o estudo do produto contrapeso, com sua justificativa mecânica e detalhes sobre sua produção na empresa.

Em seguida inicia-se a parte do projeto em si. O projeto fará um estudo da produtividade da fábrica, da demanda mensal de contrapesos e ao final demonstrará de que forma é possível produzir-se mais em um menor tempo.

### 3. Introdução ao Planejamento de Processos

O objetivo de um processo de fabricação é transformar uma idéia em um produto vendável. A metodologia comum para conquistar este objetivo é dividir o processo de fabricação em diversas atividades, arranjadas em série. Normalmente cada atividade cuida de um estágio diferente do processo, e cada estágio representa disciplina e treinamento únicos.

A Figura 3.1 descreve a estrutura global de uma empresa industrial e aponta o papel do Planejamento de Processos como parte do planejamento de produção. O planejamento de produção controla as atividades gerais de fabricação da empresa. A gerência geralmente está mais focada no planejamento de atividades de longo prazo como pessoal, marketing, contabilidade, etc. Entretanto ela delega as funções de desenvolvimento e fabricação de produto para departamentos especiais que se encarregam de planejamento de produção, tecnologias de fabricação, controle de qualidade, etc. O papel do Planejamento de Processos propriamente dito será explicado a seguir.

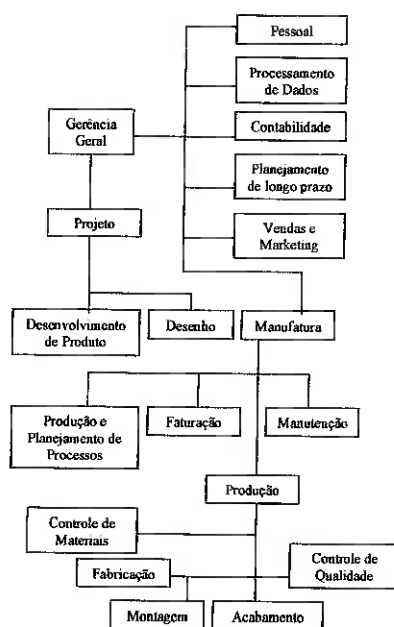


Figura 3.1: Funcionalidade da Estrutura Global de uma Empresa Industrial



### **3.1. O Papel do Planejamento de Processos no Ciclo de Fabricação**

Planejamento de Processos é um importante elo no ciclo de fabricação. Ele define em detalhe o processo que transforma material bruto no molde desejado.

Mais precisamente o Planejamento de Processos pode ser definido como a sequência de atividades ilustradas na Figura 3.2, não necessariamente na mesma ordem. Elas compreendem principalmente:

- Interpretação das especificações contidas no desenho de uma peça, incluindo dimensões e tolerâncias, dureza da superfície, material, etc.
- Seleção dos processos e ferramentas candidatas à fabricação de uma peça e suas características, respeitando as imposições do desenho
- Determinação das tolerâncias de produção e definição de dimensões que assegurem tais tolerâncias, considerando a comodidade e a capacidade do maquinário
- Seleção de superfícies iniciais e sua duração para assegurar execução precisa das operações junto com seleção de elementos de fixação e verificação da estabilidade da peça
- Sequenciamento de operações de acordo com as prioridades
- Agrupamento de operações elementares na mesma máquina para redução do tempo de trabalho
- Seleção do maquinário para a execução das operações tecnológicas, levando em conta o número de peças a ser produzidas
- Seleção de métodos e instrumentos de inspeção para garantir conformidade final com os requerimentos funcionais iniciais
- Determinação das condições de processo da operação elementar para planejamento de tempo e custo para avaliação econômica do projeto
- Edição de catálogos ou apostilas para serem assimilados ao arquivo do Planejamento de Processos que será transmitido ao departamento de fabricação para execução

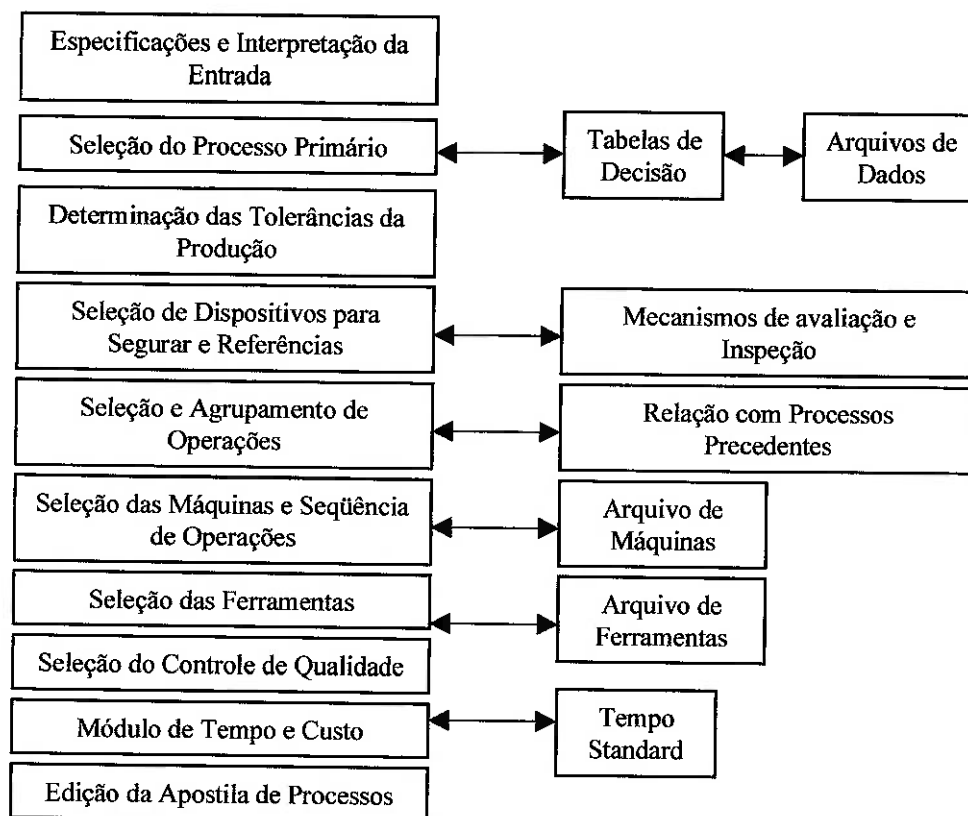


Figura 3.2: Atividades do Planejamento de Processos

### 3.2. Gerenciamento Econômico de uma Companhia

O Gerenciamento de uma empresa é predominantemente feito baseado em considerações econômicas. As decisões econômicas referentes à manufatura englobam investimento e fluxo de capital, tipo e número de máquinas necessárias, número de empregados, prazo de entrega, layout, etc. A implementação de uma decisão tem que ser baseada em intuição, estimação de dados ou dados exatos. Quanto melhores os dados, melhor a precisão. Em todos os casos, o Planejamento de Processos tem que fornecer histórico para avaliação econômica.

Por exemplo, quando um novo produto é introduzido na companhia, o departamento financeiro deseja saber seu custo de fabricação. Para responder a esta pergunta a relação de materiais deve fornecer todas as peças e suas

quantidades requeridas para um produto. Para cada peça deve-se descrever o processamento: sequência de operações, máquinas necessárias, ferramentas, fixadores, tempo de operação, etc. As pessoas de finanças vão traduzir essas informações em custos.

Outro exemplo é quando a gerência tem que definir qual capital será investido nas instalações para a fabricação. Para responder a esta pergunta um raciocínio parecido ao anterior é feito. Então multiplica-se o custo de fabricação pela quantidade de produtos a serem produzidos por período. Quando a mesma instalação é usada para diversas operações, o tempo total de cada operação é somado. Quando sabe-se o tempo total por período, o número total de instalações é encontrado e computado. Sabendo-se o custo por estação de trabalho sabe-se o investimento.

De forma semelhante, se a gerência necessita saber a força de trabalho dividida por profissão, é feito novamente raciocínio análogo ao anterior, mas ao invés de somar instalações, soma-se o número de funcionários requeridos.

Qualquer pesquisa industrial classifica o processo de fabricação como fonte de informação. Planejamento de Processos é a base para otimização de toda a produção e não somente para operações simples. É fundamental em qualquer fábrica, independente do seu tamanho, complexidade ou lote. Frequentemente ouve-se que Planejamento de Processos não é adequado para produções pequenas, mas esta concepção é equivocada. O problema em produções de pequeno lote não é de planejamento de processos ou de fabricação e sim econômico.

### **3.3. Cadeia de Atividades da Fabricação**

A metodologia comum usada na fabricação de um produto é a de dividir o processo industrial em diversas atividades, arranjadas em série.. Normalmente,

cada atividade cuida de um diferente estágio do processo, cada estágio representando uma única disciplina e treinamento. A entrada para uma atividade é a saída da atividade anterior. Cada atividade otimiza sua decisão de acordo com seus próprios critérios e as decisões são a saída desta atividade. Portanto, o processo de fabricação é uma rede de atividades em série como as a seguir:

- Projeto do produto
- Planejamento de Processos
- Métodos e projeto da instalação
- Gerenciamento de produção
  - ✓ Planejamento de produção
  - ✓ Planejamento dos materiais
  - ✓ Planejamento da capacidade/compras/controle de fatura
- Expedição
- Fabricação e controle na oficina
- Controle de qualidade
- Manutenção

Entretanto, agora que os produtos industriais estão se tornando mais e mais competitivos, a ênfase está mudando do mercado do fornecedor para o do comprador. A tendência de mercado é na direção de diminuir o ciclo de vida do produto. Estes desenvolvimentos levaram á uma mudança nos objetivos e nas prioridades no mundo industrial. Responder rapidamente às demandas de mercado para melhorar a satisfação do cliente está se tornando fator dominante, junto com considerações sobre qualidade e custos. Em termos práticas, reduzir o tempo do ciclo de manufatura está se tornando o objetivo principal nas atividades industriais.

#### **4. A Empresa Escolhida – Jedal**

A Jedal é uma empresa brasileira atuando fundamentalmente nos seguintes segmentos:



*Figura 4.1: Fachada da empresa Jedal, unidade Osasco*

##### **Automotivo**

É a maior e mais moderna fábrica de contrapesos para balanceamento de rodas do hemisfério sul, fornecendo para 100% de todas as montadoras Brasil-Argentina, líder no aftermarketing e a única com CERTIFICAÇÃO ISO 9002 na América Latina. Fabrica, importa, exporta e distribui máquinas, equipamentos e suprimentos para centros automotivos em geral. É também a representante exclusiva para o Mercosul da Myers, AMMCO, COATS, K&K, RTI dos EUA, válvulas EHA da Alemanha, elevadores e rampas da Engecass do Brasil.

##### **Segurança Industrial e Meio Ambiente**

Produção e comercialização de sistemas e produtos de prevenção contra incêndios e proteção ambiental. Representante exclusivo da JUSTRITE dos EUA, empresa do mesmo segmento fundada em 1906, líder da América do Norte.

