

GERMANO TAGLIARI POSTAL

PROJETO DE UM ALIMENTADOR AUTOMÁTICO PARA PRENSA
HIDRÁULICA UTILIZADA NO PROCESSO DE FORJAMENTO A
FRIO

Monografia apresentada ao
Departamento de Engenharia
Mecânica da Escola de
Engenharia da Universidade
Federal do Rio Grande do Sul,
como parte dos requisitos para
obtenção do diploma de
Engenheiro Mecânico.

Orientador: Prof. Dr. José Antônio Esmerio Mazzaferro

Porto Alegre
2004



**Universidade Federal do Rio Grande do
Sul
Escola de Engenharia
Departamento de Engenharia Mecânica**

**PROJETO DE UM ALIMENTADOR AUTOMÁTICO PARA PRENSA
HIDRÁULICA UTILIZADA NO PROCESSO DE FORJAMENTO A FRIO**

GERMANO TAGLIARI POSTAL

**ESTA MONOGRAFIA FOI JULGADA ADEQUADA COMO PARTE
DOS REQUISITOS PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE
ENGENHEIRO MECÂNICO
APROVADA EM SUA FORMA FINAL PELA BANCA
EXAMINADORA DO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA**

**Prof. Flávio José Lorini
Coordenador do Curso de Engenharia Mecânica**

BANCA EXAMINADORA:

**Prof. Dr. FLÁVIO JOSÉ LORINI
UFRGS / GPFAI**

**Prof. Dr. JOYSON LUIZ PACHECO
UFRGS / GPFAI**

**Prof. Dr. NEY FERREIRA
UFRGS / GPFAI**

**Porto Alegre
2004**

Aos meus pais

AGRADECIMENTOS

a TTP Industria Mecânica Ltda, em nome dos Engenheiros Mecânicos Ari Ângelo Postal e Bernadete Maria Tagliari;

ao meu orientador, Prof. Dr. José Antônio Esmerio Mazzaferro;

a Fernanda Heineck;

aos meus irmãos.

POSTAL, G. T. **Projeto de um alimentador automático para prensa hidráulica utilizada no processo de forjamento a frio**. 2004. 27f Monografia (Trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia Mecânica) – Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

RESUMO

Este trabalho trata do desenvolvimento de um sistema automático de alimentação de pré-formas para uma prensa hidráulica de 40 toneladas colunada. Esta prensa realiza o processo de forjamento a frio de peças com até 14 mm de diâmetro e 80 mm de comprimento. O sistema de alimentação projetado realiza as seguintes etapas: armazenagem dos tarugos ou pré-formas, introdução na ferramenta de forjamento e, após o processo, extração das peças acabadas da ferramenta e armazenagem em um recipiente. Com a utilização deste equipamento pretende-se aumentar significativamente a produtividade e reduzir a utilização de mão-de-obra, pois ele deverá ter uma autonomia de 1 hora sem operador, reduzindo ainda os riscos de acidentes de trabalho. Outra vantagem é o custo relativamente baixo, que permitirá a depreciação do equipamento em seis meses.

PALAVRAS-CHAVE: Alimentador automático, Prensa hidráulica, Forjamento a frio.

POSTAL, G. T. **Project of an automatic feeding system to a cold forging hydraulic press.** 2004. 27f Monografia (Trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia Mecânica) – Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

ABSTRACT

The main aim of this work is the design of an automatic feeding system for a hydraulic press of 40 tons. This press is used in the cold forging process of parts up to 14 mm in diameter and 80 mm in length. This feeder may be able to store the blanks before forging, introduce them in the “forging tool” and store the finished parts in a container. Preliminary tests indicate that the use of this system will produce a great increase in productivity, reduce the man power (it must have an autonomy of 1 hour without operator) and to minimize the risks of accidents. Another advantage of the designed feeding system is the relatively low cost, that will allow a period of 6 months to equipment depreciation.

KEYWORDS: Automatic feeding system, Hydraulic press, Cold forge.

SUMÁRIO

ABSTRACT.....	6
1. INTRODUÇÃO.....	9
2. APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA.....	9
3. PROJETO PRELIMINAR.....	10
3.1 Sistema de armazenamento.....	11
3.1.1 Sistema de pente.....	11
3.1.2 Mesa posicionadora.....	11
3.1.3 Alimentador vibratório.....	12
3.1.4 Escolha do sistema de alimentação.....	12
3.2 Sistema de manipulação.....	13
3.2.1 Braço articulado.....	13
3.2.2 Guias mecânicas.....	14
3.2.3 Mesa deslizante.....	15
3.2.4 Escolha do sistema de manipulação.....	16
3.3 Pinça.....	16
3.3.1 Pinça comercial.....	16
3.3.2 Pinça projetada.....	16
3.3.3 Escolha da pinça.....	17
3.4 Extrator.....	17
3.5 Reservatório.....	17
4. PROJETO	17

4.1 Manipulador.....	17
4.2 Transferidor.....	19
4.3 Pinça.....	20
4.4 Alimentador vibratório	20
4.5 Comando elétrico	21
4.6 Comando pneumático	21
5. TESTES.....	21
5.1 Transferidor	21
5.2 Alimentador vibratório	22
6. TEMPOS DE PRODUÇÃO.....	22
7. CUSTOS	23
8. DISCUSSÃO	23
9. CONCLUSÃO	24
10. SUGESTÃO PARA FUTUROS TRABALHOS.....	24
11. REFERÊNCIA.....	24
APÊNDICE.....	26

1. INTRODUÇÃO

As prensas hidráulicas são máquinas utilizadas em diversos segmentos da indústria como peças chave de diversos processos. Em muitos casos, sua produtividade, segurança e precisão tornam-se cruciais ao desenvolvimento da indústria.

Contudo, esses equipamentos geralmente possuem alguns pontos fracos. Dentre eles, os mais importantes são: o manuseio, que expõe o operador a uma série de riscos mesmo com a utilização de tenazes (tais como esmagamento e lesão por esforço repetitivo) e a produtividade, pois por serem geralmente alimentadas de forma manual, a produção fica sujeita ao ritmo do operador.

Este trabalho tem como finalidade o desenvolvimento de um sistema de alimentação para uma prensa hidráulica de 40 toneladas colunada, utilizada pela TTP Industria Mecânica Ltda (localizada no Distrito Industrial de Cachoeirinha na Av. Clemente Cifali, 135, Tel: (51) 471 2495).

2. APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA

O problema consiste em desenvolver um sistema de alimentação para uma prensa hidráulica de 40 toneladas colunada (figura 1), que realiza o processo de forjamento a frio. Este sistema deverá ter capacidade de armazenar os tarugos ou pré-formas, introduzir na ferramenta de forjamento e, após o processo, extrair as peças acabadas da ferramenta.



