



Vinicios Renan Lampert

**DESENVOLVIMENTO DE UM ALIMENTADOR DE TUBOS
REDONDOS PARA CONFORMADORAS CNC**

Horizontina

2015

Vinicios Renan Lampert

**DESENVOLVIMENTO DE UM ALIMENTADOR DE TUBOS
REDONDOS PARA CONFORMADORAS CNC**

Trabalho Final de Curso apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica, pelo Curso de Engenharia Mecânica da Faculdade Horizontina.

ORIENTADOR: Leonardo Teixeira Rodrigues, Esp.

Horizontina

2015

**FAHOR - FACULDADE HORIZONTINA
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a monografia:

**“Desenvolvimento de um alimentador de tubos redondos para conformadoras
CNC”**

Elaborada por:

Vinicios Renan Lampert

Como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em
Engenharia Mecânica

**Aprovado em: 23/11/2015
Pela Comissão Examinadora**

**Prof. Esp. Leonardo Teixeira Rodrigues
Presidente da Comissão Examinadora - Orientador**

**Prof. Dr. Richard Thomas Lermen
FAHOR – Faculdade Horizontina**

**Prof. Esp. Valmir Vilson Beck
FAHOR – Faculdade Horizontina**

**Horizontina
2015**

DEDICATÓRIA

Aos pais, Sueli Corrêa e Volnei Lampert, que acreditaram e me apoiaram em minhas decisões e que são os grandes responsáveis pelo sucesso das minhas conquistas.

AGRADECIMENTOS

Aos colegas da empresa Nelson do Brasil, que contribuíram no desenvolvimento deste trabalho.

Aos professores, que acompanharam e contribuíram para minha formação.

Ao professor Leonardo Teixeira, que me orientou neste trabalho, dando suporte e garantindo o sucesso dos resultados.

“Sucesso é conseguir o que você quer;
felicidade é gostar do que você conseguiu.”

Dale Carnegie

RESUMO

O ramo industrial tem aprimorado seus processos de fabricação para fornecer produtos de qualidade, que atendem as exigências dos clientes. A mudança na demanda de produção, a necessidade de baixar custos e o comprometimento das empresas com a integridade física de seus colaboradores, gerou a oportunidade ao mercado de apresentar soluções que contribuem para a melhoria contínua dos processos produtivos. O presente trabalho surgiu através da necessidade da Nelson do Brasil em buscar uma solução para atender o acréscimo de produção decorrente do surgimento de novos clientes. Diante a situação apresentada, o objetivo deste estudo é o desenvolvimento de um produto capaz de trabalhar em conjunto com a máquina de maneira produtiva e segura. O desenvolvimento do projeto foi realizado através da aplicação da metodologia de Projeto de Produto (PDP). O alimentador de tubos redondos para conformadoras CNC, tem como finalidade agilizar o processo de dobramento, tornando a atividade mais fácil de ser realizada e possibilitando que o colaborador da máquina possa desenvolver outra atividade simultânea, já que, utilizando o alimentador, não é necessária sua presença enquanto a máquina desempenha sua função. O resultado obtido com a fabricação do protótipo foi plenamente satisfatório, pois o alimentador desempenhou de forma eficaz sua função possibilitando o aumento de produtividade e permitindo ao colaborador realizar o setup de outra conformadora de tubos durante o funcionamento da máquina em que opera.

Palavras-chaves:

alimentador de tubos – conformadora CNC – tubos metálicos

ABSTRACT

The industrial sector has improved its manufacturing processes to provide quality products that meet customer requirements. The change in production demand, the need to lower costs and commitment of the companies to the physical integrity of its employees, has created an opportunity to market with solutions that contribute to continuous improvement of production processes. This work came about through the need to “Nelson do Brasil” to seek a solution to meet the production increase due to the emergence of new customers. Before the situation presented, the aim of this study is to develop a product capable of working together to productively and safely machine Development of the project was carried out through the application of Product Design methodology (PDP). The round tube feeder for CNC, aims to streamline the folding process, making it the easiest activity to be performed and enabling the developer of machine to develop another concurrent activity, since, using the ADF is not required its presence while the machine performs its function. The result obtained with the manufacturing of the prototype was satisfactory, because the feeder played effectively its function enabling the increase in productivity and allowing employees to carry out the setup of another bending tubes during machine operation in which it operates.