#### 4.1. Breve Histórico da Empresa

Ano	Evento
75	Fundação da empresa Redentor Indústria Eletromecânica Ltda.
80	Início do fornecimento de contrapesos para Volkswagen e Ford
83	Início do fornecimento de contrapesos para a Fiat.
85	Obtenção de 100% de participação em contrapesos na Volkswagen, Ford, Fiat e Chrysler)
86	Mudança da fábrica de contrapesos para novas instalações
88	Fundação da Jedal Comercial Técnica Ltda
90	Incorporação da concorrente SISSA
92	Início da modernização da fábrica de contrapesos
93	Selecionada e convidada pela VOLKSWAGEN para o 1º grupo do Programa de produtividade "P-1".
95	Mudança da fábrica de contrapesos para novas instalações
95	Obtenção da distribuição exclusiva para o Mercosul de produtos MYERS (USA), e equipamentos AMMCO e COATS (USA)
95	Obtenção da distribuição exclusiva para o Mercosul, das válvulas para pneus da marca EHA (Alemanha)
96	Início do fornecimento de contrapesos para a Volkswagen, Fiat e Ford na Argentina
96	Incorporação Jedal-Redentor Comércio e Indústria LTDA.
97	Consolidação da marca Jedal-Redentor como líder na fabricação de contrapesos na América Latina
97	Início da fabricação de contrapesos revestidos
97	Consolidação no fornecimento de equipamentos, válvulas e contrapesos para a Goodyear, Pirelli, e Michelin
97	Celebração de acordo para distribuição exclusiva de containers para líquidos inflamáveis da Justrite dos USA, marca líder no mercado americano desde 1906
97	Consolidação no fornecimento de equipamentos, válvulas e contrapesos para a Goodyear, Pirelli, e Michelin
97	Início do fornecimento para a Toyota de contrapesos revestidos
98	Início do fornecimento para a Chrysler via Goodyear
98	Início do fornecimento para a Renault via Vallourec
99	Início do fornecimento para a Honda
99	Obtenção do certificado ISO 9002 pela fundação Vanzolini, válido até 30/09/2002

Tabela 4.1: Histórico da Jedal

#### 4.2. A Linha Automotiva da Jedal

Neste segmento a Jedal atua nas seguintes áreas:

##### 4.2.1. Máquinas

As máquinas de alta tecnologia que a empresa representa são:

- Balanceadoras
- Desmontadoras de Pneus
- Tornos para Freio
- Alinhadoras para Autos
- Elevadores e rampas

#### **4.2.2. Equipamentos . Especiais**

Os equipamentos especiais que a empresa representa são:

- Unidades Portáteis de Energia
- Calibradores de Ar eletrônico
- Encolhedor de Molas
- Especiais (como Lavador de Freio, Desentortador de Molas e Sangria de Freio)

#### **4.2.3. Material de Consumo**

Dentre os materiais de consumo a empresa Jedal fornece:

- Parafusadoras
- Lubrificantes
- Parafusos

#### **4.2.4. Segurança**

Dentre os equipamentos de segurança automotivos a empresa Jedal fornece:

- Containers de Segurança
- Garra para Transporte de Tambor
- Tanque para Lavagem de Peças
- Pallet para Contenção de Líquidos
- Armários Corta-fogo
- Abafadores de Faíscas

#### **4.2.5 Contrapesos**

A fabricação de contrapesos é o foco do trabalho e será apresentada em detalhe no item 6. do trabalho.

### **4.3. A Linha de Segurança Industrial da Jedal**

Esta linha não será abordada pelo trabalho mas a título informativo a Jedal fornece aparatos de segurança industrial que são classificados em:

- Equipamentos para Armazenagem
- Containers para Transferência
- Equipamentos e Containers para Uso
- Equipamentos de Descarte
- Abafadores de Faíscas
- Containers de Segurança



## **5. O Balanceamento de Rodas**

A produção de contrapesos para balanceamento de Rodas da Jedal começou junto com a empresa em sua fundação há mais de 25 anos. É a principal linha produtiva da empresa no Brasil. Além disso, a Jedal é a líder e maior produtora do segmento em toda a América Latina e figura entre os 15 maiores produtores de contrapesos do mundo.

A seguir será feita uma análise do que é o contrapeso, qual a justificativa para sua produção, qual a sua aplicação e quais os maiores consumidores do produto.

### **5.1. Definições**

As rodas para autos são constituídos basicamente de dois integrantes:

- Roda metálica
- Pneu

Na fabricação destes dois elementos há imperfeições quanto à sua massa. Tanto a roda como o pneu apresentam não-uniformidades na sua estrutura que geram concentração de massa e material em alguns pontos e deslocam o centro de massa do produto final.

A juntarem-se os dois para chegar ao produto final, que é a roda, somam-se também os deslocamentos do centro de massa, causando um terceiro centro de massa também deslocado do centro geométrico da roda. Este deslocamento causa um desequilíbrio das rodas.

Para amenizar este desequilíbrio do centro de massa da roda e deixar o centro de massa do pneu coincidente com o seu centro geométrico utilizam-se os contrapesos que são geralmente aplicados sobre a superfície da roda metálica.

## **5.2. Justificativa Mecânica para o Produto Contrapeso**

Neste item será apresentado mais profundamente o desequilíbrio das rodas, a correção para este desequilíbrio e a aplicação do produto contrapeso.

### **5.2.1. Desequilíbrio de Rodas**

O desequilíbrio das rodas e pneus é o principal causador de vibrações do automóvel.

Como foi dito anteriormente o conjunto roda/pneu pode não ter uma distribuição uniforme de massas. Deste forma apresentará sempre um certo desequilíbrio que dependendo de sua grandeza e da rotação a que a roda é submetida, pode originar vibrações às vezes consideráveis, que afetam negativamente o conforto do rodar, aumentam o desgaste dos pneus e podem reduzir a vida útil dos rolamentos, dos amortecedores e elementos da suspensão e direção do veículo.

Os desequilíbrios podem ser:

#### **a) Desequilíbrio Estático**

É o desequilíbrio causado por uma massa disposta simetricamente em relação ao plano mediano "K" e não uniforme ao longo da circunferência (vide Figura 5.1). Com este tipo de desequilíbrio a roda oscila no sentido vertical produzindo sucessivos impactos no pneu, que afetam a suspensão e direção do veículo, acarretando desgaste localizado na banda de rodagem do pneu.

A vibração é sentida em velocidades a partir de 50/60 km/h e aumenta ao quadrado com o acréscimo da rotação.

#### **b) Desequilíbrio Dinâmico Simples**

É o desequilíbrio causado por uma par de forças (massas  $m_1$  e  $m_2$ ) dispostas de maneira assimétrica em relação ao plano mediano "K" e não uniformes ao longo da circunferência (Vide Figura 5.1).

Quando a roda entra em rotação, as duas massas  $m_1$  e  $m_2$  geram duas forças que provocam oscilações transversais. O pneu sofre rápido desgaste e tanto o conforto como a dirigibilidade são prejudicados, bem como os elementos mecânicos da suspensão e direção do veículo.

As vibrações começam a ser sentidas quando a rotação entra na faixa de ressonância, ou seja, a partir dos 70/80 km/h e não é mais sentida a partir dos 130 km/h aproximadamente, embora as vibrações continuem a atuar sobre a suspensão.

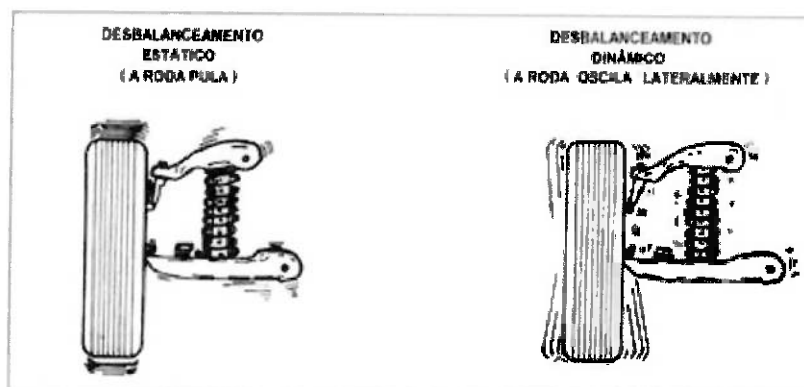


Figura 5.1: Desequilíbrio Estático e Dinâmico

### c) Desequilíbrio Dinâmico Combinado

O caso mais comum encontrado é o desequilíbrio dinâmico combinado. Este desequilíbrio é representado pela soma do desequilíbrio estático e desequilíbrio dinâmico. A roda então tem movimento vertical e também oscila lateralmente.

#### 5.2.2. Correção dos Desequilíbrios ou Desbalanceamentos

Existem dois sistemas de máquinas de balanceamento de rodas, representados pelas chamadas balanceadoras estacionárias e pelas balanceadoras portáteis.

As máquinas estacionárias (ou de coluna) fazem o balanceamento de rodas fora do veículo. Estas máquinas compensam os desbalanceamentos estáticos e dinâmicos das rodas e pneus.

As máquinas portáteis (ou locais) fazem o balanceamento das rodas montadas no próprio veículo. Estas máquinas compensam exclusivamente o desequilíbrio estático.

As máquinas balanceadoras eletrônicas estacionárias são concebidas de modo a poder medir os desequilíbrios estáticos e dinâmicos que existem em ambos os planos da roda e somá-los de forma vetorial. Desta soma, a balanceadora indica o local onde deverá ser colocado um só contrapeso em cada plano, de forma a compensar os desequilíbrios estáticos e dinâmicos que existem em cada plano.

A Jedal é representante de uma linha completa de balanceadoras estacionárias computadorizadas chamada *Coats*. Um exemplo delas está na Figura 5.2.

A utilização da máquina balanceadora estacionária é feita da seguinte forma:

- Coloca-se o conjunto pneu/roda no local indicado.
- Entra-se com o valor da largura do pneu, seu diâmetro e distância da superfície da roda até a máquina.
- Gira-se o pneu (em algumas máquinas manualmente e em outras o movimento é automático).
- Lê-se o local onde deve ser colocado os dois contrapesos (um em cada lado da roda) e qual o peso de cada um.
- Coloca-se os contrapesos
- Roda-se novamente o pneu para testar se realmente não há mais desequilíbrios.



*Figura 5.2: Balanceadora Computadorizada Coats 1025*

### **5.2.3. Aplicação dos Contrapesos**

Há inúmeros tipos de contrapesos que são aplicáveis nas rodas de veículos. Eles podem ser classificados principalmente em três tipos:

#### **a) Contrapesos com Mola Embutida**

O mais utilizado é aquele que apresenta uma garra de aço (assim chamada mola) fundida junto ao chumbo na hora de sua fabricação. Este tipo de contrapeso é utilizado em aros de aço ou liga leve e é sempre colocado com uma martelada na flange do aro.

É muito importante que o contrapeso esteja perfeitamente adaptado ao aro e para isto a garra deve acompanhar a curvatura da borda do aro e por outro lado a forma da parte interna do contrapeso deve acompanhar a sede onde o contrapeso deverá ficar alojado.

## **b) Contrapesos de Segurança**

Estes contrapesos são aqueles nos quais a mola não é fundida ao chumbo. A mola tem neste caso um perfil que abraça o contrapeso e fica bem encaixado no aro (entre o pneu e a borda interna do aro).

Este tipo de contrapeso é utilizado em rodas onde o contrapeso com mola embutida é fisicamente impossível de se colocar.

## **c) Contrapesos Adesivos**

Estes contrapesos são aqueles que em vez de garra possuem uma fita adesiva de dupla face e devem ser colocados no aro numa superfície limpa.

Este tipo de contrapeso é normalmente utilizado em aros de liga leve ou em aros cromados a fim de se evitar a martelada que poderia marcar o aro.

Há rodas que não possuem em espaço para o alojamento de contrapesos com garras. Neste caso igualmente devemos usar contrapesos colantes ou adesivos.

Vale ressaltar que este tipo de contrapeso também é utilizado por motivos estéticos. Nestes há dois motivos principais. Primeiramente os contrapesos adesivos podem ser colocados internamente à roda de modo que não aparecem e não atrapalham na estética do veículo. Isto entretanto não é recomendado pois, para um melhor balanceamento das rodas, o contrapeso deve ser colocado na sua superfície externa lateral.

O outro motivo estético é que com os outros tipos de contrapesos há contato direto entre o chumbo e o metal da roda que, por efeito pilha, causa um escurecimento na área de contato. Para evitar este escurecimento, e novamente não interferir na estética do veículo, escolhe-se o contrapeso adesivo.

O principal impecilho para este tipo de contrapeso é que ele tem um formato mais “espalhado” e menos “pontual” que os outros. Para uma melhor balanceamento das rodas seria ideal que o contrapeso fosse do tamanho mais reduzido possível para que fosse aplicado exatamente no ponto onde é requisitado.