Figura 1 – Prensa hidráulica

Para uma melhor análise do problema, o aluno operou a máquina por um dia, afim de melhor levantar as dificuldades e procedimentos necessários para a alimentação correta da máquina e proteção da ferramenta. Levantou-se a seguinte ordem de movimentos realizados pelo operador:

- Pegar a peça do recipiente (utilizando sempre tenazes para evitar possíveis acidentes);
- Movimentar a peça até acima da ferramenta;
- Introduzir a peça na ferramenta, sendo que para isso é necessário fazer em algumas peças um esforço para introduzir a mesma, utilizando uma barra, além disso, na maioria dos casos é necessária a introdução total da peça dentro da ferramenta;
- Acionar as botoeiras duplas para iniciar o processo;
- Acabado o processo um jato de ar é acionado automaticamente para extrair a peça.

Além disso, a empresa impôs os seguintes requisitos de projeto:

- Custo máximo de R\$ 5.000,00;
- Fácil execução;
- Rápida regulagem, o tempo máximo não pode ultrapassar 15min;
- Conseguir trabalhar sem operador por no mínimo 1h;
- Ter uma alta confiabilidade tendo como prioridades segurança do operador e da ferramenta.

3. PROJETO PRELIMINAR

O sistema de alimentação da prensa é dividido em seis partes para uma melhor análise do problema. Essas seis partes são: armazenador, transferidor, pinça, manipulador, extrator e reservatório. A seguir, tem-se a seqüência das operações realizadas pelo sistema a ser projetado.

Primeiramente, tem-se o sistema de armazenamento, que armazena as peças a serem forjadas. Esse sistema deverá armazenar no mínimo 700 peças, as quais são exigidas pelo requisito de projeto para podermos ter uma autonomia de uma hora sem a presença do operador.

Depois do armazenador é preciso transferir as peças até o manipulador e esse processo é realizado pelo transferidor.

Posteriormente, as peças são pegas pela pinça, que é movimentada pelo manipulador até a ferramenta onde a peça é introduzida. Devido ao fato que algumas peças precisam ser introduzidas com força para dentro da ferramenta, a pinça deverá realizar essa operação com uma força mínima de 100N perpendicular à face da ferramenta. Além disso, na maioria dos casos há a necessidade de introduzir as peças inteiramente dentro da ferramenta.

Por fim, a peça é extraída pelo extrator pneumático e jogada através de um duto para o reservatório de peças prontas.

Para a definição da melhor configuração para os componentes dos sistemas descritos, foram avaliadas características individuais e opções conceituais para cada um dos sub-sistemas.

3.1 Sistema de armazenamento

Primeiramente foi escolhido o sistema de armazenamento, que é o ponto de partida para uma primeira análise de como solucionar o problema. Foram levantadas três possibilidades diferentes.

3.1.1 Sistema de pente

Esse sistema consiste em um alojamento, onde são colocadas as peças uma atrás da outra manualmente (figura 2). Com a utilização do pente consegue-se colocar as peças para serem pegas pelo manipulador bem próximo da ferramenta, dessa forma tem-se um curso a ser percorrido pelo sistema pequeno, não sendo necessário guias muito rígidas e diminuindo os percursos e tempos de alimentação.

No entanto essa configuração possui algumas limitações. A primeira é a quantidade de peças que podem ser armazenadas. Considerando um diâmetro médio de 15mm e um armazenamento mínimo de 1 hora de máquina com uma produção de 700 peças por hora chega-se um pente de 10,5 metros. A solução para esse problema seria a segmentação deste pente em 10 pentes menores utilizando um trocador de pentes. Porém, essa solução é muito complexa e dispendiosa. O segundo problema é que as peças teriam que ser colocadas manualmente nos pentes acarretando muita mão-de-obra.

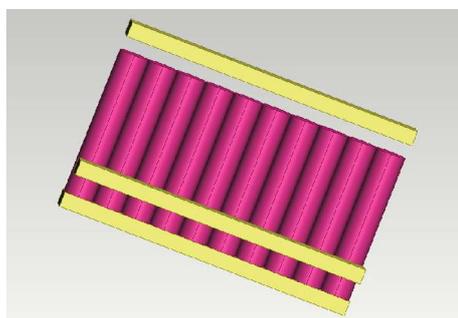


Figura 2 – Sistema de pente

3.1.2 Mesa posicionadora

Consiste em uma mesa com furos no diâmetro da peça a ser processada, que se movimenta posicionando o furo em local adequado ao manipulador.

Tem-se como vantagem a fácil regulagem, pois só é preciso a mudança de prato, que consiste em uma placa retangular com furos e a regulagem da pinça. Além disso, é um sistema de grande confiabilidade sendo difícil a ocorrência de engasgos.

Porém, nesse sistema é necessário confeccionar um prato para cada diâmetro de peça, tendo com isso dez pratos diferentes. Também é necessário que o operador coloque as peças nos furos, o que poderia ser resolvido com a instalação de um sistema vibratório para possibilitar somente a colocação das peças sobre a mesa, e com a vibração, essas se alojerem nos furos do prato. Esse sistema é de pouca confiabilidade e provavelmente não consiga resolver o problema de todas as geometrias das peças. Além disso, o sistema de posicionamento do prato tem um custo elevado.

3.1.3 Alimentador vibratório

É um sistema composto por um recipiente em forma de helicoidal por onde as peças sobem através da vibração, como mostram as figuras 3 e 4.

Tem como vantagem que a peça pode ser alimentada bem próxima da prensa da mesma forma que o pente. Outra vantagem é ser um item comercial sem a necessidade de ser projetado e construído. Além disso, pode-se facilmente ter uma autonomia de pelo menos 1000 peças, o que resulta, em média, em mais de uma hora de trabalho sem a presença de operador. E para recarregar o alimentador só precisa-se colocar as peças dentro dele, o que baixa muito os custos com mão-de-obra. Todavia, esse sistema possui uma regulagem um pouco dispendiosa devido as diferentes geometrias das peças e grau de lubrificação e também há o risco de “engasgamento” do sistema.



Figura 3- Vista Superior do alimentador vib. Figura 4 – Vista lateral do alimentador vib.

3.1.4 Escolha do sistema de alimentação

O primeiro sistema descartado foi o de pente, principalmente por não se conseguir de maneira simples armazenar o número exigido de peças, porém é um sistema muito vantajoso quando se quer somente automatizar a colocação de peças na máquina, ou seja, apenas retirar os riscos referentes ao operador, mantendo o mesmo alimentando o pente e

supervisionando o processo. Também é de grande utilidade para máquinas de pouca produtividade ou peças com uma das dimensões pequena sendo que, em uma pilha pode-se armazenar um grande número de peças.

Posteriormente, descartou-se o sistema de mesa posicionadora, porque possui um sistema de posicionamento que o torna mais caro e complexo do que os outros. No entanto, seria muito bem aplicado em processos com menor produtividade, pois tem uma grande autonomia, e/ou para acomodar componentes de maiores dimensões dificultando ou impossibilitando a utilização de outras formas de alimentação, ou ainda peças que, por motivos quaisquer, não pudessem se tocar.

