

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

OTIMIZAÇÃO DE UM SISTEMA DE TROCA DE FERRAMENTAS DE UMA TREFILA

por

Bernardo Hausmann

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.

Porto Alegre, Dezembro de 2010



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

OTIMIZAÇÃO DE UM SISTEMA DE TROCA DE FERRAMENTAS DE UMA TREFILA

por

Bernardo Hausmann

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

Prof. Walter Jesus Paucar Casas
Coordenador do Curso de Engenharia Mecânica

Área de Concentração: **Projeto e Fabricação**

Orientador: Prof. Juan Carlos Sandoval Ortiz

Comissão de Avaliação:

Prof. André João de Souza

Prof. Joyson Luis Pacheco

Prof. Ney Francisco Ferreira

Porto Alegre, 03 de Dezembro de 2010

AGRADECIMENTOS

Primeiramente à Universidade Federal do Rio Grande do Sul e todos os seus colaboradores pela oportunidade da formação acadêmica.

Ao meu orientador, Prof. Juan Carlos Sandoval Ortiz, pelos conhecimentos transmitidos e disponibilidade de tempo para ajudar sempre que necessário.

À empresa, por disponibilizar de suas dependências, equipamentos e operadores necessários para a realização deste trabalho.

Aos meus amigos e colegas de trabalho pela colaboração e grande aprendizado profissional proporcionado.

Aos meus amigos, em especial aos colegas Rafael Batista, Thiago Secco e Lucas Euzébio, pelo companheirismo e compreensão durante a minha graduação.

HAUSMANN, B., **Otimização de um Sistema de Troca de Ferramentas de uma Trefila.** 2010.29f. Monografia (Trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia Mecânica) – Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

RESUMO

Atualmente a necessidade de baixar os tempos de *setup* é cada vez maior devido à necessidade das empresas de produzirem cada vez mais. Este projeto visa diminuir o tempo de *setup* de uma máquina gargalo de uma empresa produtora de pneus. Esta máquina produz bandas de rodagens para pneus através da extrusão da borracha e moldando-a através de um conjunto de ferramentas. Para solucionar o problema foi utilizado o Sistema de Troca Rápida de Ferramentas. Realizaram-se algumas modificações no sistema de troca dos conjuntos de ferramentas e adquiriram-se novos materiais. Através dos estudos realizados verificou-se a viabilidade do projeto, bem como a estimativa de ganho em rodagens para a empresa.

PALAVRAS-CHAVE: Tempo de *Setup*, Extrusão de Borracha, Feira

HAUSMANN, B., **Optimization of a System of Exchange of a Trefil Tools**. 2010. 29f. Monografia (Trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia Mecânica) – Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

ABSTRACT

Currently the need to decrease the setup time is increasing more and more due to the need of the companies to produce more. This project aims to reduce the setup time of a bottleneck machine at the company producer of tires. This machine produces spinning bands for tires by extrusion the rubber and weeding it through a set of tools. To solve this problem was used the System of Fast changing Tools. Some changes were done in the exchange of tools set and new materials are acquired. Through the studies done, the viability of the project was checked, as well as the estimated gain in spinning bands for the company.

KEYWORDS: Setup Time, Extrusion of the Rubber, Spinneret

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	1
1.1 Motivação	2
1.2 Objetivos	3
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1. Tempos Reduzidos para Troca de Bocais de Extrusão de Borracha	3
3. METODOLOGIA.....	4
3.1. Estudo da Necessidade.....	4
3.2. Projeto Conceitual	6
3.3. Análise Funcional	8
3.4. Análise de Falhas.....	10
3.5. Análise de viabilidade.....	11
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	12
5. CONCLUSÃO.....	15
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	15
ANEXO I – FOTOS DA MÁQUINA	16
ANEXO II – ESPECIFICAÇÕES DOS CILINDROS PNEUMÁTICOS	17
APÊNDICE I – ANÁLISE ESTRUTURAL DOS COMPONENTES DO EQUIPAMENTO	20
APÊNDICE II – ANÁLISE DE CUSTOS	22
APÊNDICE III – DESENHOS DO NOVO EQUIPAMENTO	23

1. INTRODUÇÃO

A partir dos anos 50, no Brasil, ocorreu um grande aumento na frota de veículos impulsionados pelo governo de Juscelino Kubitschek. Essa impulsão atraiu novos investimentos na área automobilística, com novas fábricas e veículos diferentes a cada ano. Sendo a empresa fornecedora de um componente essencial para um veículo, ela também necessitou investir em novos produtos e inovar sua tecnologia.

Devido à grande variedade de veículos existentes atualmente, faz-se necessário uma grande variedade de medidas de pneus para satisfazer o mercado consumidor. Essa grande variedade de medidas torna inviável a fabricação de uma matriz para cada tipo de banda de rodagem que deve ser fabricada. Sendo assim, a matriz para definição do formato de cada banda de rodagem é na realidade um conjunto de ferramentas e cada tipo de pneu possui uma composição diferente dessas ferramentas.

Para a obtenção do formato da banda de rodagem mesclam-se as seguintes ferramentas: pré-former, fieira, divisor, inserto e régua. O pré-former é onde são encaixadas as outras ferramentas, mas ele também possui a função de moldar a massa em algumas rodagens. A fieira é a peça mais importante do conjunto, pois ela é a maior responsável pelo formato final da banda de rodagem e devido a isso cada tipo de pneu possui a própria fieira. Embora ocorram variações na composição dos conjuntos de ferramentas sempre se faz necessário a presença do pré-former e da fieira. As outras peças são utilizadas apenas para definição de alguns detalhes na rodagem.

A máquina trefiladora é uma máquina gargalo no sistema de produção da empresa, por isso a importância deste trabalho devido à necessidade de aumentar a produtividade da mesma. O foco da máquina está voltado para a produção de rodagens para veículos quatro rodas podendo ser divididos em Convencional *Truck* (pneu com estrutura interna de nylon para caminhões), *Light Truck* (pneu para camionetas), *Agriculture* (pneu para máquinas agrícolas), Convencional *Car* (pneu para carros de passeio), e Gigante Radial (pneu com estrutura interna metálica para caminhão). A máquina pode ser dividida basicamente em 4 partes: moinhos, extrusoras, *vasca* e *spadone* (vide anexo I)

As massas para produção dos pneus são fabricadas numa máquina chamada *Banbury* e depois são levadas em forma de mantas para as outras máquinas que produzem as bandas de rodagem, os frisos e as lonas. Posteriormente, estes elementos são encaminhados para confeccionadoras de carcaças e em seguida para a vulcanização finalizando assim o processo de produção de um pneu conforme pode ser visto na figura 1.1.

Para garantir uma melhor homogeneização da massa que chega dos Banburys à trefiladora, ela é repassada em seis moinhos. Cada moinho é composto por dois cilindros que giram em sentidos opostos e puxam a massa para o pequeno espaço que existe entre eles. Cada massa é repassada em três moinhos, sendo que a cada moinho que a massa avança o espaçamento entre os cilindros vai diminuindo. Embora a massa passe por apenas três moinhos, são necessários seis moinhos, pois a maioria dos tipos de rodagem necessita de dois tipos de massa distintos, sendo assim, faz-se necessário repassar dois tipos de massa ao mesmo tempo. Depois de passar pelo terceiro moinho as massas são cortadas por uma faca, em formato de tiras e seguem através de esteiras até as extrusoras.

As massas que chegam através das esteiras são descarregadas continuamente dentro de duas extrusoras, uma anterior e outra posterior. Elas estão posicionadas de tal forma que suas saídas estão frente a frente e sobre a matriz que fornece o formato à rodagem. Para que seja possível realizar o processo de trefilação, ele deve ser realizado a quente, pois a borracha fria torna-se muito difícil de ser moldada. As massas se juntam no exato momento que saem da cabeça de cada extrusora e imediatamente são forçadas através do conjunto de ferramentas.

Depois de passar pelo conjunto de ferramentas e adquirir o formato desejado, a rodagem é conduzida por esteiras e é mergulhada em cinco *vascas*. As *vascas* (*vasca* = banho) são recipientes de água gelada que são necessárias para acelerar o processo de

resfriamento da rodagem que sai do processo de trefilação a uma temperatura muito elevada. A rodagem deve ser resfriada para aumentar a sua viscosidade e proporcionar o corte sem defeitos na *Spadone*.