Para finalizar este tópico, vale alertar que a reutilização de um contrapeso muitas vezes é perigosa e portanto desaconselhável face ao risco de se soltar num golpe que a roda eventualmente sofra.

Da mesma forma, contrapesos que são fabricados com molas cujo aço está fora de especificação ou cujo tratamento térmico não foi feito adequadamente podem soltar-se facilmente, pois a mola não atua como tal.



*Figura 5.3: Contrapesos com Mola Embutida, de Segurança e Adesivo, respectivamente*

## **6. A Produção de Contrapesos na Jedal**

A fabricação de contrapesos da Jedal é feita em sua planta em São Bernardo do Campo, S.P. A produção é feita pela empresa há mais de 25 anos, além de a empresa ser a maior fabricante de contrapesos da América Latina. Portanto pode-se dizer que a empresa tem sua produção de contrapesos bem desenvolvida e organizada, e é modelo para muitas outras. Ela tem capacidade produtiva de aproximadamente 200 ton/mês e atualmente está produzindo 160 ton/mês.

A fabricação dos contrapesos tem operações razoavelmente simples. Basicamente existem duas peças a serem fabricadas: o contrapeso em si e a mola.

A Jedal antigamente fabricava as duas. Entretanto hoje em dia passou a fabricação da mola para uma empresa terceira pois decidiu que o escopo do seu negócio era a fabricação do contrapeso. A Jedal compra a matéria-prima para a fabricação da mola, a passa para a empresa terceira juntamente com as especificações da mola, e recebe a mola pronta.

Desta forma a empresa pôde concentrar suas atividades na fundição do chumbo para o contrapeso. A seguir estão mais detalhes sobre a produção dos contrapesos.

### **6.1. Matéria-Prima**

Os materiais utilizados na fabricação dos contrapesos são basicamente:

- Ligas de Chumbo/Antimônio: para o corpo de contrapeso
- Aço 1070: para a mola
- Fita Adesiva Dupla-Face: no caso do contrapeso adesivo



A Jedal Compra as folhas de aço e testa para verificar se estão dentro das especificações. Então passa as folhas para a empresa terceira que realiza todos os processos de usinagem na peça.

A liga de chumbo/antimônio é comprada em barras de aproximadamente 20 kg e nelas é basicamente testado o nível de antimônio na liga. Este nível pode ser de 1,5 a 4 % em massa. Estando dentro desta quantidade, o material é aprovado para a fundição.

A fita adesiva dupla face para os contrapesos adesivos foi desenvolvida especialmente pela empresa 3M de acordo com as especificações que a Jedal impôs.

## **6.2. As Especificações do Contrapeso**

As principais especificações do contrapesos como produto final são:

- Peso
- Abertura da mola
- Coeficiente de elasticidade e resistência à tensão da mola

Os contrapesos têm que estar disponíveis no mercado em diversos pesos para que o balanceamento da roda seja o mais preciso possível. Eles então são fabricados, no Brasil, com pesos variando de 5 em 5 gramas. As tolerâncias variam de acordo com o peso e estão na tabela abaixo:

Peso	Tolerância
5 a 15 g	0,5 g
20 a 50 g	1,0 g
Acima de 50 g	2,0 g

*Tabela 6.1: Tolerâncias de Peso para os Contrapesos*

Em alguns países já se trabalha com contrapesos que variam seu peso de 2,5 em 2,5 g. Isto porque as rodas e pneus, com o avanço da tecnologia, já podem ser fabricadas com uma precisão muito alta e portanto um nível de desbalanceamento mais baixo, necessitando menores correções e contrapesos mais leves.

As molas têm que ter abertura suficientemente grande para que consigam “entrar na roda”, mas não pode ser muito grande para que o contrapeso não se desloque.

E, para que a mola execute sua função, seu coeficiente de elasticidade e resistência a tração devem assegurar um bom ajuste à roda e o seu não-rompimento nas condições de uso do automóvel e suas rodas.

Estes três parâmetros são os que definem a boa qualidade e a funcionalidade dos contrapesos e portanto são constantemente controlados na produção. Este controle de qualidade será abordado mais adiante no trabalho.

A Jedal fabrica muitos tipos contrapesos diferentes, que são utilizados por automóveis de diferentes tipos e diferentes montadoras. Eles também têm variações devido ao material da roda onde será aplicado o contrapeso, que pode ser de ferro, de liga ou de liga leve. No Apêndice 1 do trabalho está o catálogo dos contrapesos que apresenta seus diversos tipos e aplicações.

### **6.3. Os Principais Processos**

Os principais processos envolvidos na fabricação dos contrapesos são:

- Checagem das especificações da liga de chumbo/antimônio e da folha de aço
- Envio da folha de aço para a empresa terceira e recebimento das molas prontas de acordo com as especificações
- Fundição da liga de chumbo/antimônio (350-400°C)

- Injeção da liga fundida no molde (com simultâneo encaixe da mola no molde caso seja o contrapeso do tipo mola embutida)
- Retiragem de amostras para controle de qualidade
- Empacotamento

Para fabricar os diferentes tipos de contrapeso o principal ajuste feito no processo produtivo é no molde. Este é alterado quando necessita-se de um contrapeso de tamanho ou forma diferente.

#### 6.4. Esquema Simplificado da Fabricação do Contrapeso

Abaixo está um diagrama simplificado da fabricação do contrapeso tipo mola embutida. Para os outros dois tipos de contrapesos exclui-se o estágio de encaixe da mola no molde.

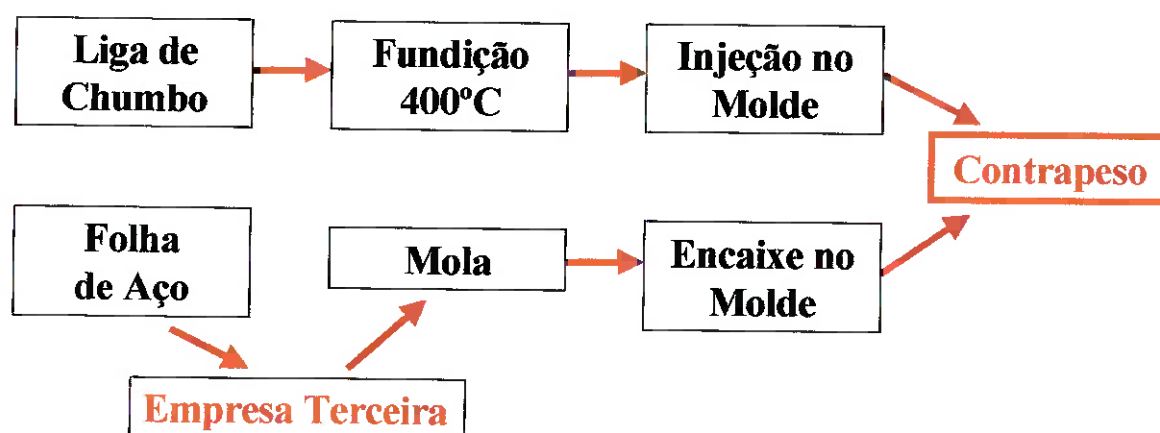


Figura 6.1: Diagrama da Fabricação do Contrapeso Tipo Mola Embutida

#### 6.5. Organização da Planta

A organização da planta da fábrica de contrapesos da Jedal foi recentemente alterada. O objetivo da mudança foi aumentar a produtividade e a economia, principalmente com as atuais preocupações com o racionamento de energia. A

Figura 6.2 mostra a organização da planta até Junho de 2000. Naquela organização havia:

- 4 células de fundição, 3 com 8 máquinas e 1 com 5
- Um operador para cada 2 máquinas (dois operadores por célula) e um coordenador para cada 2 células
- Operadores divididos em 2 turnos de 10 horas

Após Julho de 2001 a planta ficou organizada como na Figura 6.3. Agora há:

- 5 células de fundição, 4 com 6 máquinas e 1 com 5
- Um operador para cada célula e um coordenador para cada 2 células
- Operadores divididos em um turno de 10 horas e outro de 6

Nas Figuras 6.2 e 6.3 podemos ver o número de funcionários efetivos da fábrica em cada uma das organizações. E podemos perceber que foi possível reduzir o total de efetivo em 27%.

Algumas características da produção não se alteraram e são elas:

- Cada máquina produz em torno de 5000 peças por dia
- Há três outras áreas separadas: área de embalagem (com 4 células); estoque de matéria-prima e caixas de produtos prontos e área de testes
- Peças são retiradas a cada 2 horas para testes de qualidade onde são testados o peso da peça, a abertura da mola e a resistência à tração do contrapeso na roda
- Se aprovado, o lote passa para o empacotamento

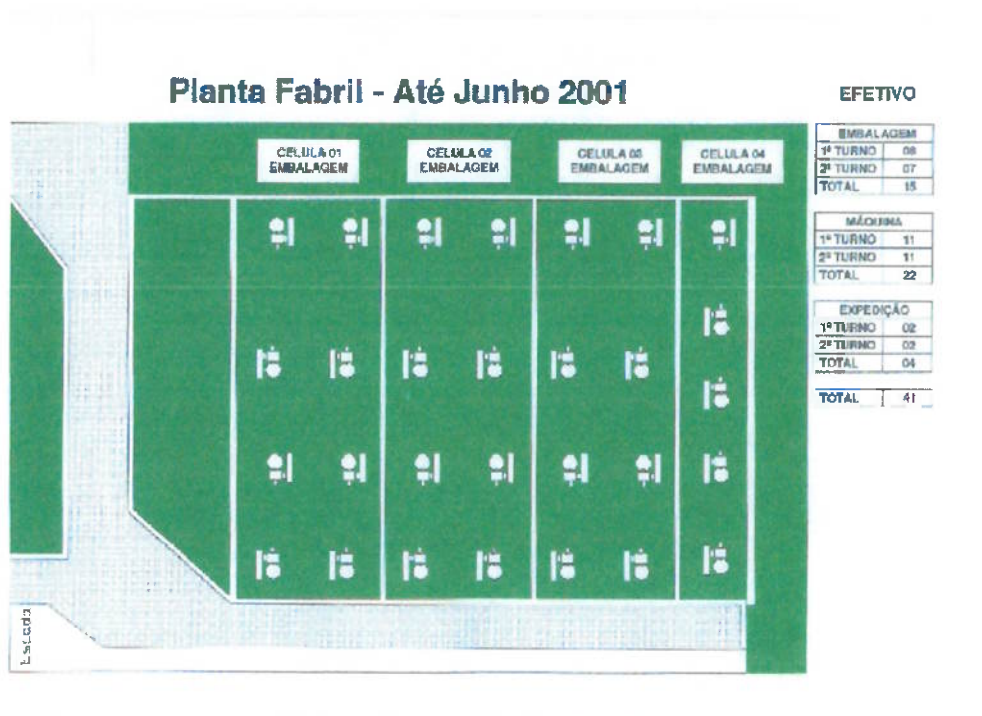


Figura 6.2: Planta da Fábrica até Junho de 2001

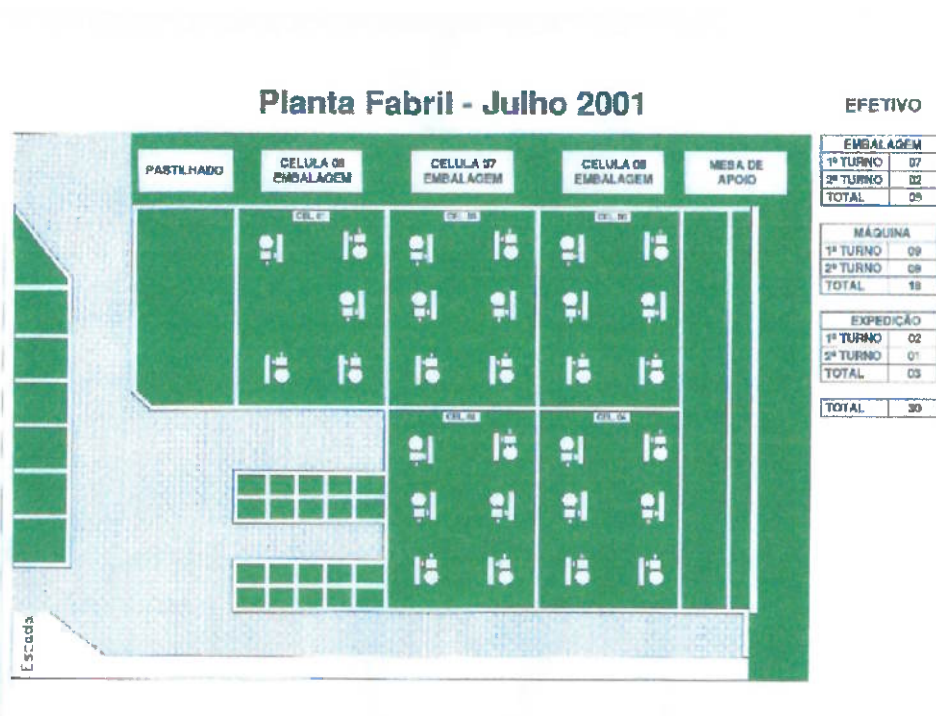


Figura 6.3: Planta da Fábrica a partir de Julho de 2001

## **6.6. Instruções em cada Posto de Trabalho**

Com um planejamento de processos bem feito a Jedal possui em cada posto de trabalho as instruções necessárias para a execução perfeita do trabalho. Estas folhas de instruções estão presentes em todas as máquinas, nos locais de testes e na área de empacotamento.