Keywords:

Feeder tubes– bending tubes - metal pipes.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Tubos para sistema hidráulico de máquinas agrícolas.....	14
Figura 2: Dobradeira de tubos manual.....	15
Figura 3: Conformadora de tubos elétrica.....	16
Figura 4: Matrizes para dobramento de tubos por compressão.....	17
Figura 5: Ferramentas para dobramento de tubos por tração.....	18
Figura 6: Dobramento de tubos por estiramento.....	18
Figura 7: Dobramento por calandragem de três rolos.....	19
Figura 8: Braço de medição 3D portátil.....	20
Figura 9: Cortina de luz ortogonal.....	22
Figura 10: Produção do setor de dobramento no primeiro semestre de 2015.....	24
Figura 11: Horas de produção da conformadora de tubos Crippa modelo CA 520.....	28
Figura 12: Tubo hidráulico sendo colocado na máquina para realizar a conformação.....	29
Figura 13: Produção do primeiro semestre de 2015 na dobradeira modelo CA 520.....	30
Figura 14: Colaborador em área de risco de acidente na operação.....	31
Figura 15: Função global do alimentador de tubos redondos.....	31
Figura 16: Concepção 04.....	35
Figura 17: Concepção 01.....	36
Figura 18: Alimentador de tubos redondos.....	37
Figura 19: Alimentador e máquina na posição proposta para a execução do processo.....	38
Figura 20: Ordem de produção considerando o uso do alimentador.....	39
Figura 21: Alimentador em uso.....	40
Figura 22: Aproveitamento da mão de obra no setor de dobramento.....	40
Figura 23: Procedimento operacional padrão do alimentador.....	41

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Especificações técnicas da máquina Crippa, modelo CA520.	25
Quadro 2: Requisitos dos clientes.....	27
Quadro 3: Matriz morfológica.....	32
Quadro 4: Combinações dos princípios de solução.	33
Quadro 5: Combinações dos princípios de solução.	34

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 JUSTIFICATIVA.....	12
1.2 OBJETIVOS GERAIS	12
1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	12
2 REVISÃO DA LITERATURA	13
2.1 TUBOS METÁLICOS	13
2.2 DOBRAMENTO DE TUBOS	14
2.2.1 DOBRAMENTO MANUAL.....	15
2.2.2 DOBRAMENTO COM MÁQUINAS AUTOMATIZADAS	15
2.3 PROCESSO DE DOBRAMENTO DE TUBOS	16
2.3.1 DOBRAMENTO POR COMPRESSÃO (<i>COMPRESSION BENDING</i>).....	17
2.3.2 DOBRAMENTO POR TRAÇÃO (<i>DRAW BENDING</i>).....	17
2.3.3 DOBRAMENTO POR ESTIRAMENTO (<i>RAM BENDING</i>)	18
2.3.4 DOBRAMENTO EM CALANDRA (<i>ROLL BENDING</i>).....	19
2.4 MEDIÇÃO TRIDIMENSIONAL.....	19
2.4.1 MEDIÇÃO TRIDIMENSIONAL DE TUBOS.....	20
2.5 SEGURANÇA NO PROCESSO DE DOBRAMENTO COM MÁQUINA	21
3 METODOLOGIA	23
3.1 MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADOS	23
3.2 PESQUISAR INFORMAÇÕES SOBRE O TEMA DO PROJETO	24
3.3 IDENTIFICAR AS NECESSIDADES DO CLIENTE DO PROJETO	26
3.4 ESTABELECEER OS REQUISITOS DOS CLIENTES	27
3.5 ANALISAR A VIABILIDADE.....	28
3.5.1 DISPONIBILIDADE DE MÃO DE OBRA	28
3.5.2 ATIVIDADE REPETITIVA NO PROCESSO	29
3.5.3 SEGURANÇA	30
3.6 ESTABELECEER A ESTRUTURA FUNCIONAL.....	31
3.7 PESQUISAR POR PRINCÍPIOS DE SOLUÇÃO	32
3.8 COMBINAÇÃO DOS PRINCÍPIOS DE SOLUÇÃO.....	33
3.9 EVOLUIR EM VARIANTES DE CONCEPÇÃO.....	34
3.9.1 MODELO PROPOSTO – CONCEPÇÃO 04	34
3.9.2 MODELO FINAL – CONCEPÇÃO 01.....	35
4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	37
4.1 APRESENTAÇÃO FINAL DO PRODUTO	37
4.2 DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO.....	38
4.3 PROCEDIMENTO OPERACIONAL.....	41
5 CONCLUSÕES	42
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	43
APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO COM COLABORADORES DO PROCESSO DE DOBRAMENTO	45