O sistema que melhor satisfaz, nesse caso, os requisitos exigidos, foi o sistema de alimentador vibratório (SAV) porque se adapta mais ao problema, principalmente pelas quantidades e geometrias, ou seja, as peças são de pequena dimensão com geometria muito diversa, e pode-se armazenar número além do suficiente ao requisitado, necessitando de pouca mão-de-obra.

3.2 Sistema de manipulação

O sistema de manipulação foi desenvolvido considerando a decisão acima tomada a respeito do sistema de armazenamento. Isso se deve ao fato de que o SAV possui os menores requisitos de distância entre o ponto de carga e descarga, e dessa forma não haverá maiores complicações para o projeto que forcem uma mudança para as outras opções acima descritas e descartadas nessa primeira análise.

Primeiramente, foi feito um estudo bem como um projeto preliminar dos diversos tipos de guias que poderiam ser utilizados para a movimentação do braço do manipulador. Existem no mercado inúmeros tipos de guias e sistemas de movimentação, porém levando em consideração que não há a necessidade de um sistema com uma precisão elevada e o preço dos mesmos, selecionou-se algumas possibilidades:

- Braço articulado;
- Guias mecânicas;
- Mesa deslizante.

3.2.1 Braço articulado

Como mostra figura 5, o braço articulado é um sistema muito simples, pois em vez de termos um movimento linear que necessita de um sistema de guias, temos somente duas rótulas. Essas rótulas consistem em rolamentos angulares, de baixo custo, fácil aplicação e, considerando os esforços e velocidades do braço, proporcionarão uma vida longa do sistema.

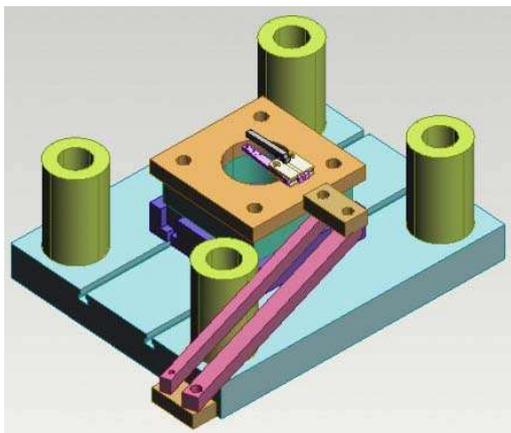


Figura 5 – Braço Articulado

Contudo, no decorrer do projeto constatou-se que devido ao espaçamento das colunas da ferramenta de forjamento ser pequeno, o braço teria dificuldade em entrar dentro da mesma porque segue uma trajetória curva. Também, quando há a regulagem, para estabelecer o ponto de alimentação, haveria necessidade de regular dois eixos (devido à trajetória curva), aumentando o tempo de ajuste.

3.2.2 Guias mecânicas

No caso das guias mecânicas, desenvolveu-se um sistema utilizando guias mecânicas fabricadas pela WERK-SCHOTT PNEUMÁTICA como mostra a figura 6. Elas possuem um corpo em alumínio, colunas em aço SAE 52100 e rolamentos lineares. Esta solução tem inúmeras vantagens econômicas e de execução. É de fácil montagem, pois o sistema é todo modular, tem um custo acessível e, além disso, vêm com o sistema de movimentação embutido nas mesmas. Porém, esse sistema possui diversos problemas: como necessita-se de um curso mínimo de 320mm e uma carga na ponta do sistema de no mínimo 15Kg, ocorrem problemas de flexão acima do estipulado nos requisitos de projeto.



Figura 6 – Guia Mecânica

Na figura 7 visualiza-se o projeto preliminar do sistema. Tentou-se resolver o problema de rigidez da seguinte forma:

- Guiando as colunas na ponta que se move através de uma peça que possua furos mais profundos para que aumente a rigidez das mesmas;
- Fazendo um sistema de apoio na ponta do sistema;
- Aumentando o diâmetro das colunas.

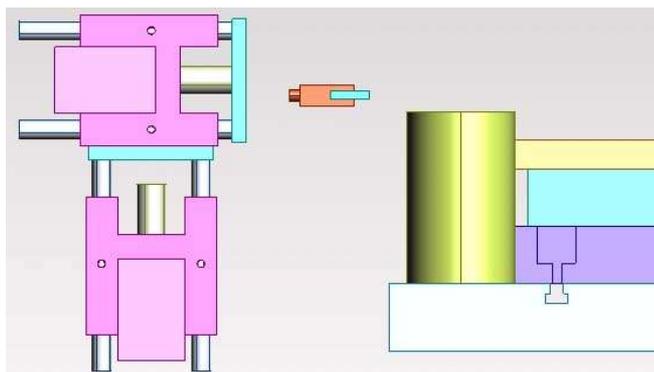


Figura 7 – Projeto preliminar do sistema

3.2.3 Mesa deslizante

A mesa deslizante é um sistema como mostra a figura 8. Escolheu-se, primeiramente, uma mesa fabricada pela Mitay Mecânica Industrial de Precisão Ltda. Essa mesa possui corpo em duralumínio, colunas em aço SAE 52100 e rolamentos lineares. Diferente das guias mecânicas, esse tipo de guia, por possuir as colunas fixas nas duas extremidades, possui uma maior rigidez. O projeto preliminar está apresentado na figura 9. Observa-se que, como acontece nas guias mecânicas, foram utilizadas duas mesas, uma para fazer o movimento longitudinal e outra o movimento transversal.



Figura 8 – Mesa deslizante

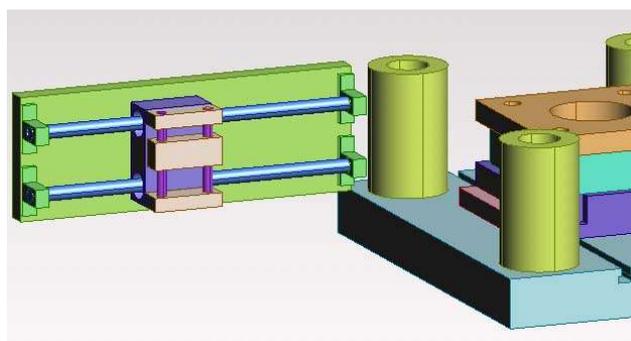


Figura 9 – Sistema utilizando mesa deslizante

3.2.4 Escolha do sistema de manipulação

O único sistema descartado na fase de projeto preliminar foi o de braço articulado, pois encontrou-se diversas dificuldades e limitações que impossibilitam a sua utilização nesse problema. Nos outros sistemas foi feito um projeto mais detalhado, sendo que, depois de muito estudo, o sistema de guias mecânicas foi descartado por ter algumas complicações no requisito de rigidez. Dessa forma, a melhor solução foi a utilização de mesas deslizantes, pois suas principais vantagens são: rigidez e ser compacta.