Alguns exemplos destas folhas de instruções se encontram no Apêndice 2 deste trabalho.

No Apêndice 2, a primeira folha de instruções é referente à máquina de fundição. Há um quadro (KANBAN) que indica qual é a prioridade de peças a ser produzida e está dividido em 3 cores: vermelha, amarela e verde (em ordem de prioridade).

O operador então pega o cartão e de acordo com ele produz um certo número de peças. Na máquina a função principal do operador é garantir o seu funcionamento, fazer ajustes necessários na mesma e fazer a pesagem e o teste do nível de abertura da mola.

A segunda folha de instruções é referente à utilização da balança contadora. Utiliza-se uma balança onde, após calibrada, coloca-se um número de peças que aparente ser o correto, e a balança diz quantas peças faltam ou estão a mais.

A terceira folha de instruções do Apêndice 2 refere-se à identificação do produto em processo. Quando é terminada a fabricação das peças e todos os testes são feitos, é preenchida uma folha de identificação do produto que diz qual o lote de matéria-prima do qual a peça é proveniente, o lote de molas utilizado, a máquina onde foi produzida, o operador, o coordenador e o resultado dos testes de qualidade. A Jedal utiliza uma codificação que fornece todas estas informações e cada embalagem de produtos que deixa a fábrica em direção ao cliente tem este

código carimbado. Assim, caso haja algum problema na posterior utilização do contrapeso, é possível rastrear todos os detalhes da produção do mesmo e identificar eventuais problemas.

### **6.7. Controle de Qualidade**

A Jedal há pouco tempo recebeu o certificado de qualidade ISO 9002. É a primeira fabricante de contrapesos da América Latina a recebê-lo, e agora o tema qualidade figura entre os mais importantes na gerência da fábrica.

O primeiro teste feito é o teste pelo qual as molas passam quando do seu recebimento. Neste é utilizado um visor que aumenta a visualização da peça em 10 vezes e então é possível medir suas dimensões e raios de curvatura e comparar com as especificações para ver se checam.

O controle de qualidade na produção em si é feito constantemente e será descrito em maiores detalhes a seguir.

Primeiramente é feito uma análise visual no lote para checar se há peças com rebarba, amassadas, oxidadas, furadas ou rachadas.

A cada duas horas 5 peças são retiradas da produção de cada máquina. Estas são pesadas e testadas quanto à abertura da mola.

Quando pesadas as 5 peças verifica-se se alguma está fora da tolerância. Caso alguma esteja, todo o lote daquela máquina é pesado e a máquina é ajustada e calibrada. Se todas estão dentro da tolerância descrita na Tabela 6.1, é feita uma média aritmética de seus pesos e todos estes valores são colocados no “Gráfico de Acompanhamento do Produto - Variáveis”. Um exemplo deste gráfico se encontra no Apêndice 3 deste trabalho e nele foram colocados alguns valores a

título de exemplo (não são valores reais). Com estas médias, que são determinadas a cada duas horas, traça-se uma curva, como mostra o Apêndice 3.

Também é feito um controle quanto aos defeitos das peças. Cada tipo de defeito é codificado de acordo com a Tabela 6.2 abaixo.

Código dos Defeitos das Peças	
1	Peças com Mola Aberta
2	Peças com Mola Fechada
3	Peças Abaixo do Peso Especificado
4	Peças Acima do Peso Especificado
5	Peças com Rebarbas Externas
6	Peças com Rebarbas Internas na Mola
7	Peças Falhadas na Fundição
8	Peças Rachadas
9	Peças Furadas
10	Peças Amassadas
11	Peças Oxidadas
12	Peças com Mola sem Tratamento
13	Peças com Mola Virada do Lado Errado
14	Outros

Tabela 6.2: Código dos Defeitos das Peças

No Apêndice 4 encontra-se o “Gráfico de Acompanhamento do Produto - Atributos”, que mostra o número de peças defeituosas versus o número de peças testadas. Cada uma destas folhas de acompanhamento contém o nome do responsável e a máquina onde a peça foi fabricada, o número do lote da liga de chumbo e o número do lote das molas. Portanto, ao detectar-se uma peça defeituosa, é possível saber qual o lote de chumbo utilizado, qual o lote de molas utilizado, qual a máquina, e qual operador foi o responsável.

No laboratório de testes são feitos os testes mais longos ou mais específicos. Existe o teste de resistência dos contrapesos onde o contrapeso é encaixado numa barra de espessura ligeiramente maior à que estará sujeito quando na roda do automóvel e lá fica por 24 horas. Se neste período de 24 a peça rachar, quebrar ou cair da barra, seu lote será rejeitado.



Outro teste feito é o teste de resistência a tração onde os contrapesos, colocados na roda, são submetido à uma força de tração  $T$  no sentido radial e no sentido axial da roda. A especificação pede que as peças estejam preparadas para receber esforços de  $0,75xT$ , portanto quando as peças resistem a  $T$ , estão mais do que aptas a rodar nos automóveis.

## **7. O Planejamento de Processos a Ser Desenvolvido**

Ao conhecer a empresa Jedal e sua linha de produção de contrapesos, percebemos que a fabricação do contrapeso é um processo muito simples. Ele consiste da fundição de chumbo que é então colocado em moldes onde toma sua forma final e, dependendo do modelo, é encaixada a mola.

Esta mola, que tem especificações maiores e requer usinagens e processos de fabricação mais delicados e precisos, não é mais fabricada pela Jedal. Hoje a fabricação da mola é terceirizada e a Jedal apenas recebe as molas, testa sua qualidade e a insere nos moldes para o encaixe com o contrapeso.

Verificamos então que a empresa não necessitava de um Planejamento de Processos completo, já que não utilizava diversas máquinas em sequência. A empresa então propôs que fizéssemos um planejamento mais simplificado de sua produção para aumentar sua produtividade. Este planejamento era uma necessidade real da empresa e está explicado a seguir.

### **7.1. Objetivo do Planejamento**

Apesar de ter excelência na produção de contrapesos em nível mundial a Jedal ainda não possui um planejamento adequado de sua produção.

Hoje em dia as peças são produzidas de acordo com os pedidos. Isto acarreta em custos e tempo extras de fabricação devido, por exemplo, à necessidade de dar diversos setups nas máquinas ou à necessidade de se trocar frequentemente os moldes das máquinas para produzir um ou outro tipo de peça. Além disso acontece muito de haver um pedido de última hora que atrasa a entrega por não ter-se aquele modelo pronto.

O objetivo final então é o de planejar a produção para que seja a mais produtiva possível (produza no menor tempo e com o menor custo possível) e para que a demanda mensal seja atendida sem sustos ou problemas de atraso na entrega do produto final.

## **7.2. A Proposta de Trabalho**

A fábrica conta com 5 células, cada qual com 6 máquinas. E a Jedal fabrica dezenas de tipos de contrapesos, com pesos e formatos variados.

É sabido que as máquinas, apesar de serem de modelos iguais, apresentam desempenhos diferentes dependendo o tipo de contrapeso que está sendo produzido nelas. Por exemplo, uma máquina A produz melhor um determinado modelo de contrapeso X pois o produz em menos tempo e com melhor qualidade. Já a máquina B produz mais eficientemente os contrapesos do tipo Y e Z, e assim sucessivamente.

Esse conhecimento é de certa forma sabido tanto pelos operados de máquinas como pelo Gerente da fábrica mas é informal, ou seja, não é catalogado. O Gerente da fábrica, por ser experiente, decide qual contrapeso será produzido, em qual máquina será produzido, quando e quanto tempo levará a produção de uma certa demanda.

A proposta de Jedal então foi que recolhêssemos essas informações informais e as catalogássemos. Ao mesmo tempo foi proposto que fizéssemos um estudo da demanda mensal de contrapesos. Desta forma seremos capazes de dizer qual a melhor alternativa para a produção de uma certa demanda de contrapesos, alternativa essa que possibilite a produção dos contrapesos no menor tempo possível, com a melhor qualidade.

### **7.3. Etapas do Trabalho**

Primeiramente será feito um estudo da produtividade de cada máquina em relação à cada tipo de contrapeso. O que se deseja obter nesta etapa é a produção em peças por hora de todas as máquinas que trabalham com os diversos contrapesos.

Em seguida será feito um estudo da demanda mensal de contrapesos. Este estudo será feito baseando-se nos dados de meses anteriores e projetando uma tendência de vendas para os próximos meses. Nesta etapa a ajuda do Gerente da fábrica foi imprescindível por seu entendimento maior de como está o mercado, como geralmente são as vendas para aquela época do ano e como variam as vendas de acordo com a economia do país e outros fatores externos. Nesta segunda parte pretende-se obter o número de contrapesos que necessita-se fabricar, de cada peso e tipo, para um mês.

Por último, e finalizando o trabalho, pretendemos chegar à produção ideal para a planta. Nesta fase estaremos juntando os resultados das duas primeiras etapas e encontrando o tempo ideal de fabricação de cada contrapeso e em qual máquina ele será produzido.

### **7.4. O Escopo do Trabalho**

Em uma decisão junto à Gerência da fábrica, o trabalho de Planejamento da Produção será feito apenas para uma linha de contrapesos.

Para a determinação da linha a ser escolhida foi analisada a importância de cada uma em termos de número de peças vendidas no mercado. Abaixo vemos a Tabela 7.1 com os dados de número de peças vendidas no período de 01/04/01 à 30/09/01. Em seguida temos na Figura 7.1 um gráfico com a representatividade de cada linha.