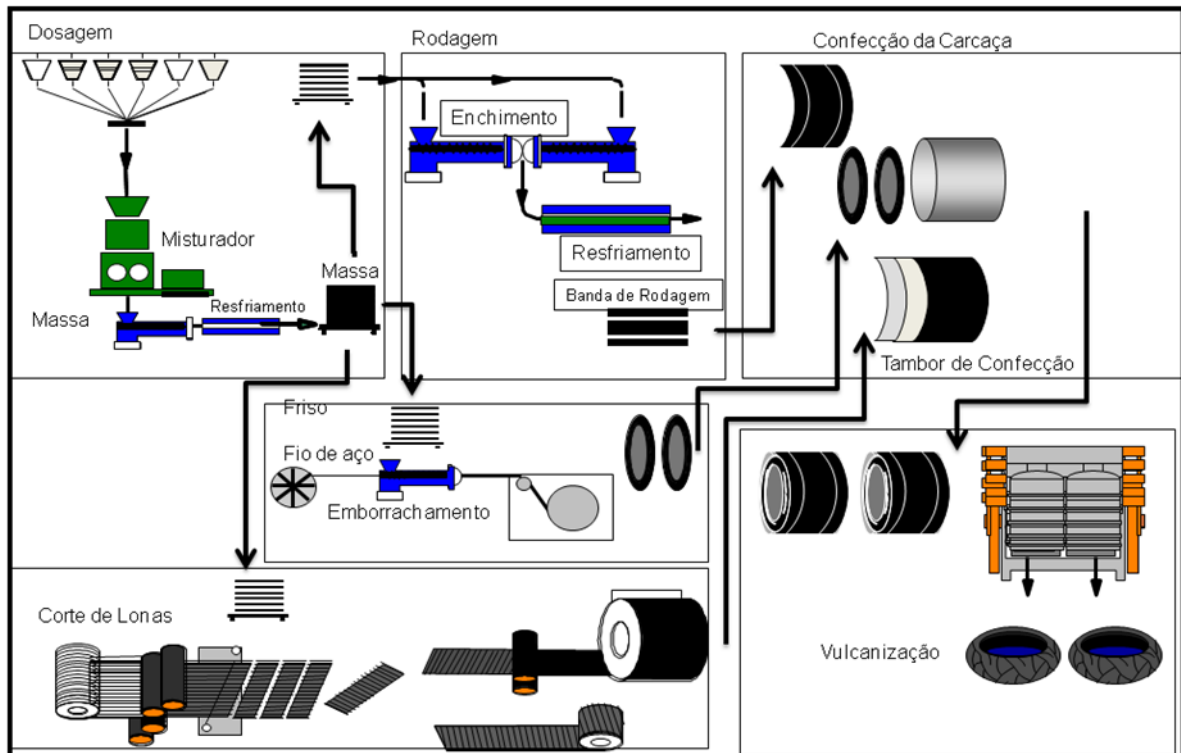


Figura 1.1 – Processo de fabricação de pneus

Depois de a rodagem ser resfriada nas vascas ela chega até a *Spadone* (*Spadone* = espada) onde é cortada. Este equipamento realiza o corte conforme as dimensões de cada tipo de rodagem designadas na ET (especificação técnica). Depois de cortadas, as rodagens são alocadas em chamados “carros livros” e depois conduzidas até as confeccionadoras de carcaças.

O conjunto de ferramentas que dá o formato às bandas de rodagens é trocado com o auxílio de um carro conhecido na empresa como carro de *setup*. Este carro possui a função de transportar o conjunto de ferramentas de uma estufa (onde as mesmas estão sendo aquecidas) até a máquina e elevar o mesmo até a posição de fixação na máquina. Este sistema foi implantado, pois nos primórdios da empresa o transporte e elevação do conjunto eram feitos manualmente pelos operadores, o que gerava, devido ao peso, riscos ergonômicos e de acidentes. O carro é composto por uma estrutura de aço carbono SAE 1020, onde nela se acoplam um cilindro pneumático de curso de 500 milímetros para elevação do conjunto de ferramentas até a máquina. Além disso, existem dois cilindros pneumáticos menores que realizam a fixação do pré-former no carro e um volante para que seja realizado o giro do conjunto de ferramentas da posição de descanso para a posição de trabalho.

1.1 Motivação

Durante o período de estágio em uma empresa o aluno de engenharia é estimulado a procurar problemas e identificar soluções para os mesmos. Visualizando o processo produtivo de bandas de rodagens (um dos componentes de um pneu) na máquina trefiladora localizada na empresa, identificou-se um potencial de ganho de produção com a

possibilidade de redução do tempo de *setup* na troca do conjunto de ferramentas que dá forma às rodagens. O conjunto é atualmente trocado com o auxílio de um carro, sendo este equipado com uma posição para o conjunto de ferramentas. Desta forma, é necessário que o operador retire um conjunto de ferramentas da máquina, limpe-o, guarde-o e em seguida coloque no carro o outro conjunto para na seqüência da operação fixá-lo na máquina e a partir daí, reiniciar a produção.

Com o aumento da produção de pneus devido ao crescimento do mercado após a crise que atingiu o mundo nos últimos dois anos, faz-se necessário um aumento da eficiência das máquinas do processo produtivo da empresa. Dentre as máquinas encontra-se a trefila, que é uma máquina “gargalo” no processo de fabricação.

Este trabalho tem por motivação um aumento da produtividade da máquina trefiladora uma vez que ela encontra-se saturada e necessita produzir mais bandas de rodagens para o segmento de pneus gigantes radiais da fábrica que está em franca expansão.

1.2 Objetivos

Este trabalho de diplomação tem como objetivo otimizar o procedimento de troca de um conjunto de ferramentas de uma trefila. Analisando vários tipos de sistemas de troca de ferramentas, a principal meta é reduzir o tempo de *setup*, aumentando assim a eficiência da máquina e conseqüentemente aumentar a produtividade da empresa.

Este projeto visa aperfeiçoar este sistema de troca de ferramenta projetando um novo carro de auxílio ao *setup* que comporte dois conjuntos de ferramentas. Sendo assim, logo após a saída do primeiro conjunto da máquina o segundo já poderá ser fixado, não necessitando, desta forma, que o operador limpe e guarde um primeiro conjunto e posteriormente monte o segundo para então fixá-lo na máquina. Partindo desse princípio as atividades do operador durante o *setup* diminuirão, fazendo com que o tempo de máquina parada também diminua, uma vez que o procedimento de montagem do conjunto de ferramentas que será colocado na máquina será feito antes da parada da máquina e o procedimento de guardar o conjunto que estava sendo utilizado será realizado depois da parada da máquina.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Tempos Reduzidos para Troca de Bocais de Extrusão de Borracha

Um processo de diminuição de tempo de *setup* em extrusão da borracha foi estudado por Shingo (2000). Segundo ele, este é um processo em que lâminas de borracha produzidas por um processo de amassamento e destinadas a se tornarem superfícies de pneus são moldadas por uma extrusora.

Formatos específicos eram extrudados com um suporte segurando um bocal. Eles eram, então, afixados à frente da extrusora. Longas trocas de bocal não apenas baixavam a velocidade da operação da máquina, como também contribuíam negativamente no peso e na qualidade do produto. Como resultado, as operações de ajuste proliferaram e o caos passou a reinar.

A operação, antes da melhoria, era realizada pelo modo operatório apresentado na Tabela 2.1.

Tabela 2.1 – Modo operatório antes da mudança

1	Parar a extrusora e cortar a lâmina
2	Colocar o suporte na talha especial
3	Remover suporte
4	Transferir suporte da talha para a mesa
5	Desmontar e limpar suporte, trocar bocal, montar suporte
6	Transferir suporte da mesa para a talha
7	Anexar suporte à extrusora
8	Remover talha especial que carrega o suporte, começar a extrusão

Para diminuir o tempo de *setup* duas mudanças principais foram feitas:

- Peças de reserva de suporte idênticas foram construídas, de maneira que o bocal seguinte pudesse ser preparado em *setup* externo.
- Foi feito um gabarito de troca de suporte, que tornava possível, também, a desmontagem de suporte, a troca de bocal, e a sua remontagem.

Desta forma, o novo modo operatório passou a ser o apresentado na Tabela 2.2.

Tabela 2.2 – Novo modo operatório

1	Enquanto a extrusora está funcionando, preparar o próximo tamanho em <i>setup</i> externo
2	Parar a extrusora, cortar lâmina de borracha
3	Colocar o carrinho de troca de suporte em posição e remover o suporte
4	Avançar o carrinho de troca do suporte
5	Colocar o suporte na extrusora
6	Retirar o carrinho de troca de suporte, começar a laminação da borracha

Como resultados destas mudanças obtiveram-se:

- O tempo de troca foi reduzido em três quartos, de dois minutos para meio minuto, tornando possível a extrusão de pequenos lotes.
- A qualidade durante a troca estabilizou-se em um estágio inicial quando os ajustes foram eliminados.
- Tornou-se possível fazer a troca por um controle de aperto de botão.
- Os suportes não tinham mais de ser removidos para desmontagem.

3. METODOLOGIA

3.1. Estudo da Necessidade

Avaliando-se as tabelas de OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) utilizadas pela empresa para controle da eficiência das máquinas identificou-se que na trefiladora o tempo de *setup* chega a superar o tempo de produção em alguns meses. Os dados mostrados na Tabela 3.1 e na Figura 3.1 foram retirados da OEE de Janeiro de 2010 e representam quanto tempo é perdido devido aos *setups*.