1 INTRODUÇÃO

No processo de conformação de peças, o aumento da capacidade produtiva vem evoluindo através da inovação tecnológica. O processo de conformação deixou de ser realizado de maneira manual para ser realizado utilizando máquinas capazes de curvar tubos com geometria complexa, atendendo às especificações de projeto e à exigência do cliente. A competitividade entre as empresas para garantir a qualidade do produto estimula as organizações a buscar por inovações para melhorar o processo produtivo e soluções para o aproveitamento da mão de obra existente, proporcionando a eficiência do tempo disponível. A necessidade de adequar ou adquirir máquinas que preservam a integridade do operador colabora para a criação de acessórios que, adaptados à máquina, evitam o contato, tornando o processo mais seguro e prevenindo acidentes de trabalho. A automação de processos produtivos é uma realidade para as empresas que necessitam se manter competitivas, garantindo a qualidade do produto e o prazo de entrega, que muitas vezes, se não cumprido, acaba ocasionando parada de linha nas montadoras.

A proposta inicial é o desenvolvimento de um alimentador de tubos redondos com o objetivo de aperfeiçoar o abastecimento de máquinas conformadoras de tubos, a fim de dispensar o uso exclusivo de um operador, possibilitando que o mesmo possa realizar outra tarefa no tempo em que o alimentador abastece a máquina e realiza a operação de dobramento.

O desenvolvimento estrutural do projeto contará com a parceria da Nelson do Brasil, empresa especializada na conformação de tubos destinados a sistemas hidráulicos e mecânicos, localizada em Santa Rosa, no estado do Rio Grande do Sul.

1.1 JUSTIFICATIVA

A exigência da fabricação de peças complexas e de grande precisão, aliada a necessidade de realizar o processo no menor tempo possível, faz com que as empresas adotem métodos que garantam o processo produtivo. Considerando que a maioria dos tubos metálicos destinados a máquinas agrícolas ou produtos do ramo automotivo produzidos pela Nelson do Brasil são conformados, busca-se então uma alternativa de elaborar um equipamento capaz de abastecer uma conformadora de tubos CNC, tornando o processo produtivo mais prático e fácil de operar. Quanto à segurança na operação, nem sempre é possível atender às exigências contidas em normas de segurança no trabalho em máquinas e equipamentos. Com isso há casos que não é possível instalar sensores ou acessórios de acionamento que evitam o contato direto do operador com a máquina. A proposta de desenvolvimento de um equipamento capaz de depositar a matéria-prima na máquina de forma automática, sem a necessidade de aproximação do operador, torna-se a opção ideal.

1.2 OBJETIVOS GERAIS

O objetivo geral do estudo em questão foi a análise e desenvolvimento de um alimentador de tubos redondos para conformadoras CNC, com a finalidade de aperfeiçoar a operação de dobramento, diminuindo o tempo de ciclo do produto no processo de conformação.

1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Identificar em literaturas o processo de conformação de tubos;
- b) Analisar a questão de segurança para o operador da máquina;
- c) Diminuir o esforço repetitivo no processo de alimentação do tubo até a máquina;
- d) Facilitar a operação de dobramento de tubos;
- e) Projetar o dispositivo alimentador de tubos;
- f) Construir e adaptar o dispositivo a máquina CNC.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Neste capítulo procura-se apresentar as fundamentações teóricas relacionadas com o presente estudo, a fim de facilitar o entendimento do objetivo deste trabalho.

A ideia de melhoria contínua está relacionada à capacidade de resolução de problemas por meio de pequenos passos, alta frequência e ciclos curtos de mudança, BESSANT et al., (1994). De maneira semelhante, BOER et al., (2000) descrevem melhoria contínua como um processo planejado, organizado e sistemático de realização de mudanças incrementais nas práticas existentes na organização com consequências no desempenho organizacional.

A aplicação de equipamentos ou acessórios que auxiliam a máquina operante a retirar seu máximo de desempenho torna-se característica fundamental para agilizar o processo de fabricação. A utilização de máquinas de Comando Numérico Computadorizado (CNC) vem desempenhando um papel fundamental neste processo de automação, pois torna mais flexível o modo de operação, possibilitando aproveitar melhor a mão de obra em outras atividades.