Marca	Modelo	Total Kg
Redentor	Universal - Modelo 01	340.841
Redentor	Adesivo - Modelo 06	162.643
Redentor	Liga-Leve Euro - Modelo 03	84.825
Redentor	Caminhão com Câmara - Modelo 15	53.709
Redentor	Liga-Leve Modelo 02	48.778
Redentor	Universal Fiat - Modelo 11	45.816
Redentor	Universal Delta Tone - Modelo 71	45.323
Sissa	Universal - Modelo 01	44.720
Redentor	Caminhão sem Câmara - Modelo 09	28.095
Redentor	Caminhão Leve - Modelo 07	26.350
Redentor	Universal Alemão Revestido - Modelo 21	23.762
Sissa	Adesivo - Modelo 06	13.800
Sissa	Liga leve - Modelo 02	13.387
Redentor	Universal Europeu - Modelo 04	11.826
Redentor	Universal Ford - Modelo 31	10.360
Redentor	Universal - Modelo 13	10.339
Sissa	Liga Leve Europeu - Modelo 03	7.466
Redentor	Universal Blue Makaw - Modelo 29	7.240
Redentor	Japonês Liga Leve - Modelo 12	7.175
Sissa	Caminhão com Câmara - Modelo 08	4.548
Redentor	Universal Americano - Modelo 24	4.386
Redentor	Alemão Liga Leve - Modelo 10	4.299
Redentor	Universal - Modelo 08	3.815
Sissa	Caminhão Leve - Modelo 07	2.086
Pratkit	Tradicional	1.662
Redentor	Americano Liga Leve - Modelo 22	1.596
Redentor	Contrapesos	1.467
Redentor	Caminhão Liga Leve Alcoa Interno - Modelo 27	643
Redentor	Caminhão Liga Leve Alcoa Externo - Modelo 28	479
Redentor	Pick up - Modelo 16	330
Redentor	Liga Leve Americano Revestido - Modelo 25	320
Redentor	Liga Leve Japonês Revestido - Modelo 20	125
Redentor	Liga Leve Europeu Revestido - Modelo 19	93
Redentor	Liga Leve Francês - Modelo 05	55
Redentor	Liga Leve Revestido - Modelo 18	0
Redentor	Universal Externo Revestido - Modelo 38	0
Redentor	Universal Interno Revestido - Modelo 37	0

Tabela 7.1: Vendas dos Modelos em Kg

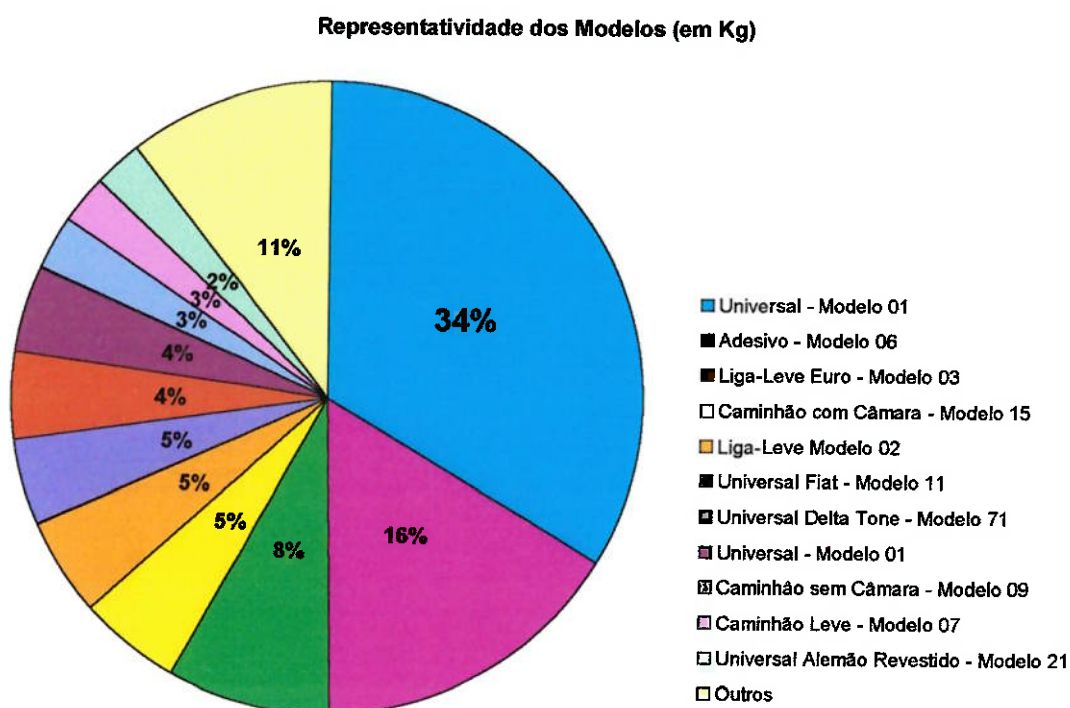


Figura 7.1: Gráfico da Representatividade dos Modelos (em Kg)

Com esta análise a linha escolhida para o projeto foi a do Modelo 01, que representa 34% das vendas totais em peso. Esta linha é constituída de contrapesos de mola embutida utilizados em rodas de ferro. Ela possui contrapesos de 5 a 60 g , variando de 5 em 5 g.

Nos itens a seguir será descrito todo o desenrolar do trabalho e serão apresentados seus resultados.

## **8. Primeira Etapa – Estudo da Produtividade das Máquinas**

O primeiro estudo feito na fábrica foi o da produtividade de cada máquina para cada tipo de contrapeso. Este estudo foi feito a partir dos dados de produção do mês de Outubro de 2001.

Como já foi dito a Jedal é uma empresa experiente e com o melhor certificado de qualidade do momento, o ISO 9002. Desta forma possui um ótimo controle de sua produção, mas que ainda é feito manualmente e sem catalogação.

De hora em hora os coordenadores de células acompanham o número de peças produzidas em cada máquina e registram os dados em uma folha chamada “Plano de Controle Diário e Liberação de Produto Acabado”. Um exemplo desta folha se encontra no Apêndice 5 deste trabalho. Nela o coordenador coloca:

- o número de peças produzidas por hora
- o número da célula e da máquina
- o operador da máquina
- a balança utilizada para o teste de peso do contrapeso
- o número do lote da mola recebida
- o número do lote do chumbo utilizado

Além disso há o campo para as ocorrências que podem vir a alterar o andamento da produção. Estas ocorrências são codificadas de “A” a “R” e podem ser originárias desde uma pane elétrica até falta de operador.

Foram recolhidas cerca de 200 folhas como esta. Os dados de número de peças fabricadas e o número de horas levadas para esta fabricação foram coletados, bem como o número da célula e da máquina. Foram desconsiderados do trabalho os períodos onde houve qualquer tipo de ocorrência (“A” a “R”) listada na mesma.

Os dados coletados forma arquivados em uma planilha de Excel. Para cada peso há uma pasta com layout similar ao da Figura 8.1 abaixo. Nela vemos em exemplo para o contrapeso 301.010 (código para o modelo de contrapeso 01, de 10 gramas).

Os dados de número de peças de número de horas são inputados de acordo com o dia do mês, número da célula e número da máquina.

301.010	Célula 1														
	1			2			3			4			5		
Dias Outubro	Peças	Tempo	P/t	Peças	Tempo	P/t	Peças	Tempo	P/t	Peças	Tempo	P/t	Peças	Tempo	P/t
1			#DIV/0!			#DIV/0!			#DIV/0!			#DIV/0!			#DIV/0!
2			#DIV/0!			#DIV/0!			#DIV/0!			#DIV/0!			#DIV/0!
3			#DIV/0!			#DIV/0!			#DIV/0!			#DIV/0!			#DIV/0!
4			#DIV/0!			#DIV/0!			#DIV/0!			#DIV/0!			#DIV/0!
5			#DIV/0!			#DIV/0!			#DIV/0!			#DIV/0!			#DIV/0!
6			#DIV/0!			#DIV/0!			#DIV/0!			#DIV/0!			#DIV/0!
7			#DIV/0!			#DIV/0!			#DIV/0!			#DIV/0!			#DIV/0!
8			#DIV/0!			#DIV/0!			#DIV/0!			#DIV/0!			#DIV/0!
9			#DIV/0!			#DIV/0!			#DIV/0!			#DIV/0!			#DIV/0!
10			#DIV/0!			#DIV/0!	12210	12	1017,5			#DIV/0!			#DIV/0!
11			#DIV/0!			#DIV/0!	4470	5	894	3400	4	850			#DIV/0!
12			#DIV/0!			#DIV/0!			#DIV/0!			#DIV/0!			#DIV/0!
13			#DIV/0!			#DIV/0!			#DIV/0!			#DIV/0!			#DIV/0!
14			#DIV/0!			#DIV/0!			#DIV/0!			#DIV/0!			#DIV/0!
15			#DIV/0!			#DIV/0!			#DIV/0!	2900	3	966,667			#DIV/0!
16			#DIV/0!			#DIV/0!			#DIV/0!	16230	14	1159,29			#DIV/0!
17			#DIV/0!			#DIV/0!			#DIV/0!	15210	14	1086,43			#DIV/0!
18			#DIV/0!			#DIV/0!			#DIV/0!			#DIV/0!			#DIV/0!
19			#DIV/0!			#DIV/0!			#DIV/0!	5300	8	662,5			#DIV/0!
20			#DIV/0!			#DIV/0!			#DIV/0!			#DIV/0!			#DIV/0!
21			#DIV/0!			#DIV/0!			#DIV/0!			#DIV/0!			#DIV/0!
22			#DIV/0!			#DIV/0!			#DIV/0!			#DIV/0!			#DIV/0!
23			#DIV/0!			#DIV/0!			#DIV/0!			#DIV/0!			#DIV/0!
24			#DIV/0!			#DIV/0!			#DIV/0!			#DIV/0!			#DIV/0!
25			#DIV/0!			#DIV/0!			#DIV/0!			#DIV/0!			#DIV/0!
26			#DIV/0!			#DIV/0!			#DIV/0!			#DIV/0!			#DIV/0!
27			#DIV/0!			#DIV/0!			#DIV/0!			#DIV/0!			#DIV/0!
28			#DIV/0!			#DIV/0!			#DIV/0!			#DIV/0!			#DIV/0!
29			#DIV/0!			#DIV/0!			#DIV/0!			#DIV/0!			#DIV/0!
30			#DIV/0!			#DIV/0!			#DIV/0!			#DIV/0!			#DIV/0!
31			#DIV/0!			#DIV/0!			#DIV/0!			#DIV/0!			#DIV/0!
Total Mês	0	0	#DIV/0!	0	0	#DIV/0!	16680	17	981,176	43040	43	1000,93	0	0	#DIV/0!

Figura 8.1: Planilha do Excel para armazenagem de dados de número de peças/tempo

Na última linha de baixo foram calculadas as médias mensais para cada máquina. Para que os dados de uma certa máquina fossem considerados válidos ela deveria ter fabricado aquele modelo por pelo menos 20 horas no mês.

Com as médias calculadas foi possível chegar ao quadro de Figura 8.2. Nele estão inseridas as médias de produtividade das máquinas. Em amarelo estão os



dados obtidos, considerando o ponto anterior de no mínimo 20 horas de operação. Em rosa estão as melhores médias para cada tipo de contrapeso (de 5 a 60 g).

Produtividade (Peças/hora)	Célula 1					Célula 2						Célula 3						Célula 5						
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	
301.006								1005																
301.010				1009				839									1040							
301.015									807											811				
301.020											857					608								
301.025																								
301.030																								
301.035																								
301.040																								
301.045																								
301.050																								
301.055																								
301.060																								

Figura 8.2: Resumo do Estudo da Produtividade por tipo de peça e máquina

A partir destes dados foi possível também estabelecer uma relação entre o peso do contrapeso e seu tempo de produção. Quanto maior o peso da peça, mais tempo o molde da peça leva para ser preenchido. Portanto, quanto maior seu peso, menor sua produtividade em peças por hora. Esta relação está apresentada no gráfico da Figura 8.3.

Ele apresenta não só a curva, mas também uma equação linear que representa esta dependência produtividade x peso.