Tabela 3.1 – Tempos de ações na trefiladora em Janeiro de 2010

JANEIRO 2010	
Minutos Disponíveis no Mês	41760 (696 horas)
Minutos de Paradas Programadas	4328 (72,13 horas)
Minutos Disponíveis para Trabalho	37432 (623,87 horas)
Minutos de Reciclo	1440 (24 horas)
Minutos de Manutenção	2098 (34,97 horas)
Minutos de Falta de Material	520 (8,67 horas)
Minutos de CAT (Condições Adversas de Trabalho)	785 (13,08 horas)
Minutos de Pequenas Paradas	687 (11,45 horas)
Minutos de Aciclos	2075 (34,58 horas)
Minutos de <i>Setup</i>	15287 (254,78 horas)
Total de Minutos Trabalhados	14540 (242,33 horas)

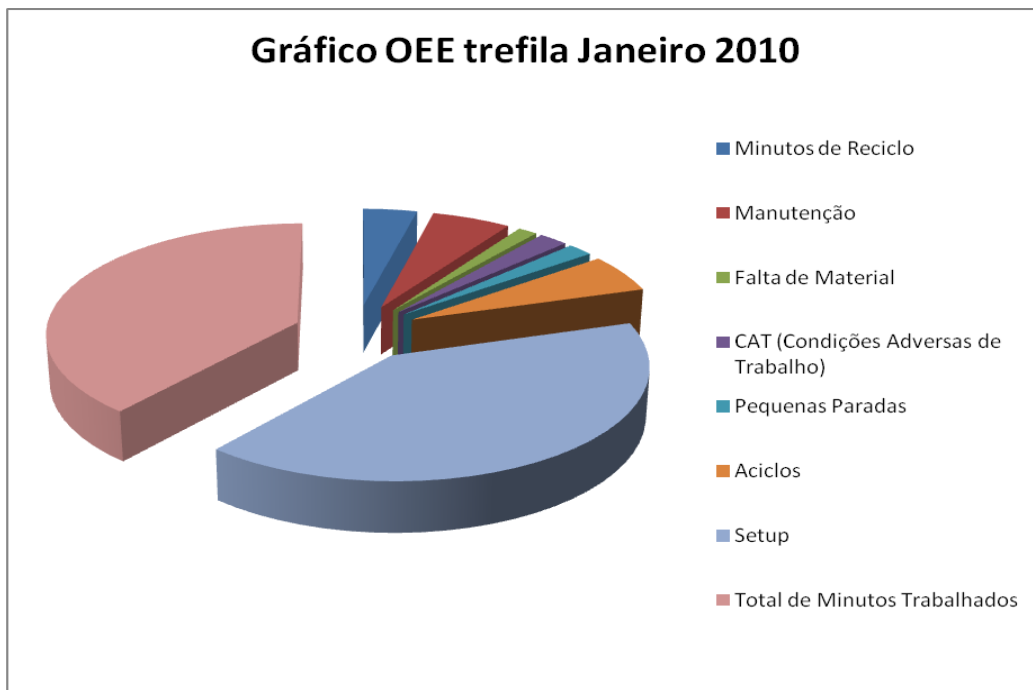


Figura 3.1 – Gráfico dos tempos gastos em Janeiro na trefila

Observando-se o processo de *setup* da máquina verificou-se que este tempo total gasto é realmente grande, mas pode ser menor se algumas mudanças forem feitas. Dentre as possíveis mudanças encontra-se a modificação do sistema de troca do conjunto de ferramentas que dá o formato à banda de rodagem.

A trefila realiza vários tipos de *setup*, entretanto, apenas nos tipos de *setup* grafados na tabela 3.2 ocorrem perdas de tempo de produção devido ao procedimento de troca do conjunto de ferramentas. A tabela mostra ainda o tempo médio de cada tipo de *setup*, porém, este tempo não se refere apenas à troca do conjunto de ferramentas, pois o operador possui outras atividades neste período. Apesar disso, a troca do conjunto influencia diretamente no tempo do *setup* por ser a última atividade do operador.

Tabela 3.2 – Tipos de *setup* da trefila

Máquina	Tipo de <i>Setup</i>	Tempo Médio do <i>Setup</i> (min)
TREFILA	Preparação para o Moto / ATV	26,914
	Preparação para G1	26,000
	Preparação para o GII	30,000
	Preparação para All Steel	26,000
	Troca de fieira Moto simples	5,563
	T.F. MT Bi-massa + Divisor (ou limp. Divisor)	6,255
	Troca de fieira Moto + preformer	6,428
	Troca de fieira 4R simples	5,644
	Troca de fieira 4R + Divisor (ou inserindo divisor)	6,861
	Troca de fieira 4R + Pré-former	6,335
	Troca de fieira 4R + Pré-former + Divisor	7,066
	Troca de fieira G1+ Régua	6,033
	Troca de fieira G1+ Régua + Pré-former	6,688
	Troca de fieira G1+ Pré-former Baixo p/ Alto	8,484
	Troca de fieira G1+ Pré-former Alto p/ Baixo	7,670
	Troca de fieira All Steel + Divisor	5,002
	Troca de fieira All Steel + Pré-former	6,588
	Troca de fieira ATV	5,644
	Troca de massa simples	12,801
	Troca de massa dupla	15,801
Limpeza de cabeça simples	25,005	
Limpeza de cabeça dupla	33,820	

Visto que este projeto visa atender uma necessidade específica de uma empresa particular, e como não há informações de como outras empresas do mesmo ramo realizam a troca do conjunto de ferramentas, este trabalho não visa a comercialização do equipamento projetado. Sendo assim, os usuários do equipamento serão os operadores da máquina que devem receber o treinamento adequado para o uso do mesmo. Além disso, não existem fabricantes de tal equipamento, uma vez que ele não tem grande mercado disponível, já que sua aplicação é específica para um tipo de indústria. O projeto pode ser executado por encomenda de equipamentos e a montagem pode ser feita na própria empresa.

Vale dizer também que não há nenhuma norma ou legislação vigente para tal equipamento, sendo assim, ele seguirá as normas e legislações vigentes para equipamentos em geral como a NR-12, Norma Regulamentadora para Máquinas e Equipamentos, NR-17, Norma Regulamentadora de Ergonomia.

3.2. Projeto Conceitual

No desenvolvimento da fase conceitual do projeto, foram consultadas as patentes disponíveis nos *websites* www.inpi.gov.br (INPI, 2010) e www.patentesonline.com.br (PATENTES, 2010) e não foram encontradas patentes referentes ou semelhantes ao equipamento ou que desempenhem a mesma função.

Para reduzir a grande perda de tempo da máquina devido ao *setup*, pensou-se em três maneiras distintas de solucionar o problema:

- Conceito 1) Confecção de um novo carro de auxílio ao *setup* e remoção dos trilhos existentes atualmente para o deslocamento do carro. Desta forma, têm-se dois carros trafegando praticamente livres pela área da máquina, limitados apenas pelas mangueiras do sistema pneumático. A idéia principal deste projeto é a utilização do carro atual para a remoção do

conjunto enquanto o novo realizasse apenas a fixação do novo conjunto. Além do projeto do novo carro, também é necessária uma mudança nas rodas do carro atual que foram projetadas para andarem sobre trilhos.

- Conceito 2) Confecção de um novo carro de auxílio ao *setup* que andasse sobre os mesmo trilhos utilizados pelo carro atual. Desta forma, têm-se dois carros trafegando na área da máquina com sua rota definida pelos trilhos. Neste projeto é necessária a ampliação dos trilhos para a acomodação dos carros, uma vez que o espaço existente na máquina é pequeno. O sistema funciona com um carro retirando e outro colocando o conjunto de ferramentas na máquina.

- Conceito 3) Construção de um novo carro de auxílio ao *setup* que possibilite o acoplamento de dois conjuntos de ferramentas ao mesmo tempo. Desta forma, o conjunto a ser colocado na máquina é montado no mesmo carro que retira o conjunto que está em uso. Quando o conjunto que está em uso é retirado da máquina é realizado um giro do sistema para que o novo conjunto assuma a posição superior do carro. Após esse giro é feito o acoplamento do novo conjunto e posteriormente a retirada do carro e limpeza do conjunto anterior.

Utilizando uma tabela de atributos, como pode ser visto na Tabela 3.3, escolheu-se realizar a construção de um novo carro de auxílio ao *setup* que possibilite o acoplamento de dois conjuntos de ferramentas. Para a realização deste cálculo são conferidos pesos para cada atributo conforme a definição de sua prioridade técnica na realização do projeto. Os pesos de cada atributo são distribuídos tendo nota máxima 5 para os atributos muito importantes e nota mínima de 1 para atributos pouco importantes.

Avaliando-se os conceitos propostos faz-se uma relação entre os atributos e os conceitos. Essa relação é feita avaliando se o conceito se adapta ao atributo de forma excelente (nota 3), boa (nota 2), ruim (nota 1) e péssima (nota 0).

Multiplica-se então a nota do conceito pelo peso do atributo e soma-se o total de pontos de cada conceito. O conceito com maior número de pontos é o mais indicado para resolver o problema.

Tabela 3.3 – Tabela de atributos

SELEÇÃO DO CONCEITO				
ATRIBUTOS	PESO	CONCEITO 1 (carro extra fora do trilho)	CONCEITO 2 (carro extra no trilho)	CONCEITO 3 (carro com espaço para dois pre-formers)
Pouco peso e pouco volume	4	1	1	3
Facilidade de operação	5	1	2	3
Ergonomia superior	4	1	3	2
Relação custo x benefício	5	2	2	2
Facilidade de manutenção	2	2	2	3
Segurança operacional	3	1	3	3
Usabilidade: treinamento para uso	1	2	3	3
Confiabilidade funcional	5	1	3	2
Obsolescência: durabilidade e atualizações	4	2	2	2
Equipamentos disponíveis para fabricação	2	2	1	3
Existência de fornecedores de componentes padronizados	1	3	3	3
Atendimento às normas e códigos de projeto	3	2	2	2
TOTAL		58	86	96
MÉDIA		4,83	7,17	8,00

Para o conceito 3 (escolhido), tem-se os conjuntos de ferramentas acoplados no carro através de quatro cilindros pneumáticos (dois na posição inferior e dois na posição superior) que possuem em sua ponta “copos” com um furo cilíndrico para o engate no pré-former. Sendo assim, o acoplamento é feito posicionando-se o pré-former na posição e acionando-se os cilindros pneumáticos que por sua vez movimentam os copos que fazem o encaixe.