2.1 TUBOS METÁLICOS

Os tubos metálicos têm vasta utilização, podendo ser aplicados principalmente na construção civil, fabricação de móveis, peças do ramo automobilístico, conjuntos para o ramo agrícola. As peças produzidas a partir de tubos metálicos são conformadas utilizando dobradeiras e calandras manuais, de acionamento elétrico, pneumático ou programável. Dentre as curvaturas que podem apresentar as peças conformadas, podem-se utilizar ferramentas que irão curvar o material com somente um raio de dobra, ou com múltiplos raios de dobra, utilizando ferramentas conhecidas como raio variável. Como exemplo de peças do ramo agrícola, podem-se citar tubos do sistema hidráulico, conforme Figura 1.



Figura 1: Tubos para sistema hidráulico de máquinas agrícolas. Fonte: Envall, 2015.

A fabricação de tubos deve atender os requisitos das normas e especificações técnicas, além das especificações elaboradas pelos clientes. As características são determinadas conforme as principais normas Deustaches Institute for Normuns (DIN), Society of Automotive Engineers (SAE), American Society for Testing and Materials (ASTM), Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), American Iron and Steel Institute (AISI), American Petroleum Institute (API). Os formatos dos tubos que podem ser conformados variam de acordo com a aplicabilidade do produto. Os formatos mais utilizados são tubos de seção redonda, retangular, quadrada, triangular e oblonga.

2.2 DOBRAMENTO DE TUBOS

O processo de dobramento de tubos é operação que exige uma série de aspectos que devem ser analisados, para que se possa obter um tubo dobrado sem que ocorram aspectos indesejados entre as curvaturas.

De acordo com Nayyar (2000), o dobramento de tubos pode ser feito de diversas maneiras, com ou sem aplicação de calor, com uso de máquinas ou mesas manuais. A escolha do método ideal depende de fatores como raio de dobramento, diâmetro do tubo, espessura da parede, módulo de elasticidade do material, coeficiente de encruamento, possíveis transformações de fase do material, disponibilidade de maquinário e fatores econômicos.

Existem duas maneiras de obter um tubo dobrado: realizando o dobramento manual ou dobramento através de máquinas.

2.2.1 Dobramento manual

No dobramento manual, o esforço de flexão é exercido manualmente, com o uso de ferramentas e dispositivos que auxiliarão a definição das curvaturas do tubo. Esse método é aplicado para fabricar peças que não possuem complexidade e grande dimensão, já que o processo se torna limitado, pois quanto maior for o diâmetro e a espessura do material, mais difícil será de dobrar. As curvadoras de tubos manuais são basicamente compostas por duas ferramentas, conforme Figura 2, conhecidas como matriz e morsa, que são trocadas de acordo com o diâmetro do tubo a ser curvado.



Figura 2: Dobradeira de tubos manual. Fonte: Clube das ferramentas, 2015.

2.2.2 Dobramento com máquinas automatizadas

O dobramento com o auxílio de máquinas é utilizado quando necessita o dobramento de peças com geometria complexa. O dobramento por máquinas permite dobrar tubos de seções redondas e não redondas, com variadas bitolas, sendo de raio fixo ou variado. Tais características serão possíveis de aplicar devido à mudança do conjunto de ferramentas na máquina, que por sua vez são

semelhantes às ferramentas utilizadas em conformadora de tubos manuais. A única diferença é o incremento de acessórios que garantirão o perfeito curvamento do tubo, evitando principalmente a ovalização entre dobras. A grande vantagem de realizar o processo de dobramento utilizando máquinas é a produtividade e a garantia de tolerâncias dimensionais, podendo obter maior repetitividade e precisão constante, o que possibilita fabricar peças para diversas aplicações.

A maioria das máquinas possuem comandos elétricos e dispensam qualquer tipo de regulagem mecânica. Geralmente são integradas a um *software* de programação gráfica visual, que permite a simulação com análise de tempo de ciclo, sinalização e eventuais colisões da máquina e do tubo. Um modelo de conformadora de tubos pode ser visualizado na Figura 3.



Figura 3: Conformadora de tubos elétrica. Fonte: BLM GROUP, 2015.

2.3 PROCESSO DE DOBRAMENTO DE TUBOS

O processo de dobramento de tubos pode ser realizado de diversas maneiras, dependendo da função da curvatura e do tipo de material a serem dobrados. Os meios mais conhecidos são:

- Dobramento por compressão (*compression bending*);
- Dobramento por tração (*draw bending*);
- Dobramento por estiramento (*ram bending*);
- Dobramento em calandra (*roll bending*).

2.3.1 Dobramento por compressão (*compression bending*)

O dobramento por compressão é realizado por uma matriz fixa de raio estabelecido e de duas matrizes móveis, demonstrado na Figura 4. O tubo é fixado entre a matriz fixa e as matrizes móveis onde se aplica uma força que pressionará o tubo na ferramenta, que por sua vez estabelecerá o formato final da peça.