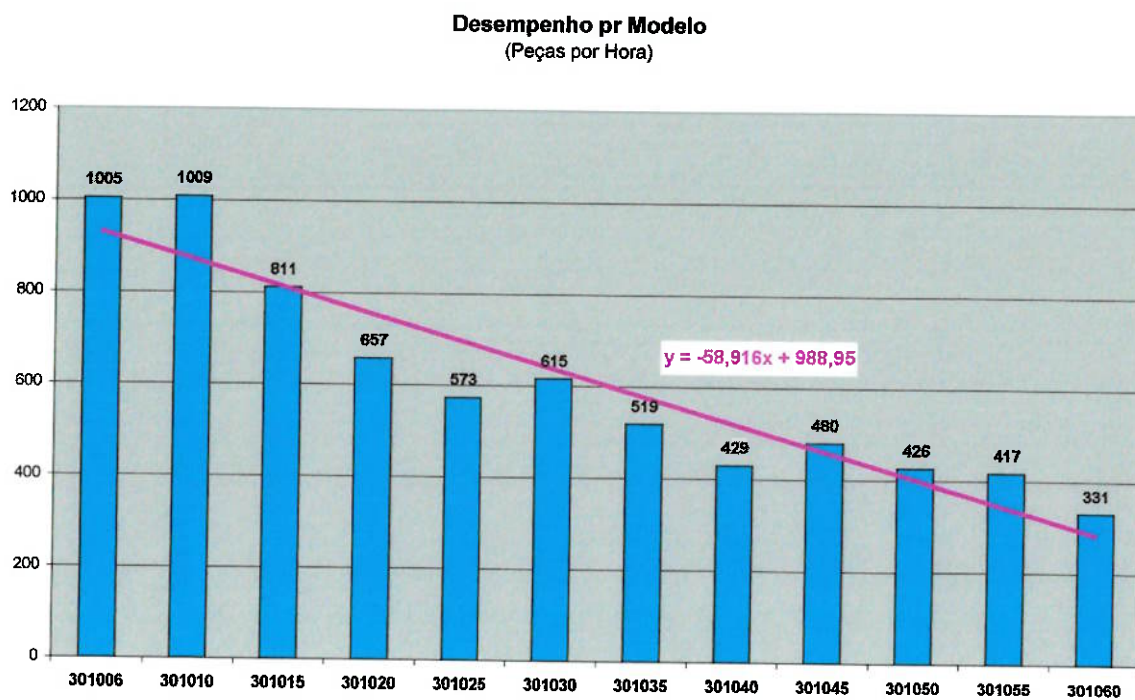


Figura 8.3: Gráfico da Dependência Produtividade x Peso

## 9. Segunda Etapa – Estudo da Demanda de Contrapesos

Em parceria com a Jedal este estudo foi feito a partir de uma tendência de vendas.

Foram estudadas as vendas dos contrapesos da família 01. A partir destes números, e com a ajuda do Gerente da fábrica e sua experiência no mercado automobilístico, chegamos a um número de peças, por peso, que deveria ser produzido mensalmente.

### 9.1. Histórico de Vendas da Família 01

O histórico de vendas no período de 01/04/01 à 30/09/01 está apresentado na Tabela 9.1 e a representatividade de cada tipo em % está mostrada no gráfico da Figura 9.1.

Contrapeso	Vendas (Kg)
301.030	36.879,00
301.025	32.290,00
301.040	31.924,00
301.035	30.639,00
301.020	29.122,00
301.045	24.336,00
301.015	21.535,50
301.050	17.917,50
301.010	15.075,00
301.060	10.791,00
301.055	6.118,75
301.006	2.458,50

Tabela 9.1: Vendas de Abril a Setembro da Família 01 em Kg

Representatividade de Cada Tipo (Peso)

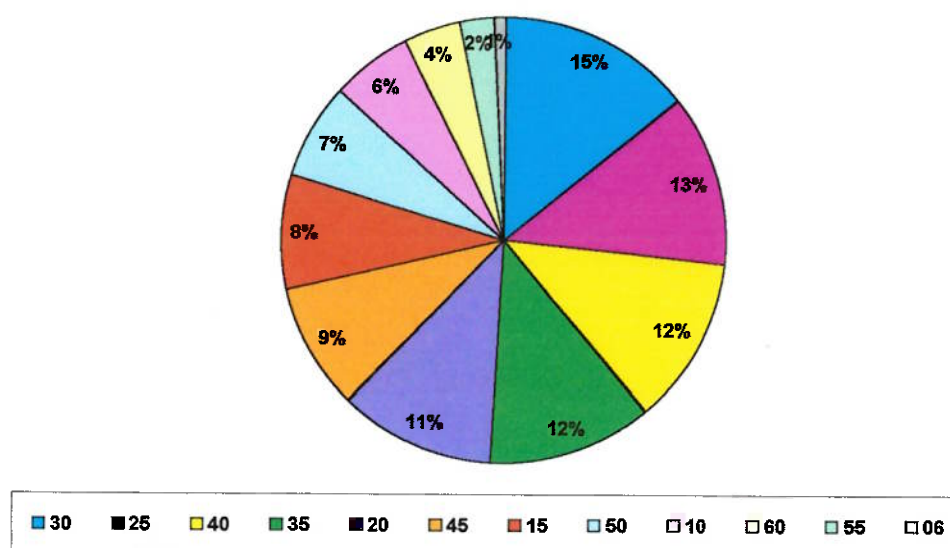


Figura 9.1: Gráfico da Representatividade dos Tipos de Contrapesos da Família 01

A representatividade de cada tipo (peso) de contrapeso da família 01 servirá para estabelecer prioridades dos tipos de contrapesos na seleção das máquinas.

## 9.2. Demanda Projetada de Venda Mensal dos Contrapesos

Os resultados do estudo de tendência de vendas, ou seja, a demanda de peças mensal em número e em Kg estão apresentados na Figura 9.1.

Contrapeso	Número de Peças	Quantidade (Kg)
301006	79.000	395.000
301010	260.000	2.600.000
301015	248.000	3.720.000
301020	250.000	5.000.000
301025	223.000	5.575.000
301030	211.000	6.330.000
301035	150.000	5.250.000
301040	137.000	5.480.000
301045	94.000	4.230.000
301050	62.000	3.100.000
301055	19.000	1.045.000
301060	31.000	1.860.000

Tabela 9.2: Demanda Mensal Projetada para a Linha 01

## 10. Terceira Etapa – Consolidação da Produtividade com a Demanda

Finalmente vamos chegar ao que seria a produção ideal mensal da planta.

### 10.1. Apresentação dos Resultados do Planejamento

Analisando a produtividade, a demanda e a representatividade dos tipos de contrapeso chegamos ao resultado que seria a Produção Mensal Ideal para a fábrica.

O primeiro cálculo feito foi o de encontrar o número de horas que cada peça demoraria para ser produzida, dividindo-se a produtividade em peças/hora pela demanda mensal de peças. Depois, dividindo-se por 16 (que é o turno de trabalho de cada máquina), chegamos ao número de dias necessários para produzir tal peça.

Por exemplo, com o contrapeso de 30 gramas, o 301.030. Sua melhor produtividade se dá na máquina 3-1, com 615 peças por hora.

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Demanda/Produtividade} = 211.000/615 = 343 \text{ horas} \\ 343/16 = 21,4 \text{ dias} \\ \text{Portanto 301.030 ficará 22 dias na máquina 3-1.} \end{array} \right.$$

Para o cálculo mensal foram considerados 22 dias produtivos. Foi dada prioridade na produção às peças de maior representatividade nas vendas da Jedal.

Vale ressaltar que alguns outros aspectos também foram considerados. Procurou-se limitar a produção da linha 01 ao menor número de máquinas possível, para que aquelas máquinas e operadores se especializem apenas nesta linha.

O resultado deste trabalho está apresentada na Tabela 10.1.

	Célula 1					Célula 2						Célula 3						Célula 5						
Dia	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	
1			45	50					15		20	30				25	10	40						35
2			45	50					15		20	30				25	10	40						35
3			45	50					15		20	30				25	10	40						35
4			45	50					15		20	30				25	10	40						35
5			45	50					15		20	30				25	10	40						35
6			45	50					15		20	30				25	10	40						35
7			45	50					15		20	30				25	10	40						35
8			45	50					15		20	30				25	10	40						35
9			45	50					15		20	30				25	10	40						35
10			45	50					15		20	30				25	10	40						35
11			45	60					15		20	30				25	10	40						35
12			45	60					15		20	30				25	10	40						35
13			45	60					15		20	30				25	10	40						35
14			45	60					15		20	30				25	10	40						35
15			55	60					15		20	30				25	10	40						35
16			55	60					15		20	30				25	10	40						35
17			55						15		20	30				25	5	40						35
18			55						15		20	30				25	5	40						35
19									15		20	30				25	5	40						35
20									15		20	30				25	5	40						25
21									20		20	30				25	5	40						25
22									20		20	30				25	5	40						25

Tabela 10.1: Planejamento Mensal para a Fábrica

A primeira observação a ser feita é que as máquinas ideais estão em células diferentes. Portanto a primeira sugestão à Direção da Fábrica será a de agrupar estas 9 máquinas em apenas duas células, e vizinhas.

Os dias não utilizados das máquinas 1-3 e 1-4 servirão de suporte para eventuais aumentos da demanda, ou problemas nas outras máquinas.

## 10.2. O Ganho com o Planejamento

Retornando às tabelas iniciais de produtividade, foi possível calcular o número de horas necessárias para suprir a demanda mensal caso o arranjo continuasse o mesmo, ou seja, sem a implementação do Planejamento de Processos.

Da mesma forma foi calculado o número de total de horas necessárias com o Planejamento de Processos. Os resultados, nos dois casos estão apresentados na Figura 10.2.



Sem Planejamento	Produtividade (P/t)	Demanda	Número Horas
301006	1005	79.000	79
301010	871	260.000	299
301015	803	248.000	309
301020	629	250.000	397
301025	547	223.000	408
301030	580	211.000	364
301035	465	150.000	323
301040	397	137.000	345
301045	444	94.000	212
301050	426	62.000	146
301055	417	19.000	46
301060	329	31.000	94
Total			3020 horas

Com Planejamento	Produtividade (P/t)	Demanda	Número Horas
301006	1005	79.000	79
301010	1040	260.000	250
301015	807	248.000	307
301020	657	250.000	381
301025	573	223.000	389
301030	615	211.000	343
301035	519	150.000	289
301040	429	137.000	319
301045	480	94.000	196
301050	426	62.000	146
301055	417	19.000	46
301060	329	31.000	94
Total			2838 horas

Tabelas 10.2 e 10.3: Ganho com o Planejamento

Portanto o ganho com o Planejamento de Processos, em número de horas, foi de 6%. Isto representa uma redução de 6% nos custos de operação das máquinas e no custo de mão-de-obra.

Para uma produção deste porte, uma economia destas representa um grande aumento na eficiência de seus processos e uma lucratividade bem maior para a empresa Jedal.

## **11. Conclusões**

Este projeto conseguiu atingir seu objetivo e apresentou uma melhoria significativa na produtividade na produção de contrapesos da empresa Jedal. Esta melhoria foi de 6% em número de horas de fábrica.

O trabalho também cumpriu seu objetivo como iniciador de um engenheiro em sua profissão. Foi muito gratificante poder, pela primeira vez, entender de perto como funciona uma empresa industrial.

Tive a oportunidade única, em minhas inúmeras visitas à empresa Jedal e sua fábrica, de ter contato com as mais diversas áreas. Aprendi de tudo um pouco: controle de matéria-prima, operação das máquinas, treinamento de operadores, empacotamento, expedição, controle de qualidade, produtividade, contato com o cliente, etc. Por isso mesmo este relatório abrange diversos aspectos da produção de contrapesos da Jedal.

Tive um imenso apoio do pessoal da Jedal e por isso tive a preocupação de apresentar a eles um projeto do qual eles realmente necessitassem e um resultado que pudesse ser revertido em aumento de lucratividade para a empresa, e assim contribuir para seu crescimento. Acredito que tanto eu como eles ficamos felizes com um resultado positivo neste projeto.