Após o encaixe, as outras ferramentas (fieira, inserto, divisor) necessárias para a montagem do conjunto são unidas ao pré-former de acordo com a especificação técnica (ET) da banda de rodagem que se deseja produzir. Tendo o novo conjunto acoplado ao carro o

operador pára a máquina para a realização do *setup*. O carro com o novo conjunto acoplado na posição inferior é então posicionado sob a máquina e o operador aciona o cilindro principal que eleva a parte superior do carro até o ponto onde está fixado o conjunto de ferramentas que estava sendo utilizado. Os cilindros pneumáticos da posição superior são acionados para realizar o acoplamento do conjunto com o carro e o sistema pneumático que segura conjunto na máquina é desligado para possibilitar a descida do carro.

Após a descida do conjunto que estava sendo utilizado, é realizado manualmente um giro para inversão das posições dos dois conjuntos. O cilindro principal é novamente acionado, o novo conjunto é fixado na máquina e o operador empurra o carro com o conjunto antigo para a posição de descanso.

3.3. Análise Funcional

O funcionamento do novo sistema para troca dos conjuntos foi dividido em treze operações principais: 1) fixação do novo conjunto de ferramentas no carro de auxílio ao *setup* (*setup* externo); 2) parada da máquina; 3) movimentação do carro até a posição de trabalho sob a máquina; 4) elevação do sistema para retirada do conjunto que estava sendo utilizado; 5) recuo do suporte de sustentação do conjunto na máquina; 6) descida do conjunto que estava sendo utilizado; 7) rotação do sistema para mudança das posições dos conjuntos; 8) elevação do sistema para fixação do novo conjunto; 9) avanço do suporte de sustentação do conjunto na máquina; 10) recuo dos cilindros de engate; 11) descida do sistema; 12) movimentação do carro de auxílio até a posição de descanso; 13) reinício da máquina.

A fixação do novo conjunto de ferramentas no carro de auxílio ao *setup* é feita através de dois cilindros pneumáticos. O operador retira o conjunto da estufa e coloca-o na posição de engate e acionando uma válvula 5/2 vias (válvula B) os cilindros avançam um de cada lado prendendo-o através de um acoplamento “pino e copo”.

O carro é movimentado pelo operador até a posição de trabalho sob a máquina. Acionando-se uma válvula 5/2 vias (válvula A) o cilindro pneumático principal avança e eleva o sistema para a retirada o conjunto de ferramentas que estava sendo utilizado. O conjunto é então fixado no carro através dos cilindros de acoplamento comandos por uma válvula 5/2 vias (válvula C) e o suporte que o sustenta na máquina é recuado possibilitando a descida do mesmo. A descida é feita acionando-se novamente a válvula A ocasionando o recuo do êmbolo do cilindro principal.

A rotação do sistema é feita manualmente pelo operador que gira-o 180°, fazendo com que se invertam as posições dos conjuntos de ferramentas. Acionando-se novamente a válvula A o sistema é elevado até a posição de fixação na máquina. O suporte é avançado, prendendo o conjunto na máquina. Aciona-se então a válvula B, que recua os cilindros de engate e recua-se o sistema através do acionamento da válvula A.

O carro é movimentado para a posição de descanso e a máquina pode ser então reiniciada. O conjunto de ferramentas que estava sendo utilizado é limpo e guardado.

Na tabela 3.4 são descritas todas as etapas do modo operatório para o qual a máquina foi projetada.

Tabela 3.4 - Etapas do ciclo de processo

Etapa	Modo operatório para <i>setup</i> de troca de fieira
1	Fixação do novo conjunto de ferramentas no carro de auxílio ao <i>setup</i> (<i>setup</i> externo)
2	Parada da máquina
3	Movimentação do carro até a posição de trabalho sob a máquina
4	Elevação do sistema para retirada do conjunto que estava sendo utilizado
5	Recuo do suporte de sustentação do conjunto na máquina
6	Descida do conjunto que estava sendo utilizado
7	Rotação do sistema para mudança das posições dos conjuntos
8	Elevação do sistema para fixação do novo conjunto
9	Avanço do suporte de sustentação do conjunto na máquina
10	Recuo dos cilindros de engate
11	Descida do sistema
12	Movimentação do carro de auxílio até a posição de descanso
13	Reinício da máquina

O cilindro pneumático principal que ergue o sistema foi dimensionado pensando-se no pior caso possível, que é quando estiverem acoplados a ele os dois conjuntos de ferramentas mais pesados. Estes conjuntos pesam 60 kg, soma-se a isso o peso da estrutura de suporte e obtém-se aproximadamente 150 kg, ou seja, o cilindro deve ser capaz de erguer e abaixar um peso de 1500 N. Para a realização dos cálculos utiliza-se um peso de 2000 N a fim de se obter um coeficiente de segurança de 1,33. Sabendo-se que a rede de ar comprimido da empresa oferece uma pressão de 6 bar (600 kPa) chegam-se às seguintes relações para o dimensionamento do diâmetro do cilindro, Equações 3.1 e 3.2.

$$p = \frac{F}{A} \quad (3.1)$$

onde, p é a pressão fornecida pela rede, F é a força que a estrutura faz sobre o cilindro e A é a área da seção do cilindro.

$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \quad (3.2)$$

em que, d é o diâmetro do cilindro pneumático.

Logo,

$$d = \sqrt{\frac{4F}{p\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2000}{600000 \cdot \pi}} = 0,065m$$

Procurou-se em catálogos de fabricantes de atuadores lineares algum componente que suporte a elevação do peso de dois conjuntos de ferramentas juntamente com a estrutura que os seguram. Escolheu-se um cilindro pneumático do fabricante FESTO, 2010

(Ref.: DNC-80-500-PPV-A) que possui um diâmetro de 80 mm e um curso de 500 mm suportando uma carga de até 3016 N na força de avanço e 2721 N na força de retorno a 6 bar conforme pode ser visto no Anexo II.

Os cilindros de engate são dimensionados pensando-se na força transversal que devem suportar. Mais uma vez, pensa-se no pior caso possível que é quando deve-se acoplar o conjunto de ferramentas de 60 kg. Desta forma, cada cilindro de engate necessita sustentar um peso de 300 N transversalmente. Entretanto, muitas vezes na montagem dos conjuntos o operador necessita utilizar uma pequena marreta para fixar os componentes do conjunto de ferramentas. Desta forma, fica impossível dimensionar estes cilindros, pois cada operador utiliza uma força diferente. Devido a isso, para não aumentar os custos do projeto super dimensionando este componente, optou-se por acoplar no equipamento uma chapa que dê sustentação à ponta dos mesmos. Sendo assim, escolheu-se um cilindro pneumático do fabricante FESTO, 2010 (Ref.: DNC-50-50-PPV-A) que possui um diâmetro e um curso de 50 mm e sustenta uma força transversal de aproximadamente 170 N como pode ser visto no Anexo II.

Não existe um painel de controle para o equipamento, uma vez que seu acionamento se dá através de válvulas pneumáticas. As válvulas são dispostas no equipamento visando à melhor formatação possível devido às mangueiras pneumáticas. Sendo assim, a válvula A (cilindro principal) que faz com que o sistema se eleve e abaixe foi disposta na base da estrutura, a válvula B que aciona os dois cilindros de engate da posição 1 foi disposta à esquerda do suporte superior. De modo análogo, a válvula C que aciona os dois cilindros de engate da posição 2 foi disposta à direita do suporte superior. A figura 3.2 representa um esboço do sistema pneumático do equipamento.

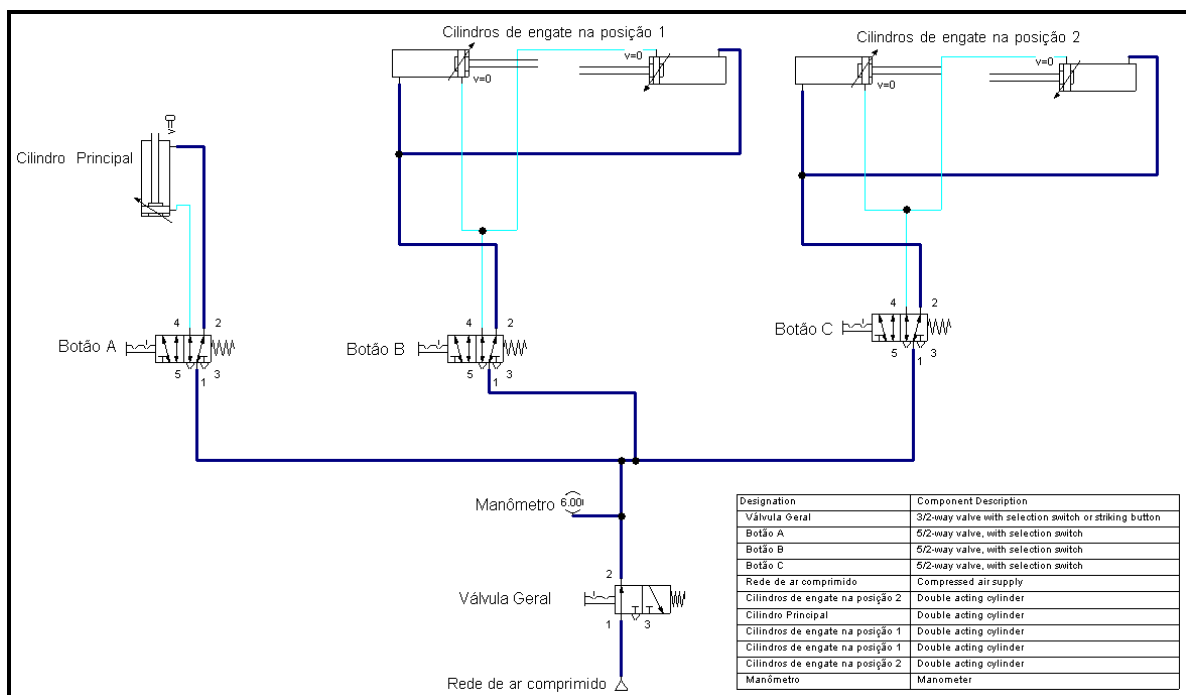


Figura 3.2 – Esboço do sistema pneumático do equipamento

3.4. Análise de Falhas

O novo projeto visa além de otimizar o processo de troca de ferramentas também uma redução de peso e volume do equipamento. Para isso, utilizou-se o software Inventor Auto Desk 2010 e realizaram-se análises estruturais dos elementos que suportam