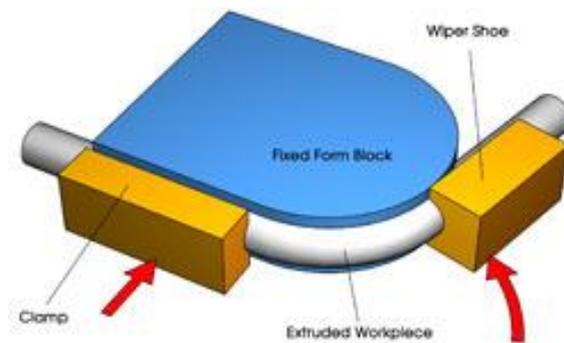


Figura 4: Matrizes para dobramento de tubos por compressão. Fonte: Copper Development Association Inc., 2015.

O dobramento por compressão é realizado por dobradeiras hidráulicas, máquinas projetadas para curvamento de tubos a frio. Suas matrizes são projetadas de acordo com a capacidade de curvamento.

O dobramento por compressão também pode ser realizado em máquinas de dobramento por rotação, que são máquinas capazes de realizar curvamentos precisos e com variados raios de dobra.

2.3.2 Dobramento por tração (*draw bending*)

No dobramento por tração, o tubo é tracionado por uma matriz que possui o raio de dobra que pretende aplicar a peça, a matriz realiza um movimento em torno do seu eixo; na outra extremidade, o tubo fica preso por uma matriz fixa. O formato da matriz permite a utilização de acessórios que auxiliarão na conformação do tubo, prevenindo marcas de ferramenta, ovalização ou achatamento entre dobras. O acessório mais utilizado é mandril. O conjunto de ferramentas para dobramento por tração está demonstrado na Figura 5.

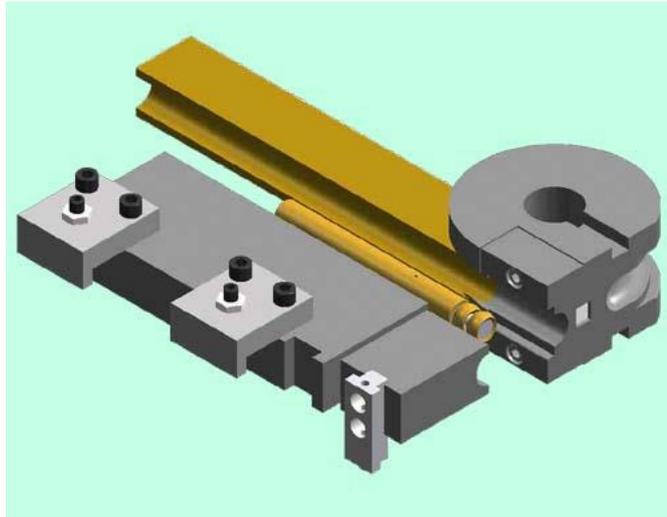


Figura 5: Ferramentas para dobramento de tubos por tração. Fonte: Pines Technology, 2015.

2.3.3 Dobramento por estiramento (*ram bending*)

O processo por estiramento (Figura 6) ocorre através do alongamento do material pela aplicação da força de tração, basicamente forma perfis convexos a partir de raios de dobra grande. As extremidades do tubo são presas e uma matriz fixa deforma o eixo central do tubo de dentro para fora, gerando o formato desejado. Esse tipo de processo é o mais simples e mais barato.

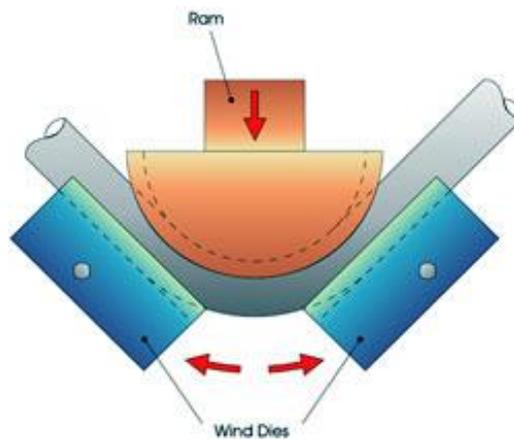


Figura 6: Dobramento de tubos por estiramento. Fonte: Globalspec, 2015.