3.3 Pinça

Para pegar a peça foram consideradas duas possibilidades: a primeira seria a utilização de pinças comerciais e a segunda a utilização de uma pinça desenvolvida para melhor atender as necessidades do problema. As possibilidades são mostradas a seguir.

3.3.1 Pinça comercial

Devido aos esforços e dimensões das peças a serem pegas pela pinça, foi selecionado uma pinça fabricada pela WERK-SCHOTT PNEUMÁTICA modelo G025AD. Essa pinça possui corpo em alumínio e garras em aço microfundido e cementado temperado. As únicas partes fabricadas com essa solução seriam as garras, mostradas na figura 10 e também, seria necessário o desenvolvimento de um sistema para introduzir as peças por completo na ferramenta.



Figura 10 – Pinça WERK-SCHOTT

3.3.2 Pinça projetada

Foi feito um projeto preliminar de uma pinça adaptada para o sistema de alimentação do problema. Ela possui inúmeras vantagens em relação à comercial, pois possui uma relação de forças do cilindro de acionamento e pinças otimizado para o problema, além disso, é fabricada com componentes de grande confiabilidade e materiais escolhidos a fim de proporcionar uma grande durabilidade.

3.3.3 Escolha da pinça

Dentre as duas opções analisadas, por razões de custos tempo de fabricação foi escolhida a pinça comercial.

3.4 Extrator

Atualmente se utiliza na extração um sistema muito simples composto por uma válvula pneumática e um tubo com uma ponta achatada. Por ser um sistema simples e confiável, não será alterado.

3.5 Reservatório

Tendo em vista a simplicidade do atual sistema, tem-se que alterar de posição o reservatório, pois o alimentador ficará na parte traseira da máquina enquanto o reservatório ficará na parte frontal da máquina, fixo nas buchas espaçadoras da coluna. Figura 12 mostra uma vista frontal do redirecionador do reservatório, na atual posição, que é responsável por conduzir as peças para dentro do reservatório.



Figura 12 – Direcionador do reservatório

4. PROJETO

4.1 Manipulador

O manipulador foi desenhado, primeiramente, com uma configuração que utilizasse as mesas deslizantes comerciais, porém, no decorrer do trabalho constatou-se que poderia-se melhorar a solução do problema, principalmente no tamanho e simplicidade. Isso seria possível transformando o carro longitudinal e transversal na mesma peça, como mostra a figura 13, na qual o carro está sem a placa que liga os dois suportes dos eixos transversais. No carro cilindro de acionamento transversal bem como seus fins-de-curso são montados diretamente dentro do mesmo. Também é mostrado na figuras 14 a 19 vistas do alimentador para melhor entendimento do sistema e movimentos do mesmo.