mais carga no sistema para uma possível redução de suas dimensões. Utilizando o critério de Von Mises foi realizada a análise estrutural da chapa onde são apoiados os copos que suportam o peso dos conjuntos de ferramentas; das vigas perfil U que dão sustentação à base; e das cantoneiras que dão sustentação a todo o sistema (vide apêndice I).

As chapas de sustentação do conjunto de ferramentas foram dimensionadas para a pior situação do sistema. Esta situação ocorre quando os conjuntos estão exatamente na metade da rotação para troca de posição. Sabe-se que o conjunto de ferramentas mais pesado possui 60 kg, logo, cada chapa receberá uma carga de 300 N em cada extremidade. Desta forma, foi possível reduzir a espessura da chapa de 6,35 mm para 2,66 mm.

Atualmente, as vigas U que dão sustentação ao sistema possuem as dimensões de 152,4 x 50,8 x 6,35 mm. Entretanto, foi possível reduzir suas dimensões para 76,2 x 12,7 x 3,175 mm sem acarretar qualquer tipo de risco a estrutura, uma vez que o coeficiente de segurança permanece alto.

As cantoneiras da base que possuem dimensões de 38,1 x 6,35 mm também estão super dimensionadas, foi possível uma redução para 31,75 x 6,35 mm.

Para auxiliar na identificação de possíveis falhas na máquina, afetando as funções do sistema utilizou-se do método FMEA. Esta Análise de Modos e Efeitos de Falhas é uma das ferramentas mais empregadas na engenharia de confiabilidade. Este método de análise de projetos é usado para identificar os possíveis modos potenciais de falhas e determinar o efeito de cada um sobre o desempenho do sistema, mediante de um raciocínio basicamente dedutivo.

Na tabela 3.5 pode-se elucidar sobre o método aplicado nesta fase do projeto. Os fatores de severidade, ocorrência e detecção não foram utilizados nesta análise.

Tabela 3.5 – Análise de falhas pelo método FMEA

FUNÇÃO DO SISTEMA	FALHA FUNCIONAL	MODO(S) DE FALHA	EFEITO POTENCIAL	CONJUNTO OU COMPONENTE	CAUSA POTENCIAL	NATUREZA DO PROBLEMA	MÉTODO ATUAL DE DETECÇÃO
Elevação e rebaixamento do cilindro principal	Pressão abaixo da especificada	Atuador não eleva-se	Elasticidade do sistema	Atuador pneumático Festo DNC-80-500-PPV-A	Mangueira de ar rompida	Mecânica	Visual
					Problema na alimentação	Mecânica	Manômetro
Movimentação dos cilindros de engate	Pressão abaixo da especificada	Atuador não eleva-se	Elasticidade do sistema	Atuador pneumático Festo DNC-50-50-PPV-A	Mangueira de ar rompida	Mecânica	Visual
					Problema na alimentação	Mecânica	Manômetro
Giro do manípulo do sistema	Desgaste do mancal de rolamentos	Enrígimento nos mancais do eixo	Sistema não gira	Rolamento do mancal	Falta de lubrificação	Mecânica	Ruído

3.5. Análise de viabilidade

Para o projeto poder ser executado em chão de fábrica necessita-se da duplicidade de ferramentas como pré-formers, insertos e divisores. Devido a isso, estes materiais foram orçados pelo setor de compras da empresa totalizando um custo de R\$73.000,00. Os materiais pneumáticos foram orçados de acordo com os contratos que a empresa possui com as empresas do setor totalizando R\$1765,81. Materiais mecânicos como cantoneiras, tubos, perfis e chapas foram orçados devido ao seu peso. Entretanto, devido à dificuldade de mensurar o peso individualmente de cada componente do equipamento o custo dos materiais de aço carbono SAE 1020 foi orçado através de uma média do preço do

quilograma do aço processado chegando-se a um valor superestimado de R\$5,00/kg. Multiplicando-se este valor pelo peso total da estrutura (a estrutura do equipamento pesa aproximadamente 131 kg) obtém-se um custo total de R\$ 655,00.

Somando-se todos os custos de materiais mecânicos e pneumáticos e ferramentas, chega-se a um valor final de R\$ 75.420,81 para a implantação do projeto (vide Apêndice II)

A fabricação do equipamento ocorrerá na própria empresa, sendo necessários serviços de serralheria, mecânica, instrumentação e soldagem. O valor destes serviços não foi orçado, pois será utilizada mão de obra interna. As soldas serão de filete e realizadas pelo processo de eletrodo revestido. Será utilizado o eletrodo revestido AWS E6013 que contém grande percentual dióxido de titânio (TiO_2) em seu revestimento e permite a soldagem de peças de pequena espessura sem furá-las (Machado, 1996)

A figura 3.3 representa o modelo do novo carro de auxílio ao *setup*. Mais imagens e detalhamentos podem ser vistos no Apêndice III.

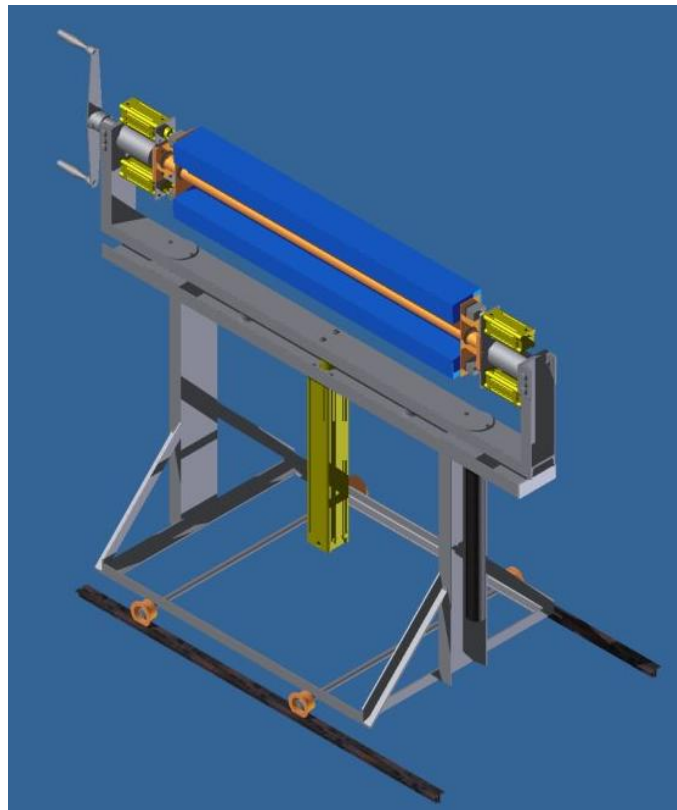


Figura 3.3 – Novo carro de auxílio ao *setup*

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Através da análise visual e cronometrada dos *setups*, juntamente com os dados históricos dos tempos de troca do conjunto de ferramentas da máquina foi feita uma análise quantitativa e percentual do tempo ganho com o novo sistema. Estima-se obter um ganho de aproximadamente 6973 minutos durante um ano que é equivalente a 4,84 dias ininterruptos de produção.

A tabela 4.1 e a figura 4.1 representam uma relação entre o tempo utilizado com o procedimento atual nos tipos de *setup* avaliados e a estimativa do tempo que será utilizado com o novo procedimento, assim como o percentual de ganho. Esta avaliação foi feita

utilizando-se dados dos meses de Janeiro à Outubro de 2010 e Novembro e Dezembro de 2009.