2.3.4 Dobramento em calandra (*roll bending*)

O processo de calandragem geralmente é utilizado em peças com grandes raios de curvatura, normalmente formado por três ou quatro rolos giratórios que podem ser fixos ou móveis. O processo de calandragem de 3 rolos é demonstrado na Figura 7. O material a ser curvado é colocado entre os rolos onde o rolo principal é pressionado formando a curvatura desejada.

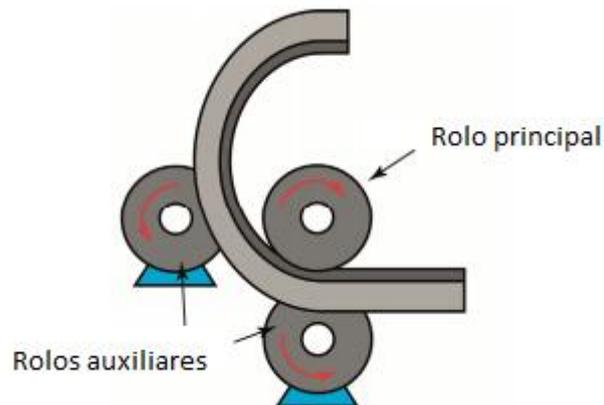


Figura 7: Dobramento por calandragem de três rolos. Fonte: Copper Development Association Inc., 2015.

2.4 MEDIÇÃO TRIDIMENSIONAL

O uso do equipamento de medição tridimensional em tubos metálicos é de grande importância na verificação da peça após o dobramento, pois é possível analisar a posição geométrica a fim de analisar se a peça está de acordo com as coordenadas definidas no projeto.

A precisão na fabricação e a complexidade de peças e produtos tornou necessária a utilização de um método de medição rápido e eficaz. A medição tridimensional através de máquinas de medir por coordenadas é o método mais utilizado em situações nas quais é necessário obter medições em diferentes pontos da peça, a fim de obter as mais diversas dimensões como diâmetros, ângulos, alturas, distâncias entre planos, posição entre outras.

Segundo Silva Neto (2012), as máquinas de medição por coordenadas têm a finalidade de determinar pontos da peça que precisam ser verificados para determinar seus parâmetros geométricos. Esses pontos são formados pela

movimentação de três eixos perpendiculares entre si conhecidos como X,Y,Z. São esses três planos que definem as características geométricas tridimensionais.

Rolim (2003) cita que uma máquina de medição por coordenadas é formada basicamente por equipamentos mecânicos como mesa de coordenadas, a estrutura de sustentação e acionamentos por equipamentos eletrônicos como controladores, servomotores e circuito de controle e equipamentos ópticos como escalas de medição. A interpretação dos dados, na maioria dos casos, é gerenciada por computador através de um *software* que interpreta os dados e realiza a comparação da peça física com o padrão. Essa interação entre a medição e o *software* reduz o tempo de medição diminui o risco de erros de cálculos e principalmente oportuniza mais exatidão na medição.

2.4.1 Medição tridimensional de tubos

Entre os equipamentos de medição para tubos, o braço de medição tridimensional ou braço de medição 3D portátil, como também é conhecido, é o mais utilizado, devido à velocidade na medição, sua precisão nos dados, exatidão nas coordenadas e o custo benefício. Outra vantagem importante é que sua estrutura é considerada pequena, se comparado a outros equipamentos de medição, o que permite ser instalado em um ambiente restrito desde que atenda às condições ideais como temperatura controlada, impurezas, vibração e fixação da peça, para que não ocorram erros e incertezas de medição. Na Figura 8 é possível visualizar um modelo de braço de medição 3D portátil.



Figura 8: Braço de medição 3D portátil. Fonte: catálogo ROMER: braços de medição portáteis, 2015.

O braço de medição 3D, basicamente é formado por uma base de fixação, um braço articulado e de um apalpador que é o principal componente.

Segundo Soares (2010), o apalpador é o sistema de medição encarregado de tomar os pontos coordenados sobre a superfície da peça que está sendo medida, onde os erros de medição dependem do principio construtivo do conjunto cabeçote e sensor, das condições de limpeza do ambiente, uso do equipamento e qualidade superficial da peça.

Para BEREZA; MANEIRA; PIOVESANA, (2007), os apalpadores são dispositivos pelos quais as máquinas de medição por coordenadas coletam os dados dimensionais do ambiente podendo principalmente ser utilizado para detectar erros de posicionamento e erros de dimensão da peça. Os modelos mais usados são do tipo passivo, trigger, analógico e sem contato.