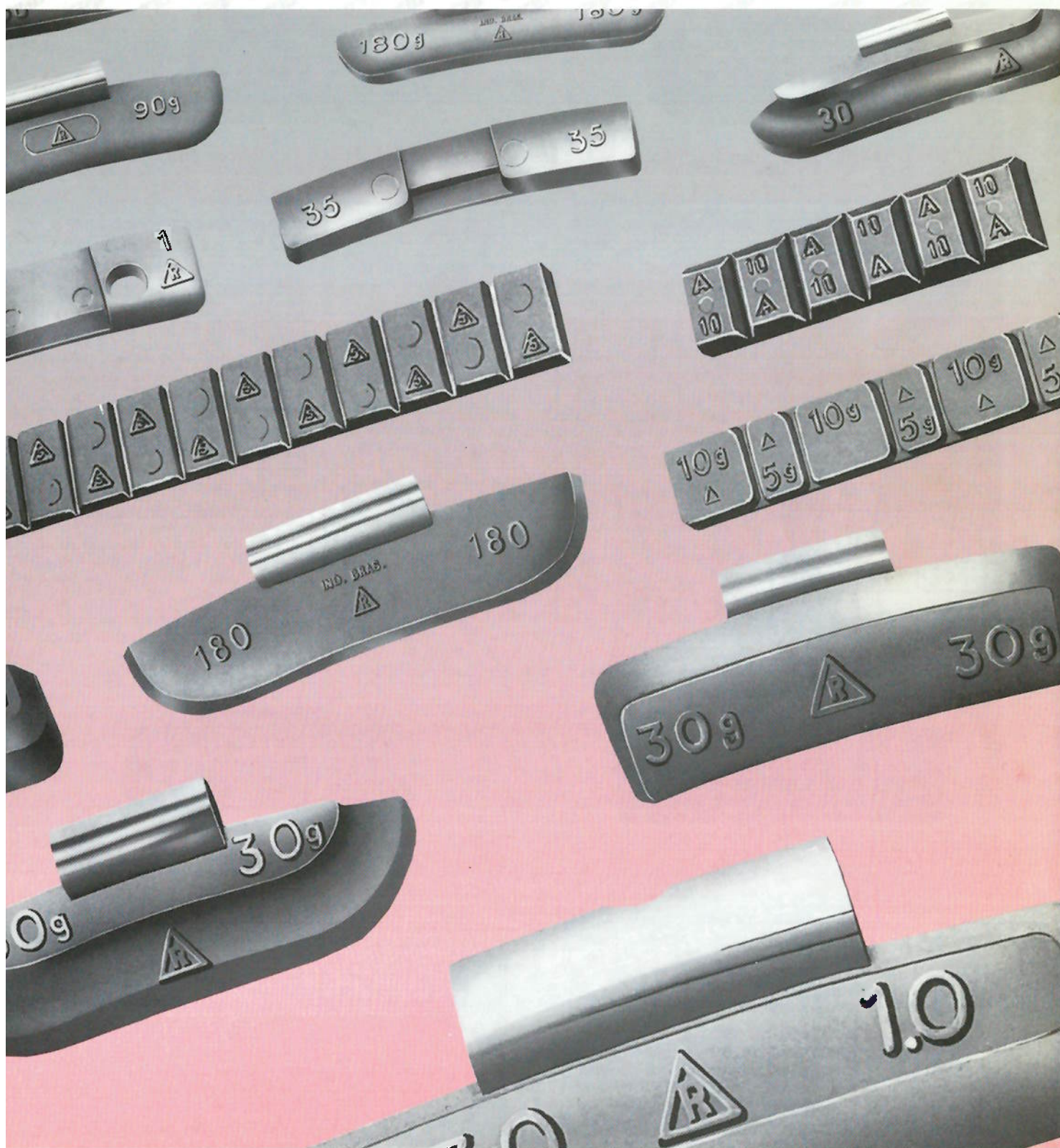
A idéia é que a Jedal receba todo o material usado neste trabalho e que além de utilizar seus resultados, possa utilizar a mesma metodologia de trabalho para as suas outras linhas de contrapeso.



## **12. Referências Bibliograficas**

- Halevi, G. e Weill, R. D.; Principles of Process Planning – A Logical Approach; Chapman & Hall; First Edition, 1995
- Chang, Tien-Chien; Wysk, Richard A. e Wang, Hsu-Pin; Computer-Aided Manufacturing; Second Edition.
- Material interno gentilmente cedido pela Jedal.

## **Apêndice 1 – Catálogo de Contrapesos Jedal**



# **CONTRAPESOS PARA BALANCEAMENTO DE RODAS**

*WHEELS BALANCING WEIGHTS/CONTRAPESOS*




# SEGURANÇA NO BALANCEAMENTO DE RODAS.

## / CONTRAPESOS REDENTOR. CALIDADE Y SEGURIDAD EN EL BALANCEAMIENTO



- MODELO
- SERIE
- MODELO

5

	CODIGO/ PART #	GRAMAS g	ONÇA oz	QTDE. Quant.
 <ul style="list-style-type: none"> <li>• Para rodas européias, com garra separada.</li> <li>• For european wheels, with disconnected clip.</li> <li>• Para las ruedas europeas, con fleje separado.</li> </ul>	305.010	10		100
	305.015	15		100
	305.020	20		100
	305.025	25		100
	305.030	30		100
	305.035	35		100
	305.040	40		100
	305.045	45		100
	305.050	50		50
	305.055	55		50
	305.060	60		50



- MODELO
- SERIE
- MODELO


6

ESPESS. THICKNESS	LARGURA WIDTH	CODIGO/ PART #	GRAMAS g	ONÇA oz	QTDE. Quant.
6,5 mm	15 mm	306.060	60		50
6,5 mm	15 mm	306.100	100		50
4,5 mm	15 mm	306.160	60		50
3,5 mm	15 mm	306.260	60		50
3,5 mm	15 mm	306.360	60		50
5/32"	5/8"	306.370		2 1/2	50
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Para todas as rodas, particularmente as de liga leve.</li> <li>• For all wheels, used mainly on special alloy wheels.</li> <li>• Para todas las ruedas, particularmente para las de aleación de metales especiales.</li> </ul>					



- MODELO
- SERIE
- MODELO

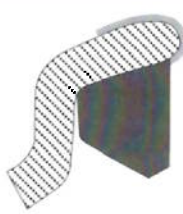
7

	CODIGO/ PART #	GRAMAS g	ONÇA oz	QTDE. Quant.
 <ul style="list-style-type: none"> <li>• Para rodas de caminhão leve.</li> <li>• For light truck wheels.</li> <li>• Para las ruedas de camiones ligeros.</li> </ul>	307.030	30	1	100
	307.040	40	1 3/8	100
	307.050	50	1 3/4	50
	307.060	60	2 1/8	50
	307.070	70	2 1/2	50
	307.080	80	2 3/4	50
	307.090	90	3	50
	307.100	100	3 1/2	50
	307.120	120	4	50
	307.150	150	5 1/2	50



- MODELO
- SERIE
- MODELO

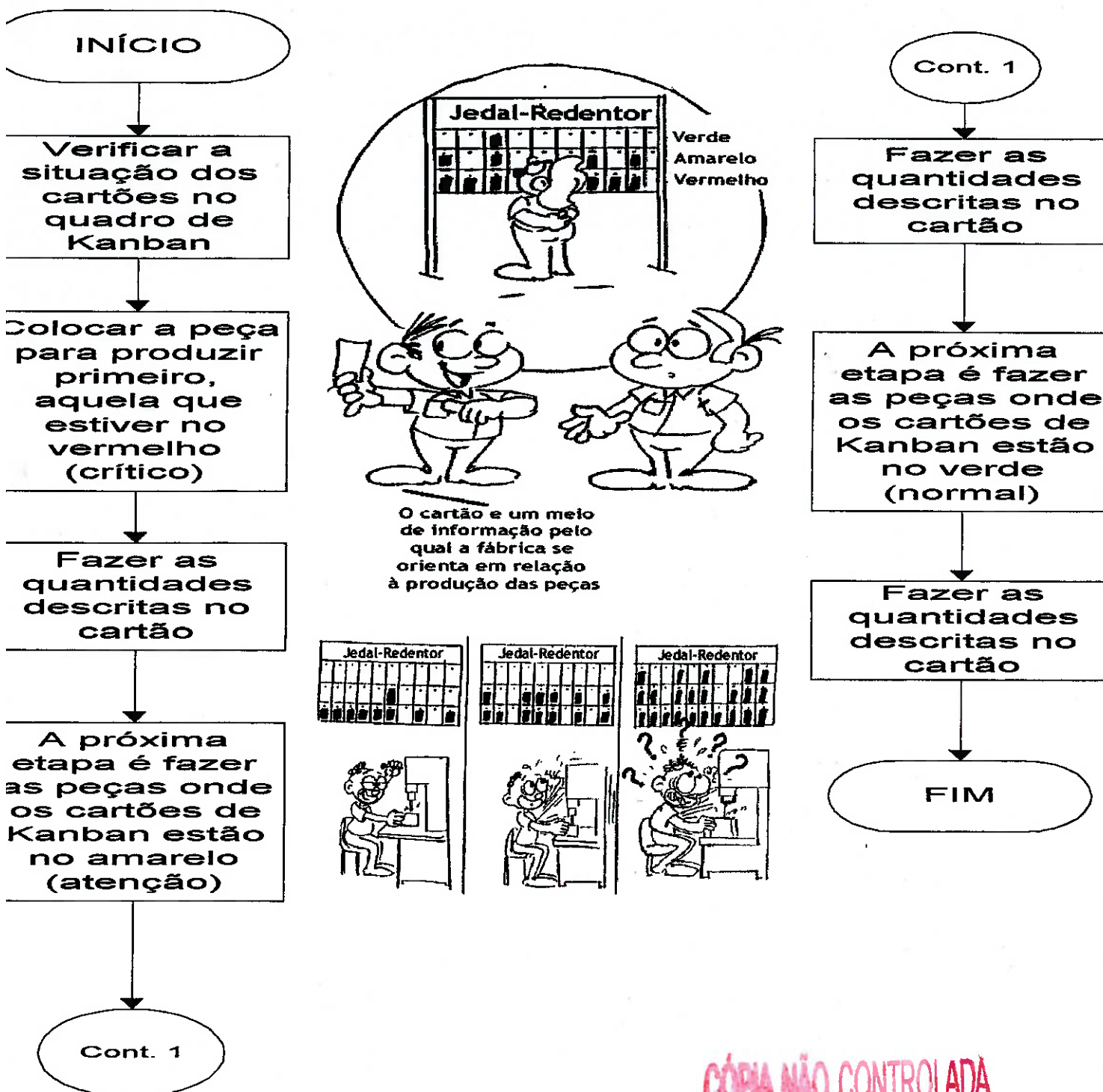
8

	CODIGO/ PART #	GRAMAS g	ONÇA oz	QTDE. Quant.
 <ul style="list-style-type: none"> <li>• Para rodas de ferro de caminhão e ônibus.</li> <li>• For truck and bus wheels.</li> <li>• Para las ruedas de acero de camiones y buses.</li> </ul>	308.100	100	3 1/2	50
	308.120	120	4	50
	308.140	140	5	50
	308.150	150	5 1/2	50
	308.160	160	5 3/4	50
	308.180	180	6	50
	308.200	200	7	25
	308.220	220	8	25
	308.240	240	8 1/2	25
	308.250	250	9	25
	308.260	260		25
	308.280	280	10	25
	308.300	300	11	25
	308.350	350	12	25