Tabela 4.1 – Análise quantitativa e percentual do ganho de tempo

Mês	Tempo gasto com o procedimento atual	Tempo que seria gasto com o novo procedimento	Percentual de Ganho
Nov/09	2673	2063	22,82%
Dez/09	2287	1811	20,81%
Jan/10	3067	2416	21,23%
Fev/10	2346	1845	21,36%
Mar/10	2498	1953	21,82%
Abr/10	2571	2018	21,51%
Mai/10	2573	2014	21,73%
Jun/10	2495	1915	23,25%
Jul/10	2841	2192	22,84%
Ago/10	2545	1981	22,16%
Set/10	2635	2034	22,81%
Out/10	2838	2202	22,41%

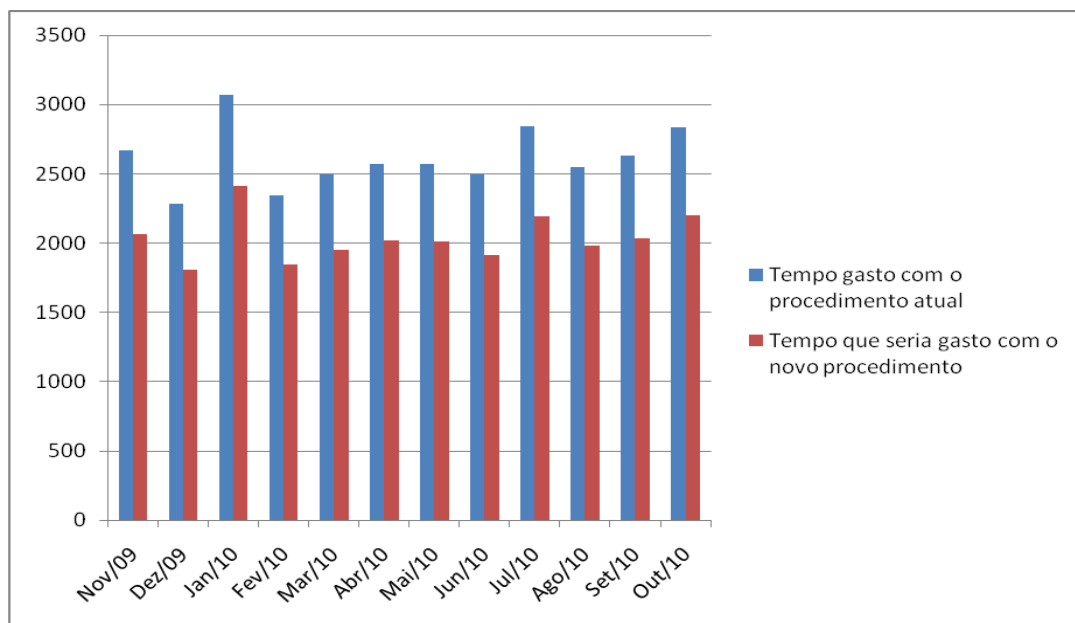


Figura 4.1 – Gráfico tempo gasto atualmente x tempo que seria gasto com o novo sistema

Devido à trefila produzir a banda de rodagem para vários tipos de pneu realiza-se um balanço entre o tempo de produção de cada tipo de rodagem e o tempo ganho com o novo equipamento como pode ser visto na tabela 4.2. Desta forma, é possível mensurar o número de rodagens a mais que podem ser produzidas caso a máquina trabalhe ininterruptamente durante o tempo ganho. Para realizar este cálculo foi necessário obter os

tempos para produção de uma peça de cada tipo de banda de rodagem através das planilhas de OEE da máquina. Observando-se os resultados nota-se que há um grande ganho em todos os tipos de rodagens com destaque para o tipo gigante radial que embora ganhe uma quantidade menor em relação às outras, é a rodagem mais importante para a fábrica.

Tabela 4.2 – Possível produção de cada tipo de rodagem

	TIPO DE RODAGEM							
	Gigante Convencional	Gigante Radial	Camioneta	Turismo	Trator	Veículo Industrial	Moto	ATV
Tempo para produção de uma rodagem (min)	0,163	0,198	0,098	0,075	0,104	0,097	0,082	0,082
Minutos ganhos com o novo equipamento	6973	6973	6973	6973	6973	6973	6973	6973
Ganho em rodagens (peças)	42779	35217	71153	92973	67048	71887	85037	85037

Ainda que a empresa não divulgue quais são os custos de fabricação de uma banda de rodagem (por questão de segredo industrial) uma estimativa de *payback* do equipamento foi realizada.

Avaliando todo o processo produtivo, temos seis etapas que agregam valor ao produto: fabricação da massa, produção das lonas, emborrachamento dos frisos, trefilação da banda de rodagem, confecção das carcaças e vulcanização. O processo de confecção das carcaças é o que representa um menor percentual no custo total de um pneu (aproximadamente 5%), uma vez que para sua fabricação é necessário o investimento apenas em mão de obra. Além disso, os processos de fabricação da massa e trefilação da banda de rodagem também representam um baixo percentual no custo total (aproximadamente 10% cada) já que o primeiro utiliza ingredientes de baixo valor econômico e o segundo necessita apenas da massa produzida por esses ingredientes. Os processos de produção das lonas e de emborrachamento dos frisos representam aproximadamente 20% do custo total do pneu. Isso se deve ao fato de necessitarem materiais mais caros para sua fabricação como tecidos têxteis especiais, tecidos metálicos, e fios de aço carbono. O processo de vulcanização é o mais representativo devido ao seu excessivo gasto de energia. Em virtude disso ele representa aproximadamente 35% do custo total de fabricação de um pneu.

Sabendo-se que um pneu custa para a empresa aproximadamente R\$40,00 podemos avaliar que o custo de uma banda de rodagem aproxima-se de R\$4,00 conforme pode ser visto na tabela 4.3.

Tabela 4.3 – Custos de produção de um pneu

Processo	Percentual do pneu	Custo de fabricação
Fabricação da massa	10%	R\$ 4,00
Banda de rodagem	10%	R\$ 4,00
Emborrachamento dos frisos	20%	R\$ 8,00
Produção das lonas	20%	R\$ 8,00
Confecção da carcaça	5%	R\$ 2,00
Vulcanização	35%	R\$ 14,00

A partir deste momento, através dos dados mencionados ao longo deste trabalho é possível estimar o *payback* do equipamento, ou seja, em quanto tempo ele se pagará. Utilizando o novo equipamento possui-se uma expectativa de ganho de aproximadamente 7000 minutos em um ano, o que representa cerca de 35000 bandas de rodagem que podem ser produzidas a mais. Desta forma, multiplicando-se o número de bandas de rodagem que podem ser produzidas pelo custo de fabricação de cada uma chega-se a um montante estimado de aproximadamente 140 mil reais em um ano. Dividindo-se este valor pelo investimento feito, temos uma estimativa de *payback* em aproximadamente 6 meses.

5. CONCLUSÃO

Partindo da análise dos resultados pode-se concluir que os objetivos do novo equipamento para troca do conjunto de ferramentas da trefila foram alcançados verificando um ganho de aproximadamente 6973 minutos de trabalho para a máquina em um ano. Realizando-se o cálculo do *payback* do equipamento foi possível verificar que o projeto é viável e seu investimento inicial é totalmente recuperado em aproximadamente seis meses.

Houve ainda uma melhora nas questões ergonômicas, uma vez que através de análises estruturais foi possível reduzir o peso do equipamento em 15 kg.

Para trabalhos futuros poderiam ser realizadas modificações no sistema de giro dos conjuntos para que o mesmo ocorra automaticamente e no material do equipamento para tentar deixá-lo mais leve, facilitando assim o trabalho do operador e diminuindo riscos ergonômicos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Festo, “**Catálogo Eletrônico**”, <http://www.festo.com.br>. Acessado em 23/10/2010

Instituto Nacional da Propriedade Industrial, “**Pesquisa de Patentes**”, www.inpi.gov.br . Acessado em 27/08/2010

Machado, I. G.; “**Soldagem e Técnicas Conexas: Processos**”, editado pelo autor, 1996.

Pahl, G.; Beitz, W.; Feldhusen, J.; Grote, K.; “**Projeto na Engenharia**”. Edgard Blücher, 6ª edição, 2005.

Patentes Online, “**Pesquisa de Patentes**”, www.patentesonline.com.br . Acessado em 27/08/2010.

Shingo, S. “**Sistema de Troca Rápida de Ferramenta**”. Bookman, 2000.

ANEXO I – FOTOS DA MÁQUINA



Área de trabalho do equipamento



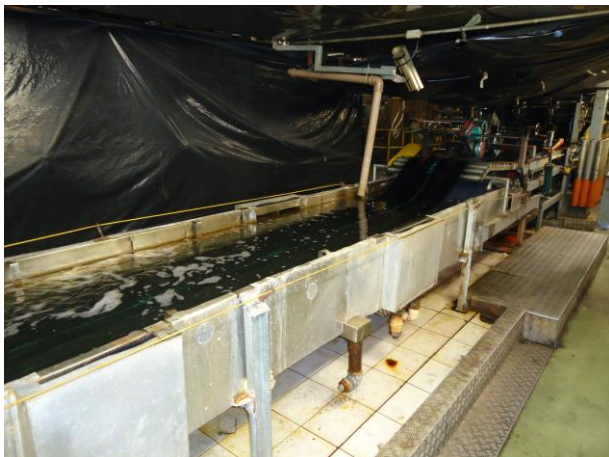
Moinhos



Moinhos



Extrusoras



Vasca



Spadone

ANEXO II – ESPECIFICAÇÕES DOS CILINDROS PNEUMÁTICOS

Cilindros normalizados de dupla ação

Tipo DNC-...-PPV
DNC-...-PPV-A

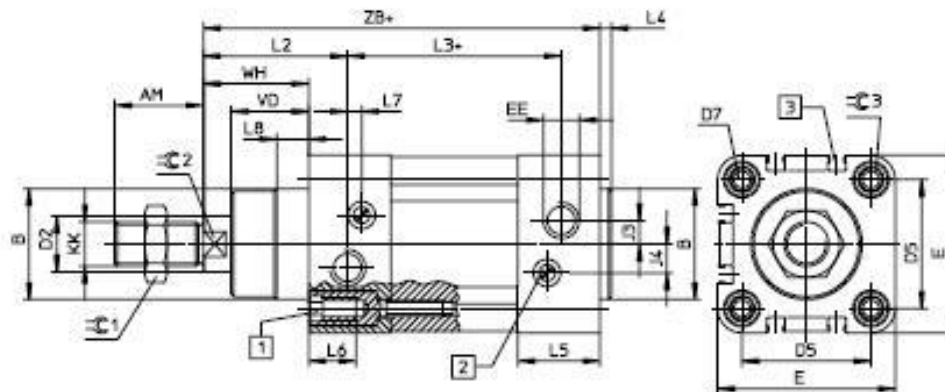
Cilindros de dupla ação com amortecimento regulável (PPV) nas posições finais e êmbolo magnético (A)