2.5 SEGURANÇA NO PROCESSO DE DOBRAMENTO COM MÁQUINA

O risco de acidentes de trabalho, ao realizar o processo de conformação de tubos com máquina deve ser considerado, já que esta realiza movimentos em três eixos para efetuar o curvamento. Para contribuir com a redução do índice de acidentes e proporcionar segurança ao operador, deve-se instalar sistemas de segurança com a finalidade de bloquear a máquina ou impedir o acesso à área de risco. O sistema mais utilizado é a cortina de luz infravermelha.

A cortina de luz é um dispositivo de detecção de presença, formado por um conjunto de feixes de luz infravermelha, que consiste de um transmissor, um receptor e um sistema de controle. Sua função é interromper o funcionamento da máquina quando algum objeto ou pessoa ocupar a área do feixe de luz. A Figura 9 demonstra um dos tipos de cortina de luz.

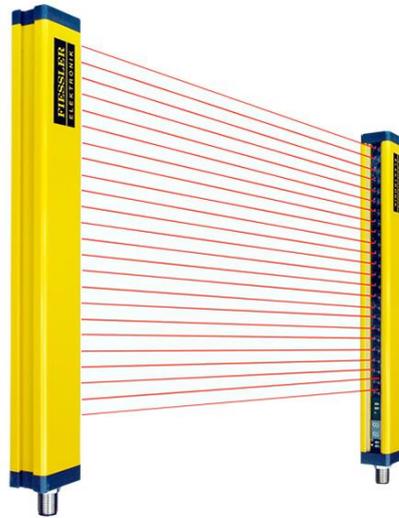


Figura 9: Cortina de luz ortogonal. Fonte: Manual de operação Fiessler, 2015.

Com a proposta de garantir a integridade do operador, existem normas que definem as ações necessárias para diminuir ou eliminar o risco de acidentes. A norma regulamentadora NR-12 é responsável por estabelecer princípios fundamentais e medidas de proteção para garantir a saúde e a integridade física dos trabalhadores. Além disso, estabelece requisitos mínimos para a prevenção de acidentes e doenças do trabalho nas fases de projeto e de utilização de máquinas e equipamentos. O anexo VIII da norma tem o objetivo de detalhar os requisitos de segurança em prensas e similares, onde as dobradeiras se enquadram neste anexo, porém não há informações específicas sobre as conformadoras de tubos, sendo assim a aplicação do alimentador como equipamento de trabalho em conjunto com a máquina ganha importância, já que permite que a operação se torne mais segura sem a presença do operador na área de trabalho da máquina.

3 METODOLOGIA

O objetivo deste capítulo é descrever os procedimentos metodológicos utilizados para o desenvolvimento do trabalho, com base na fundamentação teórica adquirida no capítulo anterior.

3.1 MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADOS

A partir do conhecimento adquirido através deste estudo, iniciaram-se as etapas e ações necessárias para a criação de um equipamento capaz de aperfeiçoar o abastecimento da matéria prima em conformadoras de tubo CNC permitindo um processo mais eficiente e seguro.

Adotou-se a metodologia PDP – Projeto de Desenvolvimento de Produto para a realização deste estudo devido esta conter conceitos e práticas de desenvolvimento de produtos.

Primeiramente foi necessário conhecer a linha de produtos fabricados a partir de tubos, a fim de entender as particularidades e características destes produtos. A partir do conhecimento técnico dos produtos, fez-se necessário conhecer as máquinas conformadoras de tubos, com a finalidade de verificar sua funcionalidade e limitações e assim determinar a melhor solução para o processo. Com a máquina conhecida, realizou-se uma reunião com o cliente, com objetivo de identificar e definir as especificações de projeto. Esta etapa tem grande importância, pois é o momento que se estabelecem os critérios que devem ser considerados no projeto.

Com as especificações do projeto definidas, verificaram-se as vantagens de trabalhar com o alimentador de tubos, comprovando assim sua importância no processo de dobramento.

Na etapa final demonstrou-se a função principal do produto apresentando princípios de solução, com o objetivo de estabelecer o melhor projeto e que condiz com as expectativas do cliente.

3.2 PESQUISAR INFORMAÇÕES SOBRE O TEMA DO PROJETO

A pesquisa por informações técnicas deve apoiar-se na bibliografia disponível (artigos, livros, catálogos de máquinas) e em análises de sistemas técnicos semelhantes (REIS & FORCELLINI, 2006).

Primeiramente foi necessário conhecer o produto fornecido pelo cliente a fim conhecer suas características e aplicações nas máquinas agrícolas e assim focar na real necessidade deste cliente. A indústria metalúrgica Nelson do Brasil é fornecedora de tubos destinados a sistemas hidráulicos e mecânicos, sendo especialista no ramo de conformação de tubos.