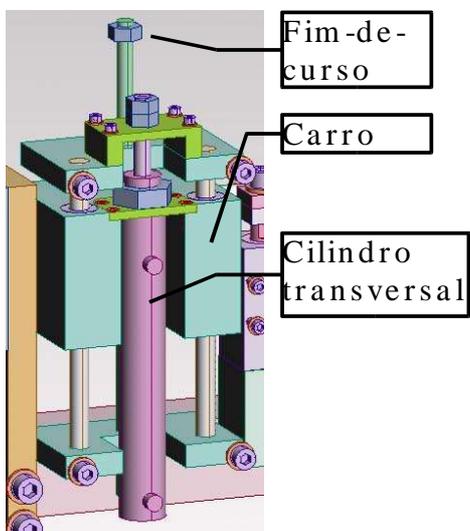


Figura 13 – Carro longitudinal

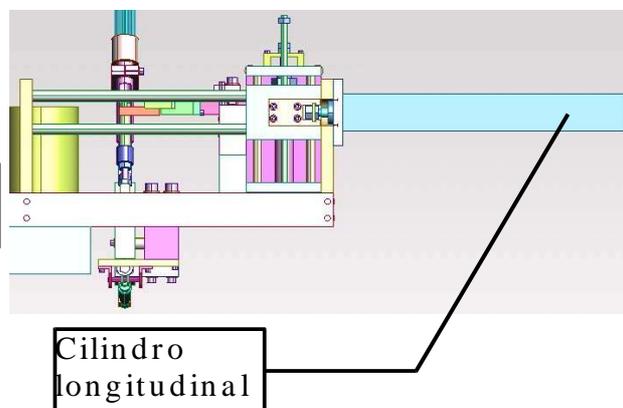


Figura 14 – Vista lateral do alimentador

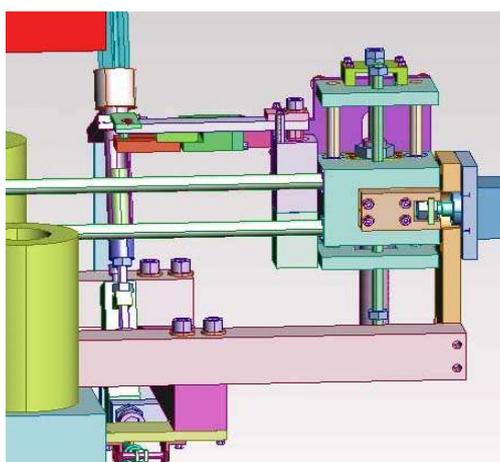


Figura 15 – Carro longitudinal recuado

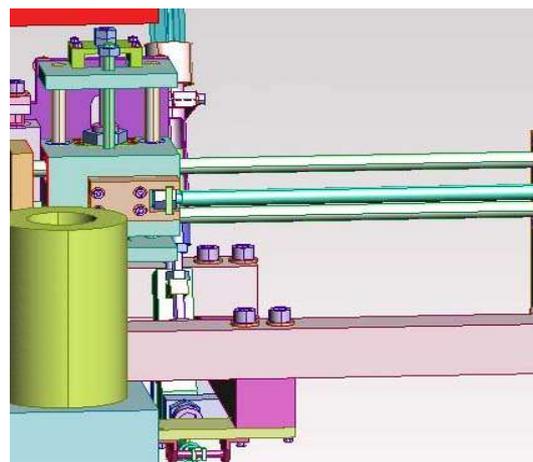


Figura 16 – Carro longitudinal para frente

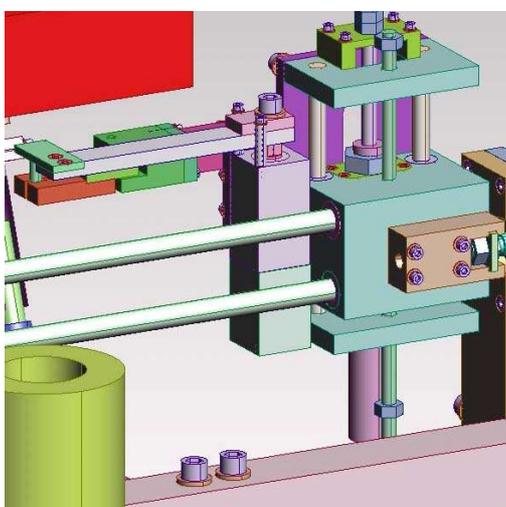


Figura 17 – Carro transversal para cima

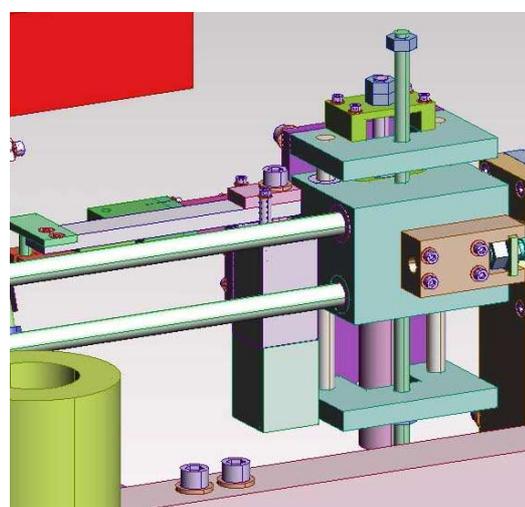


Figura 18 – Carro transversal para baixo

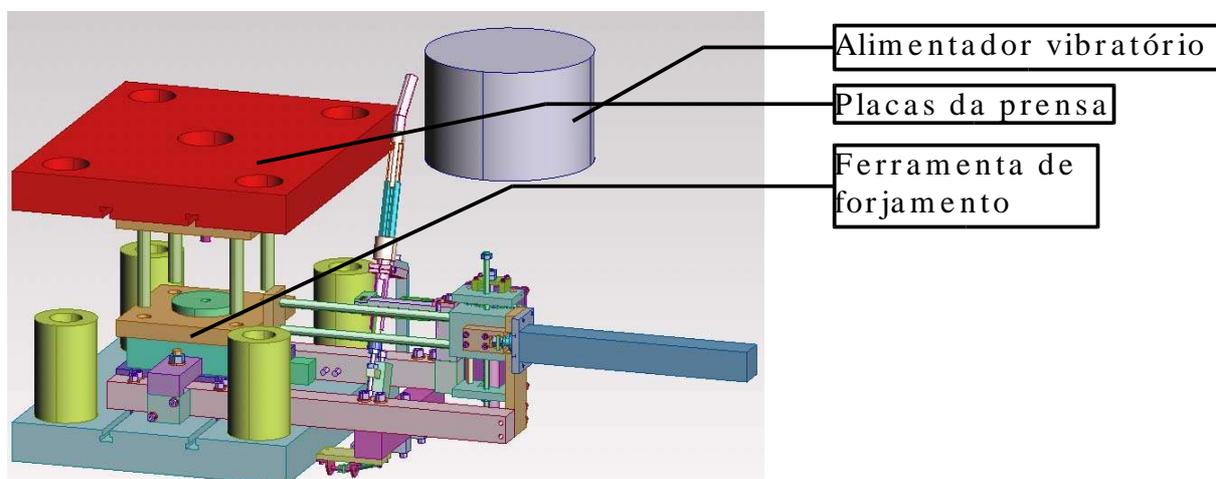


Figura 19 – Vista do alimentador

4.2 Transferidor

O transferidor é responsável por movimentar a peça do alimentador vibratório até a pinça. Figura 18 mostra o caminho percorrido pela peça no tubo (o caminho está em vermelho). A peça sai do alimentador vibratório, passa pela tubulação, a qual possui rasgos para ser possível a regulação do tamanho da mesma, e também a isolamento da vibração do alimentador, e vai para o braço articulado que gira como mostra a seqüência de figuras 19 e 20, colocando o tarugo a disposição para ser pego pela pinça.

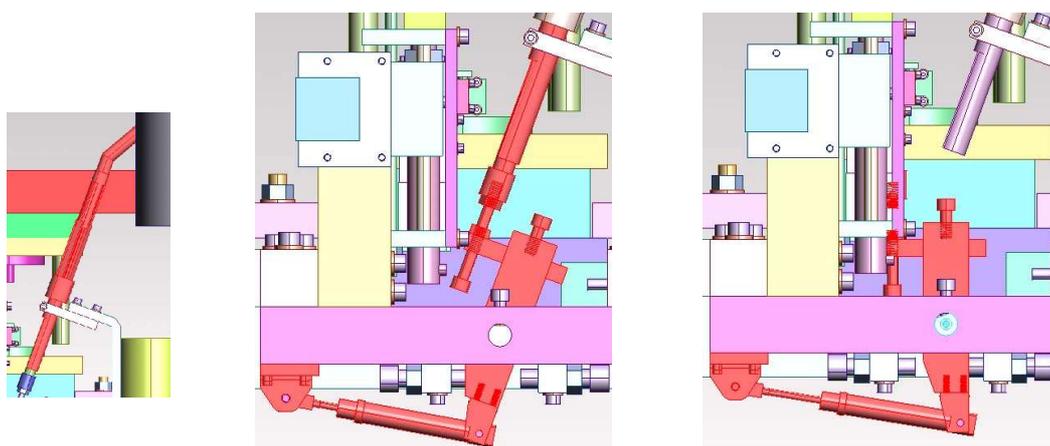


Figura 18, 19 e 20 – Transferidor

Dois possibilidades foram cogitadas para realizar o movimento da peça para ser pega pela pinça. Uma delas era fazer um transferidor com movimento linear, utilizando guias mecânicas ou um movimento angular. Através do estudo das duas possibilidades viu-se claramente que com o movimento angular era uma solução mais racional, pois um pequeno movimento angular o transferidor consegue tirar a peça para fora da área de ação do carro longitudinal, além de ter custo inferior daquele das guias mecânicas.

4.3 Pinça

Como mencionado, para introduzir a peça dentro da ferramenta, é necessário fazer uma força normal à mesma. Essa força foi levantada e é de no máximo 100N. Dessa forma, com a força de agarre da pinça não é possível fazer a introdução da peça no pior caso. Para isso, foi desenvolvido um sistema chamado de terceiro dedo que fica em cima da pinça e é movimentado por um cilindro pneumático atrás da pinça, como mostrado nas figuras 21 e 22 a seqüência de movimentos.