Características técnicas						
Meio		ar comprimido filtrado, com ou sem lubrificação				
Tipo de construção		cilindro com êmbolo				
Pressão máxima de trabalho		10 bar				
Faixa de temperatura		-20 to +80 °C (considerar faixa de utilização dos sensores)				
Materiais		cabeçotes: alumínio injetado Si 12; camisa do cilindro: alumínio anodizado; haste: aço cromo (X20 Cr 13); execução R3: X6 CrNiMoTi 17 12 2; gaxetas: poliuretano				
Força transversal FQ admitida na haste		ver página 21				
Ø do cilindro mm	Cursos padrão mm	Curso min. – máx. mm	Força de avanço 6 bar*-N	Força de retorno 6 bar*-N	Conexão	Curso de amortecimento-mm
32	25, 40, 50, 80	10 até 2000	483	415	G1/8	20
40	100, 125, 160	10 até 2000	754	633	G1/4	20
50	200, 250, 320	10 até 2000	1178	990	G1/4	22
63	400, 500	10 até 2000	1870	1682	G3/8	22
80		10 até 2000	3016	2721	G3/8	32
100		10 até 2000	4712	4418	G1/2	32
125		10 até 2000	7363	6881	G1/2	42

* Valores teóricos

Tipo DNC-...-PPV
DNC-...-PPV-A

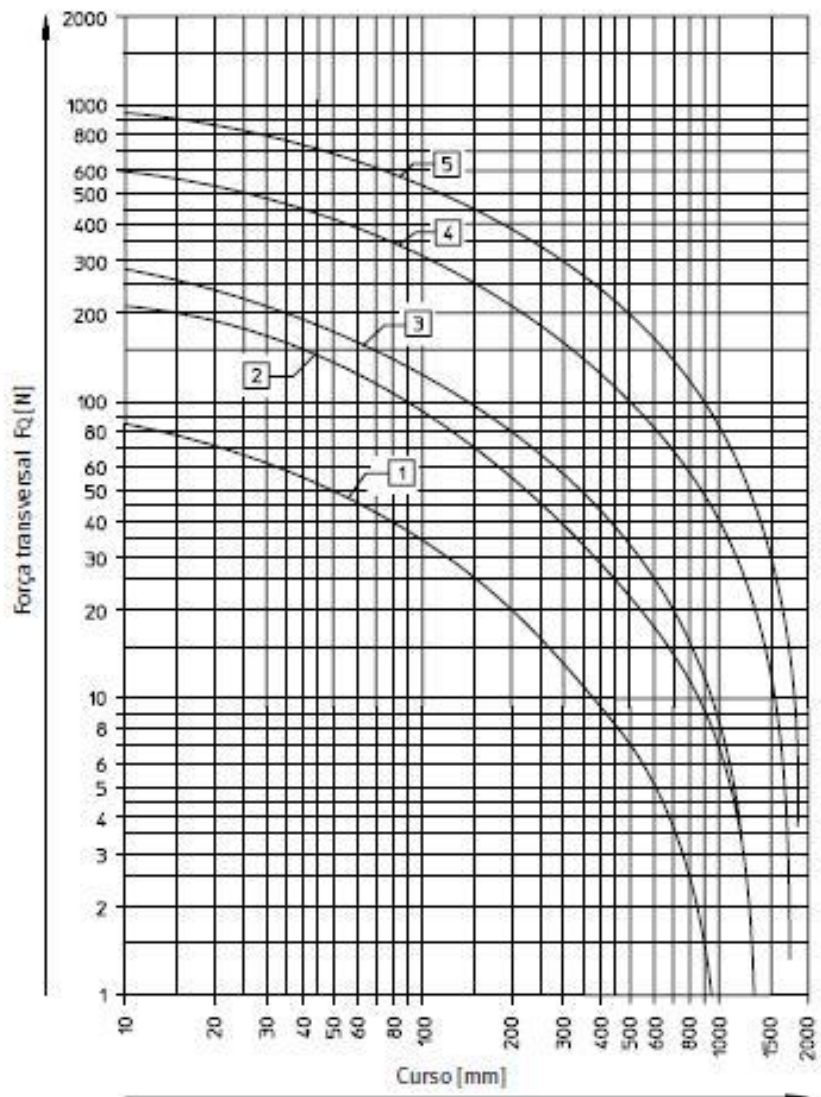
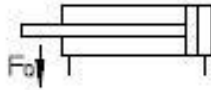


- 1 Parafuso Allen com rosca interna para os elementos de fixação.
2 Parafusos de regulação para o amortecimento de posição final.
3 Ranhura para sensor.
+ = adicionar o curso

ø do cilindro mm	AM	B ø d11	D2 ø f8	D5	D7	E	EE	J3	J4	KK	L2
32	22	30	12	32,5	M6	45	G1/8	6	5,2	M10 x 1,25	41,6
40	24	35	16	38	M6	54	G1/4	8	6	M12 x 1,25	44
50	32	40	20	46,5	M8	64	G1/4	10	8,5	M16 x 1,5	51
63	32	45	20	56,5	M8	75	G3/8	12,4	10	M16 x 1,5	54
80	40	45	25	72	M10	93	G3/8	8	12,5	M20 x 1,5	62,4
100	40	55	25	89	M10	110	G1/2	11,8	10	M20 x 1,5	69,8
125	54	60	32	110	M12	134	G1/2	13	8	M27 x 2	83

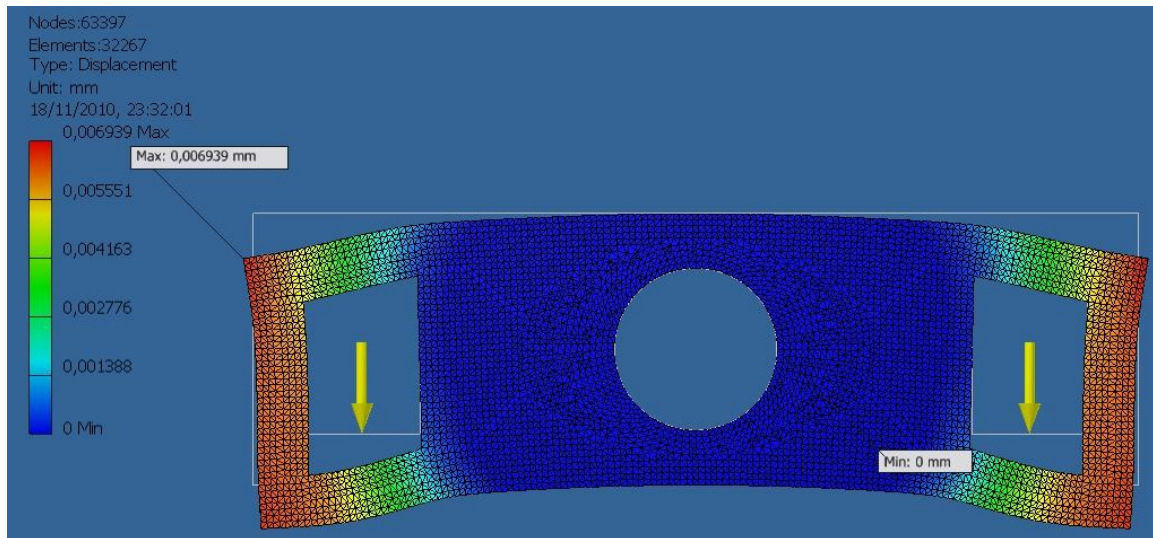
ø do cilindro mm	L3	L4	L5	L6	L7	L8	≈S2	≈S3	VD	WH ±1	ZB ±0.8
32	62,8	4	25,1	16	3,3	10	10	6	18	26	120
40	77	4	29,6	16	3,6	10,5	13	6	21,5	30	135
50	78	4	29,6	17	5,1	11,5	17	8	28	37	143
63	87	4	35,6	17	6,6	15	17	8	28,5	37	158
80	95,2	4	35,9	17	10,5	15,7	22	6	34,7	46	174
100	100,4	4	38,8	17	8	19,2	22	6	38,2	51	189
125	124	6	44,7	22	14	20,5	27	8	46	65	225

A força transversal F_Q em
função do curso dos cilindros
tipo DNC -...