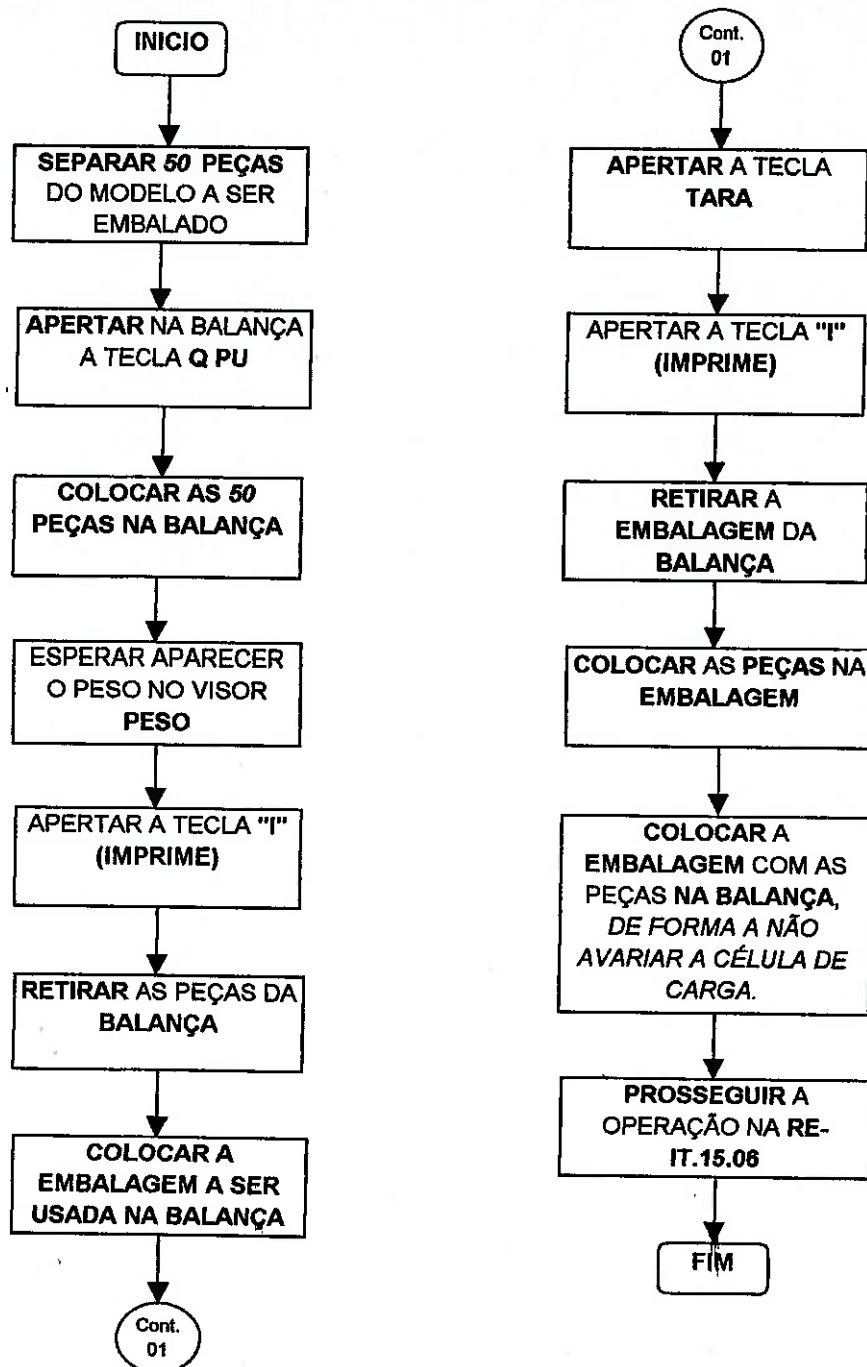
## **Apêndice 2 – Folhas de Instruções**

**KANBAN**

Produção


**CÓPIA NÃO CONTROLADA**

Revisor	Rene Lopes de Farias	Ass.		Data	10/09/99
	Fernando Alonso Papassoni				08/09/99
	Leonardo Blumtritt Neto				10/09/99



**CÓPIA NÃO CONTROLADA**

## Fernando Alonso Papassoni

Ass.

Data

14/03/01

Fernando Alonso Papassoni

Ass.

Data

14/03/01

Leonardo Blumtritt Neto

Ass.

Data

14/03/01



**Início**

**Preencher o  
Formulário Produto em  
Processo de acordo  
com os dados no  
P.C.D.L.P.A.,  
preenchido em todos  
os campos**

**Colocar o Formulário  
preenchido na caixa  
plástica, autorizando-  
as para embalar**

**Aprovado ?**

**SIM**

**Embalar**

**FIM**

**NÃO**

**Enviar para o  
Pallet  
Vermelho e  
Identificando  
com o cartão  
vermelho  
Reprovado**

**FIM**

**CÓPIA NÃO CONTROLADA**

Revisor	Rene Lopes de Farias	Ass.		Data	24/05/99
Autor	Fernando Alonso Papassoni				16/04/99
Provação	Leonardo Blumtritt Neto				24/05/99



Identificação do Produto

Produção

**SACO PLÁSTICO**  
 INÍCIO

**SEPARAR O SACO PLÁSTICO DE ACORDO COM O CLIENTE, OU PREENCHER O CAMPO EM BRANCO.**
**ANOTAR O CÓDIGO DA PEÇA NO RETÂNGULO EM BRANCO DO SACO PLÁSTICO.**
**ANOTAR A QUANTIDADE DE PEÇAS E Kgs NO RETÂNGULO CORRESPONDENTE**
**ANOTAR A DATA**
**COLOCAR A ETIQUETA DE RASTREABILIDADE COM O CARIMBO DA O.P. E O NOME DA PESSOA QUE EMBALOU DENTRO DO SACO PLÁSTICO.**
**FIM**
**CAIXA PAPELÃO**  
 INÍCIO

**CARIMBAR O NÚMERO DA O.P. INTERNAMENTE NA TAMPA DA CAIXA, JUNTAMENTE COM O NOME DA PESSOA QUE EMBALOU.**
**MARCAR O TIPO DA PEÇA NA LATERAL DA CAIXA DE ACORDO COM O MODELO, GRAMATURA E QUANTIDADE DESCRITO NA FICHA DE EMBALAGEM.**
**MARCAR O TIPO DA PEÇA NA LATERAL DO MASTERBOX COM MODELO, QUANTIDADE DE PEÇAS E CAIXAS, CARIMBANDO TAMBÉM O NÚMERO DA O.P. ACIMA DA IDENTIFICAÇÃO FACILITANDO A RASTREABILIDADE SEM VIOLAR A EMBALAGEM, CARIMBAR O NOME DA PESSOA QUE EMBALOU INTERNAMENTE NO MASTERBOX.**
**FIM**
**O.P. ORDEM DE PRODUÇÃO**

 ————|—————|—————|—————  
**MAQ    CÓDIGO CÉLULA    MÊS    DIA**
**NO CARIMBO COLOCAR OS DADOS ABAIXO:**
**MÁQ: N.º DA MÁQUINA ( 2 NÚMEROS)**
**CÓDIGO CÉLULA: NÚMERO E TURMA**
**EX.: 101 = CÉLULA 1 TURMA 01 (MANHÃ)**
**EX.: 102 = CÉLULA 1 TURMA 02 (TARDE)**
**MÊS: N.º DO MÊS DA PRODUÇÃO (2 NÚMEROS)**
**DIA: DIA DA PRODUÇÃO (2 NÚMEROS)**

## Fernando Alonso Papassoni

07/11/00

Fernando Alonso Papassoni

06/11/00

Leonardo Blumtritt Neto

07/11/00

## **Apêndice 3 – Gráfico de Acompanhamento do Produto - Variáveis**

Qual é a operação ?		O que é controlado ?										Qual é o especificado ?										Qual é a frequência da inspeção em peças por hora ?																	
Data																																							
Hora																																							
Medida	1	5,05	4,70	4,90																																			
da	2	5,01	4,80	5,00																																			
	3	4,98	4,90	5,10																																			
	4	4,97	4,85	5,05																																			
Amostra	5	5,10	4,75	4,95																																			
Média - X		5,02	4,80	5,00																																			
Responsável																																							
Máquina																																							
DIMENSÕES		01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25													

GRÁFICO DAS MÉDIAS (X)



CÓPIA NÃO CONTROLADA

## **Apêndice 4 – Gráfico de Acompanhamento do Produto - Atributos**



## **Apêndice 5 – Plano de Controle Diário e Liberação de Produto Acabado**

Acompanhamento Horário													Código de Ocorrências		
Data													A = Ajuste / Regulagem B = Aquecimento C = Controle de Qualidade D = Falta de Matéria-Prima E = Falta de Operador F = Ferramentaria G = Falta de Energia Elétrica H = Falta de Água I = Falta de Equip. Auxiliar J = Manutenção Elétrica K = Manutenção Mecânica L = Try-out M = Troca de Ferram. / Molde N = Teste de Ferramenta O = Ajuste / Troca de Bico P = Teste de Matéria prima Q = Manutenção Preventiva R = Outros		
Pl. Plan.															
	Real	Repr.	Real	Repr.	Real	Repr.	Real	Repr.	Real	Repr.	Real	Repr.			
Prod. Hor.															
Prod. Acum.															
° Pessoas															
Código															
Prod. Hor.															
Prod. Acum.															
° Pessoas															
Código															
Prod. Hor.															
Prod. Acum.															
° Pessoas															
Código															
Prod. Hor.															
Prod. Acum.															
° Pessoas															
Código															
Prod. Hor.															
Prod. Acum.															
° Pessoas															
Código															
Prod. Hor.															
Prod. Acum.															
° Pessoas															
Código															
Prod. Hor.															
Prod. Acum.															
° Pessoas															
Código															
Prod. Hor.															
Prod. Acum.															
° Pessoas															
Código															
Prod. Hor.															
Prod. Acum.															
° Pessoas															
Código															
Prod. Hor.															
Prod. Acum.															
° Pessoas															
Código															
Prod. Hor.															
Prod. Acum.															
° Pessoas															
Código															
Prod. Hor.															
Prod. Acum.															
° Pessoas															
Código															
Prod. Hor.															
Prod. Acum.															
° Pessoas															
Código															
Prod. Hor.															
Prod. Acum.															
° Pessoas															
Código															
Prod. Hor.															
Prod. Acum.															
° Pessoas															
Código															
Prod. Hor.															
Prod. Acum.															
° Pessoas															
Código															
Prod. Hor.															
Prod. Acum.															
° Pessoas															
Código															
Prod. Hor.															
Prod. Acum.															
° Pessoas															
Código															
Prod. Hor.															
Prod. Acum.															
° Pessoas															
Código															
Prod. Hor.															
Prod. Acum.															
° Pessoas															
Código															
Prod. Hor.															
Prod. Acum.															
° Pessoas															
Código															
Prod. Hor.															
Prod. Acum.															
° Pessoas															
Código															
Prod. Hor.															
Prod. Acum.															
° Pessoas															
Código															
Prod. Hor.															
Prod. Acum.															
° Pessoas															
Código															
Prod. Hor.															
Prod. Acum.															
° Pessoas															
Código															
Prod. Hor.															
Prod. Acum.															
° Pessoas															
Código															
Prod. Hor.															
Prod. Acum.															
° Pessoas															
Código															
Prod. Hor.															
Prod. Acum.															
° Pessoas															
Código															
Prod. Hor.															
Prod. Acum.															
° Pessoas															
Código															
Prod. Hor.															
Prod. Acum.															
° Pessoas															
Código															
Prod. Hor.															
Prod. Acum.															
° Pessoas															
Código															
Prod. Hor.															
Prod. Acum.															
° Pessoas															
Código															
Prod. Hor.															
Prod. Acum.															
° Pessoas															
Código															
Prod. Hor.															
Prod. Acum.															
° Pessoas															
Código															
Prod. Hor.															
Prod. Acum.															
° Pessoas															
Código															
Prod. Hor.															
Prod. Acum.															
° Pessoas															
Código															
Prod. Hor.															
Prod. Acum.															
° Pessoas															
Código															
Prod. Hor.															
Prod. Acum.															
° Pessoas															
Código															
Prod. Hor.															
Prod. Acum.															
° Pessoas															
Código															
Prod. Hor.															
Prod. Acum.															
° Pessoas															
Código															
Prod. Hor.															
Prod. Acum.															
° Pessoas															
Código															
Prod. Hor.															
Prod. Acum.															
° Pessoas															
Código															