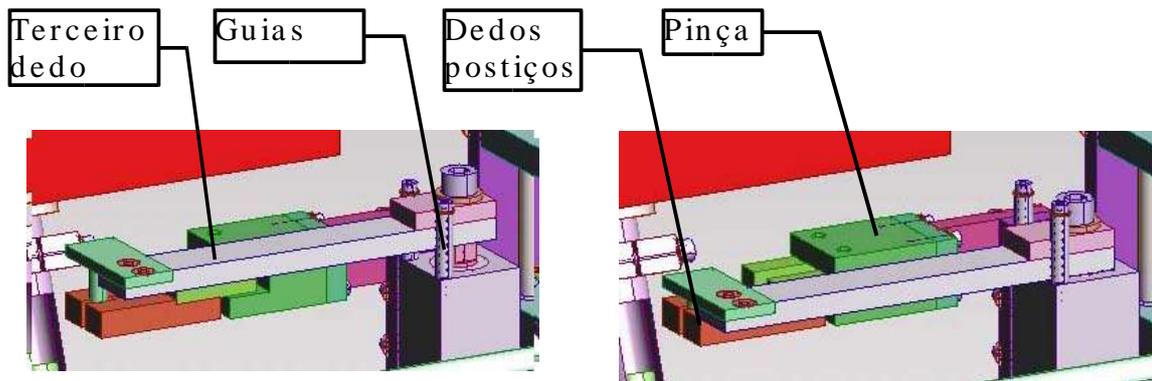


Figura 21 e 22 – Terceiro dedo

4.4 Alimentador vibratório

No caso do alimentador vibratório, sendo um componente comercial, foi feita apenas a seleção do equipamento. Todavia, por termos como pré-requisito um custo máximo de R\$ 5.000 e o alimentador custar aproximadamente R\$ 2.500, foi necessária a compra de um alimentador usado, em condições precárias. Dessa forma foi feita uma reforma no equipamento e alterações no mesmo, para melhor atender as necessidades do problema.

Alem disso, terá que ser implementado um sistema que só deixe cair para o transferidor peças na posição correta. Dessa maneira, quando estivermos alimentando peças com cabeça, o alimentador terá que ser capaz de deixar passar somente as que estiverem com a cabeça para cima.

Para realizar esta tarefa, será montado um sistema simples e amplamente empregado, que consiste em dois sensores indutivos posicionados um acima do outro, os quais possuem regulagem de altura. Dessa forma, quando as peças passam na frente dos sensores, ele será capaz de informar ao controlador lógico programável (CLP) se a cabeça ou o corpo passou primeiro e, caso a peça esteja virada, o CLP aciona uma válvula de ar que aplica um jato na peça jogando a mesma para o centro do alimentador.

4.5 Comando elétrico

Para comandar o alimentador foi selecionado um CLP modelo UDX 100 turbo e uma expansão de E/S do mesmo, a ser integrado ao atual sistema de comando da prensa. Ele será alojado ao lado do atual CLP e conectado no mesmo.

Devem ainda ser instalados, sensores de posição e verificação em diversos pontos do alimentador, conforme especificado na tabela 1.

Tabela 1 – Sensores

Localização	Tipo	Função	Quantidade
Cilindro longitudinal	Magnético	Fim-de-curso	3
Cilindro transversal	Magnético	Fim-de-curso	1
Tubo de alimentação	Indutivo	Conferir chegada da peça	1
Alimentador Vibratório	Indutivo	Conferir posição da peça	2

4.6 Comando pneumático

O comando pneumático será instalado dentro da base da máquina, ao lado do comando hidráulico.

5. Testes

Para verificação do projeto especialmente em relação a algumas partes que podem não funcionar como o esperado, foi realizado um teste nas mesmas. As duas partes selecionadas para testes foram: transferidor e alimentador vibratório.

5.1 Transferidor

O transferidor possui como ponto que pode vir a não funcionar, a etapa em que a peça cai através do tubo que vem do alimentador vibratório e é posicionada em um suporte com mostra a figura 23, na qual o tarugo está indicado em (a) e o suporte está logo abaixo indicado em (b).

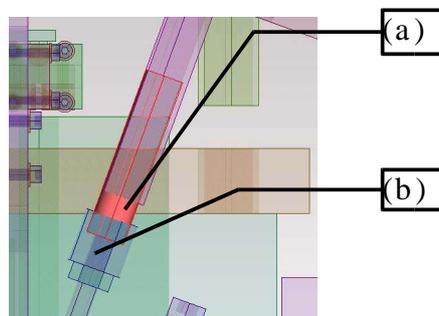


Figura 23 - Transferidor

A dúvida é se a peça vai se posicionar corretamente no suporte. Para isso, foi montado um teste bem simples utilizando um tubo e um suporte, se inclinou na mesma inclinação do projeto e se colocou através do tubo

uma peça com cabeça, pois é o pior caso que pode ocorrer. Nesse teste obteve-se sucesso, sem complicações somente ajustando o ângulo de entrada do suporte, como mostra a figura 24 indicado em (a).

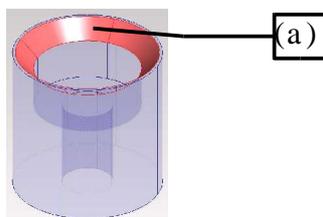


Figura 24 – Suporte

5.2 Alimentador vibratório

Como já mencionado, o alimentador vibratório estava em condições precárias, faltavam algumas partes mecânicas e todo o controle elétrico. Devido a isso, o alimentador não funcionava. Para fazê-lo funcionar foi necessário fabricar e montar as partes mecânicas que faltavam e o comando elétrico, que foi feito com um CLP (o mesmo que vai ser utilizado para controlar o alimentador), o qual liga e desliga o eletroímã a uma frequência de 1 a 10Hz. Com essa faixa conseguiu-se fazer com que toda a gama de peças a serem trabalhadas possam ser alimentadas. A figura 25 mostra a montagem do teste.

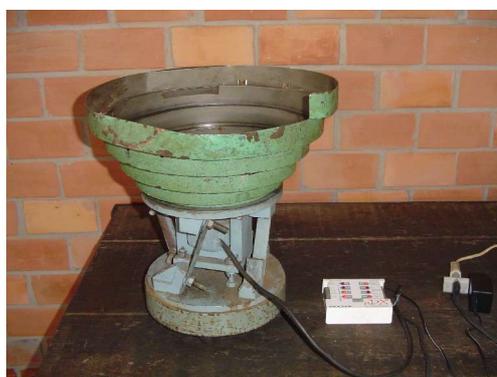


Figura 25 – Montagem do teste do alimentador vibratório

6. TEMPOS DE PRODUÇÃO

Para determinar a produtividade foram analisados os cursos e etapas que o alimentador irá executar com a prensa parada. Após a extração do tarugo o alimentador terá que avançar o carro longitudinal, baixar o carro transversal, injetar o tarugo com o terceiro dedo e recuar o carro longitudinal. Porém, a última e a primeira etapa ocorrem simultaneamente com os movimentos da prensa. Esses processos totalizam um tempo médio de 2,5s, mais 3,5s dos outros processos, com uma produção de 600peças/hora. Comparando com a atual produtividade teremos um aumento de 150peças/hora, mais os intervalos que são dois de 15 min e um

de 1 hora, o que dá um aumento de 2325 peças por dia, ou seja, aproximadamente 70% mais peças fabricadas por dia.