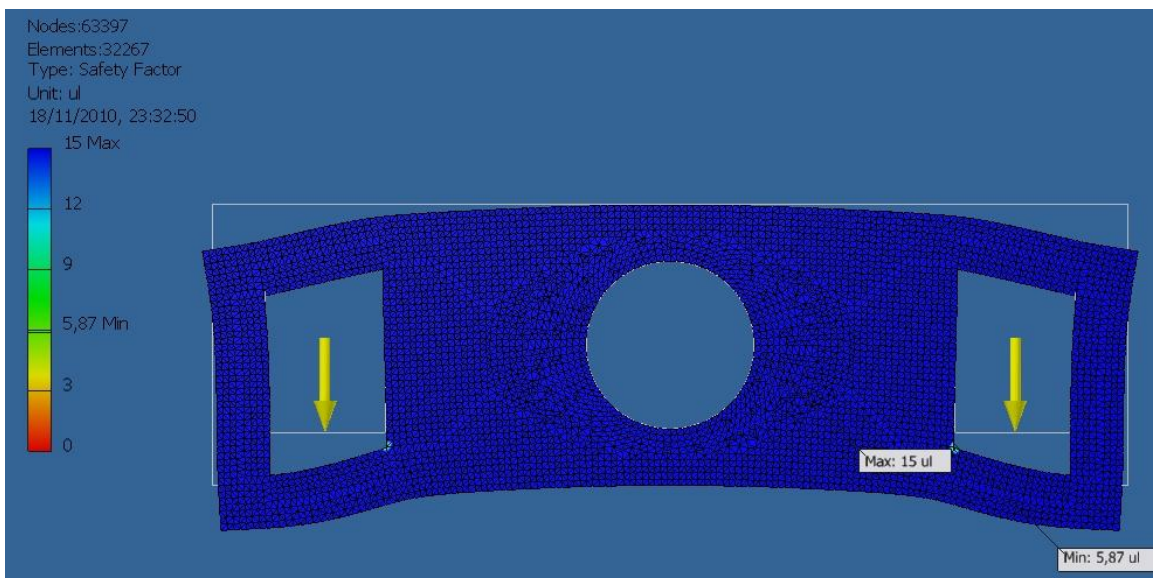


- 1 DNC-32
- 2 DNC-40
- 3 DNC-50/-63
- 4 DNC-80/-100
- 5 DNC-125

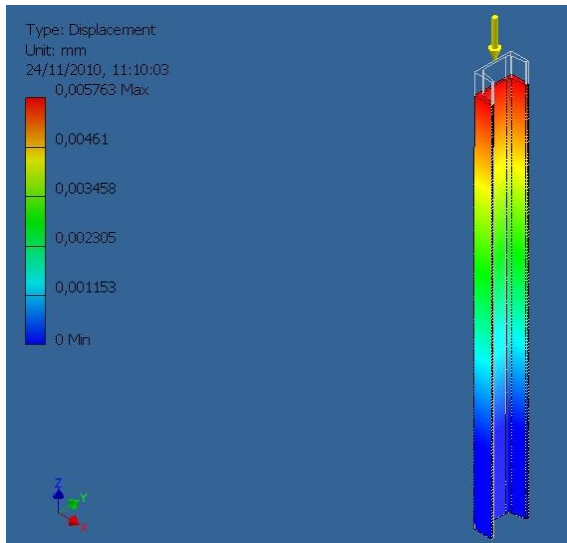
APÊNDICE I – ANÁLISE ESTRUTURAL DOS COMPONENTES DO EQUIPAMENTO



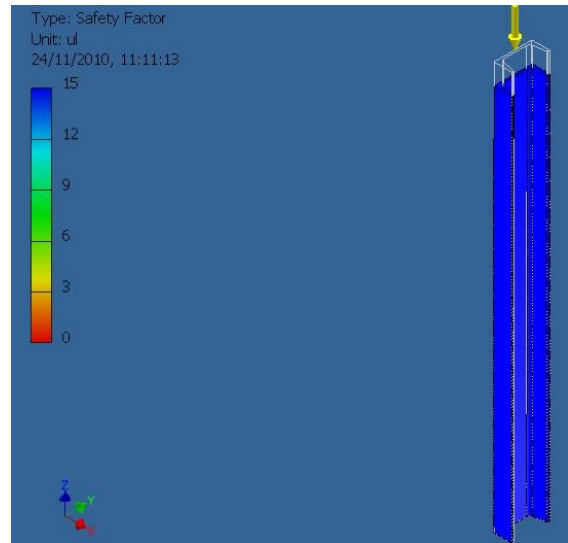
Deformação no suporte para os conjuntos de ferramentas



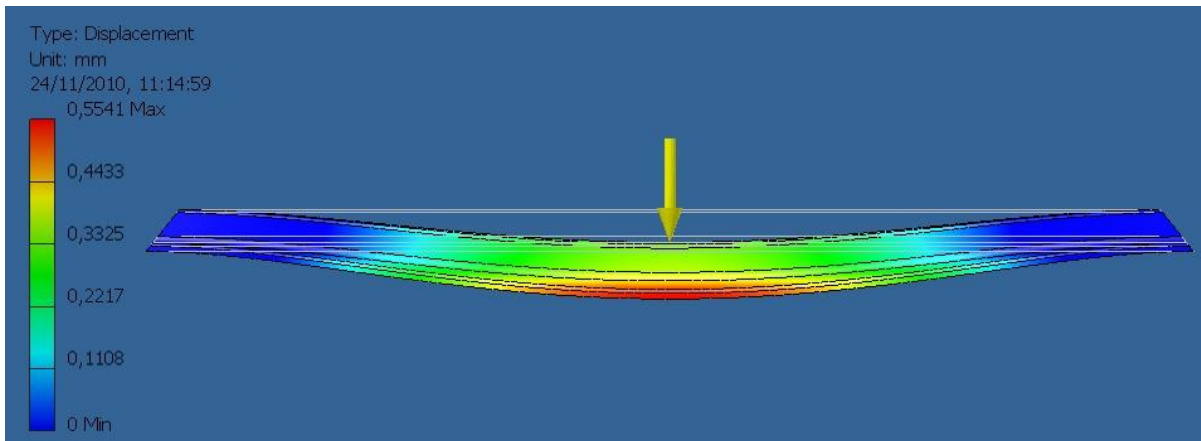
Coeficiente de segurança no suporte para os conjuntos de ferramentas



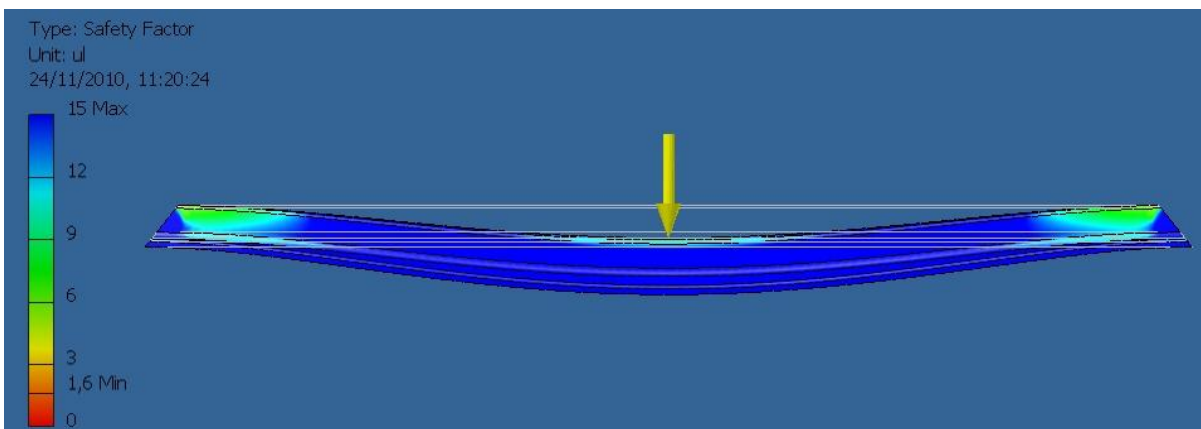
Deformação perfil U



Coefficiente de segurança perfil U



Deformação cantoneira sustentação da base



Coefficiente de segurança cantoneira sustentação da base

APÊNDICE II – ANÁLISE DE CUSTOS

CUSTOS PARA PROJETO OTIMIZAÇÃO SETUP TRAFILA 10+10					
Tipo	Material	Quantidade	Unidade	Valor unitário	Valor total
Materiais Mecânicos	Aço Carbono 1020	131	KG	R\$ 5,00	R\$ 655,00
Feramentas	Pré-former	1	PC	R\$ 10.000,00	R\$ 10.000,00
	Insertos	6	PC	R\$ 7.000,00	R\$ 42.000,00
	Divisores	7	PC	R\$ 3.000,00	R\$ 21.000,00
Materiais Pneumáticos	Cilindro Pneumático DNC-50-50-PPV-A	4	PC	R\$ 198,09	R\$ 792,36
	Cilindro Pneumático DNC-80-500-PPV-A	1	PC	R\$ 499,86	R\$ 499,86
	Válvula Direcional 5/2 vias 1/4"	3	PC	R\$ 100,95	R\$ 302,85
	Regulador de Fluxo 3/8"	2	PC	R\$ 85,37	R\$ 170,74
TOTAL DE CUSTOS DO PROJETO					R\$ 75.420,81

APÊNDICE III – DESENHOS DO NOVO EQUIPAMENTO