7. CUSTOS

Nesse projeto teve-se uma especial atenção no requisito de custos e, dessa forma, todos os componentes do mesmo foram projetados para serem de fácil e rápida execução. Também observou-se uma escolha criteriosa dos fornecedores dos componentes comerciais, priorizando a qualidade e o preço, sem considerar preconceitos infundados em relação a marcas e sim utilizar experiências práticas e testes no chão-de-fábrica, conseguindo assim, uma solução de alta confiabilidade e baixo custo.

Os custos do projeto são apresentados na tabela 2. Como se pode ver são dados aproximados e não foi considerado o custo de projeto, pois assim foi determinado nos pré-requisitos.

Tabela 2 – Custos do projeto

ITEM	PREÇO R\$	PORCENTAGEM%
Matéria prima	750,00	11
Usinagem	1800,00	27
Rolamentos e eixos	600,00	9
Elementos de fixação	80,00	1
Comando pneumático	1250,00	18
Comando elétrico	1050,00	16
Alimentador vibratório	400,00	6
Montagem	800,00	12
TOTAL	6730,00	

Tendo em vista que o custo máximo estipulado seria de R\$ 5.000,00 e o custo alcançado é de R\$ 6.730,00, acabou-se passando um pouco o custo máximo especificado inicialmente. Porém, fazendo uma análise de viabilidade de investimento, vê-se claramente que, com a economia de mão-de-obra de um operador, a qual custa R\$ 811,00 por mês, com o aumento de produção e, ainda, considerando todos os custos mensais do alimentador (ar comprimido, energia elétrica, mão-de-obra e lubrificação) teremos o pagamento do mesmo em 6 meses.

8. DISCUSSÃO

Como já comentado, no requisito de custo máximo tem-se uma pequena diferença do limite imposto, porém isso não acarretará maiores problemas, pois como ver essa diferença é pequena (R\$ 1.730,00) e, frente ao tempo necessário para a depreciação do equipamento, que é de 6 meses, não tendo problemas para justificar o investimento à empresa. Além disso, em termos de produtividade o equipamento atingirá níveis maiores do que o esperado pela empresa, dessa forma tem-se um aumento na produção de 70%, o que equivale, sem aumento de turnos, a quase compra de uma prensa nova, sem no entanto dispende-se um décimo do valor da mesma e a diminuição de praticamente um colaborador.

Outro ponto positivo é que haverá uma diminuição drástica no risco ao operador e a retirada desse trabalho repetitivo e monótono, de alimentar a máquina manualmente, dos afazeres do mesmo eliminando o risco de problemas como a LER (lesão por esforço repetitivo).

Também foi compensado o aumento de tempo para a preparação da máquina devido à regulagem do alimentador, que é estimado em 30 minutos, com a colocação de grampos e guias para facilitar o posicionamento e fixação da ferramenta, tarefa que diminuirá em pelo menos 15 minutos os atuais 30 minutos de troca de ferramenta. Com uma regulagem através do CLP do alimentador é possível mudar rapidamente e de forma fácil algumas das características do alimentador. Desta forma, seguramente tem-se um aumento de no máximo 20 minutos para a troca de ferramenta, ficando dentro do desejado pela empresa.

9. CONCLUSÃO

- Foi atingido de maneira satisfatória o custo máximo especificado inicialmente, tendo um custo de R\$ 6.730,00;
- Aumentar-se a produtividade da máquina em 70%, o que equivale, sem aumento de turnos, a quase compra de uma prensa nova;
- Utilizando o alimentador vibratório tem-se mais de 1 hora em média, pois depende do tamanho das peças, sem a presença de operador, tirando praticamente um colaborador do quadro de funcionários da empresa;
- Na regulagem do equipamento foi respeitado o acréscimo de 15 minutos, para não alterar o tamanho do lote mínimo;
- Tem-se o problema de segurança do operador (LER, esmagamento de membros) solucionado.

10. SUGESTÃO PARA FUTUROS TRABALHOS

Fica para um próximo estudo, o desenvolvimento de uma carenagem para a máquina, fechando toda a prensa e o alimentador, deixando apenas a boca do alimentador vibratório exposta. Isso fará com que seja muito difícil qualquer acidente com o operador, reduzirá o ruído e tornará a máquina e a ferramenta mais protegida contra contaminantes externos, como poeira e cavacos.

11. REFERÊNCIAS

- Shigley, J.E. **Mechanical Engineering Design**. McGraw-Hill, 6ª edição, Nova Iorque, 2001.
- Norton, R. L. **Machine Design - An Integrated Approach**. Prentice Hall, Nova Iorque, 2000.

ARTOBOLEVSKI, I.I. **Mecanismos em la técnica moderna.** MIR: Moscou, 1976.

NEAMANN. **Elementos de máquinas.** Edgard Blücher Ltda: Munique, 1963.

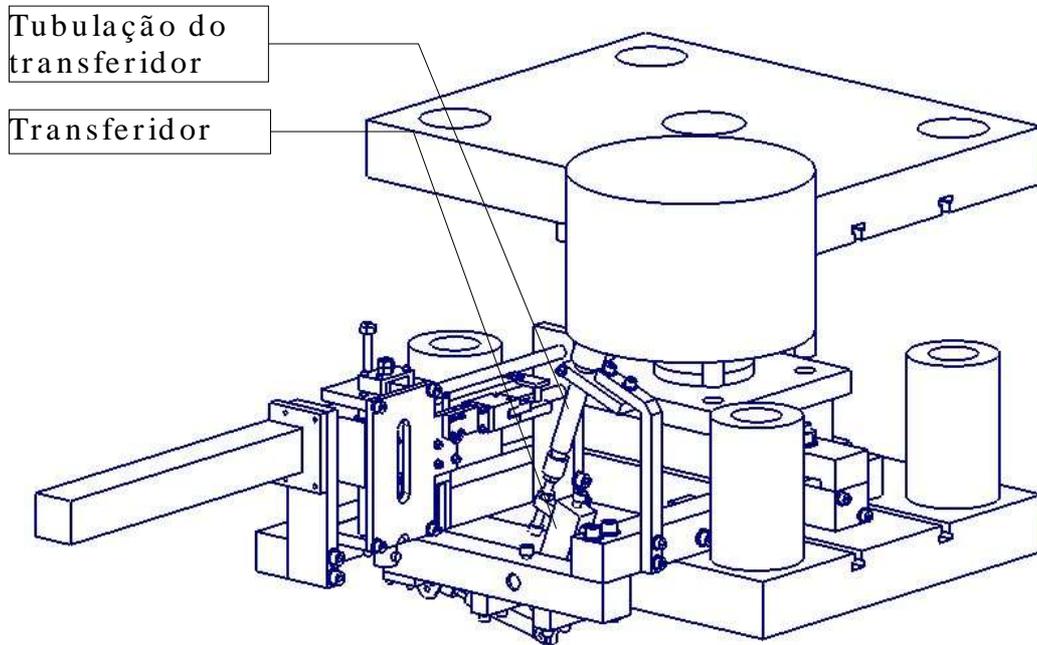
BILIGMANN, J. **Estampado y prensado a maquina.** Reverte S.A.:Caracas, 1979.

BACK, N. **Metodologia de projeto de produtos industriais.** Guanabara Dois: Rio de Janeiro, 1983.

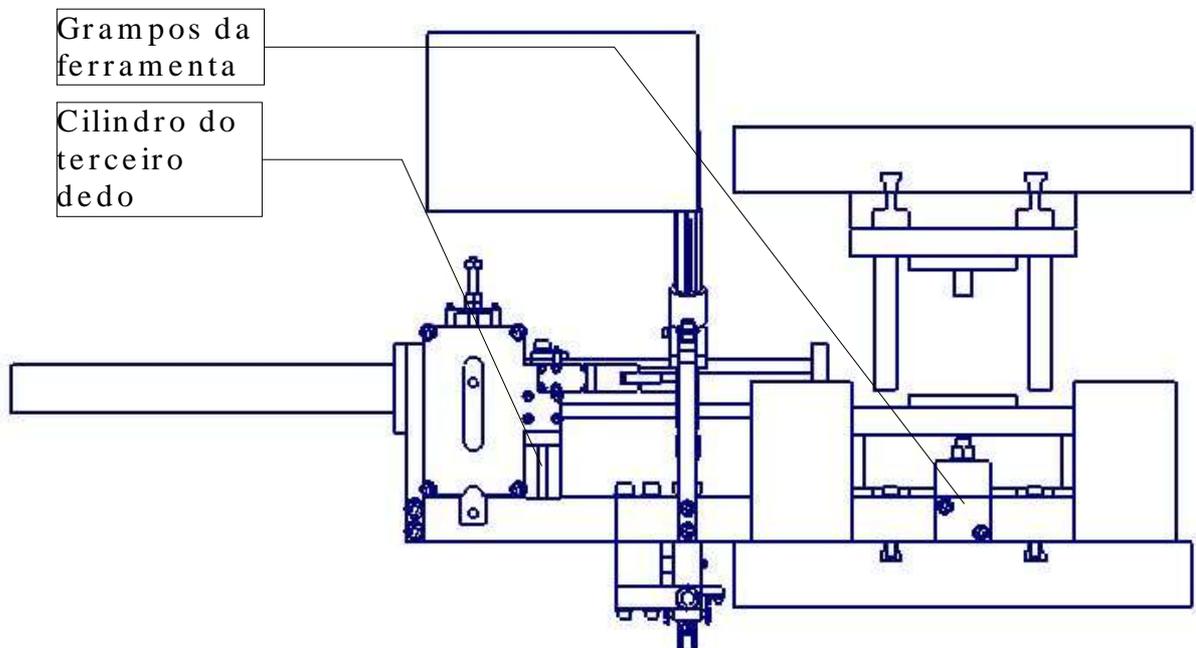
SHIGLEY, J.E. **Cinemática dos mecanismos.** Edgar Blücher, São Paulo, 1970.

JONES, F. **Die design and diemaking practice.** The Industrial press: Nova Iorque, 1951.

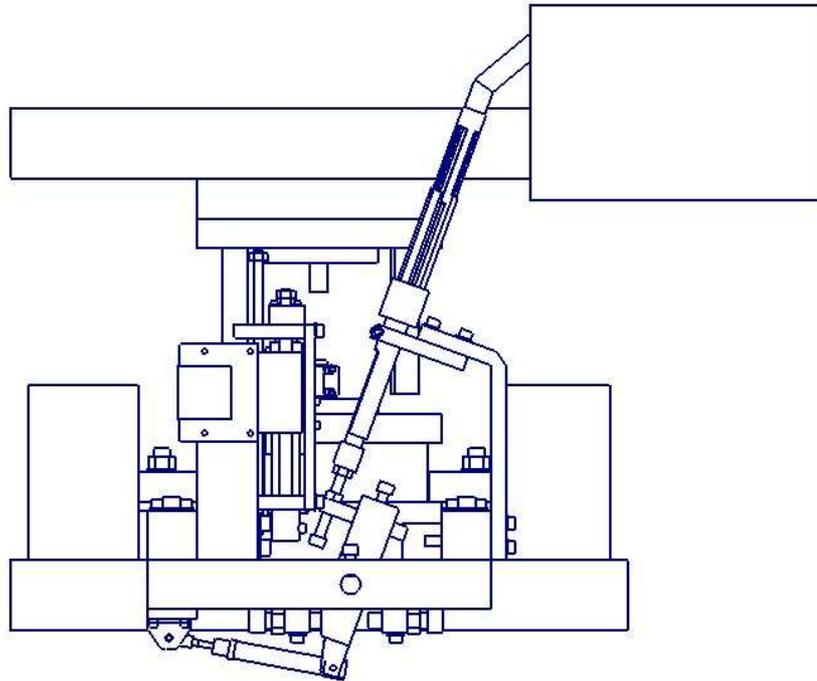
APÊNDICE



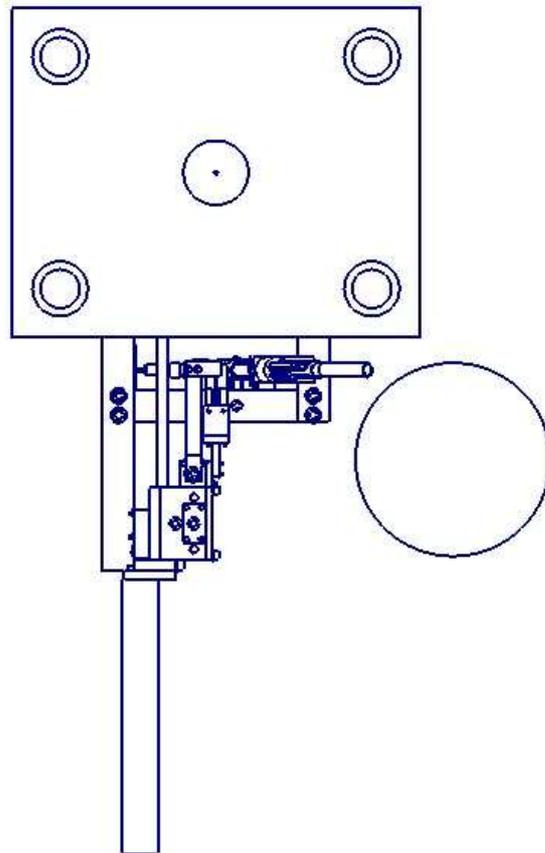
Vista em perspectiva do alimentador



Vista frontal do alimentador



Vista lateral do alimentador



Vista superior do alimentador