Dentro das opções de produtos, optou pelos tubos hidráulicos que é a principal linha de produtos da empresa, pois representa o maior volume de produção e faturamento. Na Figura 10 é possível perceber que a demanda de produção da linha hidráulica é superior a linha mecânica.

 Produção por segmento de produto em 2015													
Produto	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maió	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Total
Linha hidráulica	53.430	35.471	54.012	41.909	52.161	41.698	41.698	34.015	33.615	36.766	26.017	16.941	467.733
Linha Mecânica	11.700	8.946	13.420	6.273	15.043	13.318	13.318	11.167	8.934	12.742	10.424	7.856	133.141

Figura 10: Produção do setor de dobramento no primeiro semestre de 2015.

A partir do conhecimento do produto do cliente foi necessário conhecer as máquinas que realizavam o curvamento de tubos hidráulicos e sua funcionalidade com a finalidade de verificar se o alimentador atenderia as características de todas as máquinas ou se seria viável desenvolvê-lo para trabalhar em conjunto com uma máquina em específico. A empresa possui sete conformadoras de tubos CNC sendo que três máquinas são destinadas para tubos mecânicos e quatro máquinas para tubos hidráulicos.

Obtiveram-se informações de uma conformadora de tubos com a finalidade de entender suas características de operação, entre as marcas e modelos disponíveis optou-se pela marca Crippa, modelo CA 520, pois trata-se da máquina com maior compatibilidade de ferramentas, maior demanda de produção e por

proporcionar o curvamento de diâmetro de tubos variados. As especificações da máquina selecionada podem ser visualizadas no Quadro 01.

 MÁQUINA CONFORMADORA DE TUBOS - modelo CA 520	
CONTROLE NUMÉRICO COMPUTADORIZADO Controle numérico computadorizado Siemens 810 D (digital)	
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
Diâmetro máximo do tubo	22 mm
Diâmetro mínimo do tubo	-
Raio máximo de curvatura	100 mm
Raio mínimo de curvatura	-
Velocidade máxima de desocamento do eixo X	35 m/min
Velocidade máxima de desocamento do eixo Y	102 m/ min
Velocidade máxima de desocamento do eixo Z	35 m/min
Comprimento máximo com alma	2480 mm
Comprimento mínimo com alma	100 mm
Precisão de deslocamento do eixo X e Y	$\pm 0,01^\circ$
Peso da máquina	2400 Kg
Voltagem	380 V
Frequência	60 Hz
Ano de fabricação	2007
Produção	Itália

Quadro 1: Especificações técnicas da máquina Crippa, modelo CA520.

Com o conhecimento parcial do funcionamento da máquina e de suas especificações foi possível definir e identificar as necessidades e as características do projeto. Nesta análise foi possível concluir que o desenvolvimento de qualquer dispositivo ou acessório para máquinas conformadoras de tubos deve ser analisado a partir do modelo de máquina adquirido pelo cliente, pois nem todos os modelos de máquinas são compatíveis com as condições de layout do cliente, geometria do tubo a ser curvado, comprimento da barra e a capacidade de dobramento da máquina.

3.3 IDENTIFICAR AS NECESSIDADES DO CLIENTE DO PROJETO

Realizou-se uma reunião juntamente com a engenharia de manufatura da Nelson do Brasil, com o propósito de verificar as necessidades do desenvolvimento de uma solução que contribuísse para a segurança do colaborador e que auxiliasse no atendimento da demanda de produção do setor de dobramento.

A partir desta consulta ao cliente, foram levantadas as seguintes necessidades:

Capacidade de trabalhar com bitolas de tubos diferentes: os reguladores do carregador deverão ser compatíveis com tubos de diâmetro 6 mm até 19,05 mm, pois são as bitolas disponíveis a partir do ferramental projetado para a máquina e pela demanda de produção atual.

Capacidade de trabalhar com tubos de comprimento variado: a bandeja deverá possuir reguladores móveis que permitam o ajuste do comprimento das barras, possibilitando trabalhar com barras que variam entre 300 mm a 3000 mm.

Capacidade de agrupamento considerável de tubos no carregador: o carregador deverá possuir uma base que permita o agrupamento considerável de barras para evitar o deslocamento excessivo do colaborador entre o setor de corte ao setor de dobramento, reduzindo o tempo de setup para o abastecimento das barras ao alimentador. A intenção foi realizar um abastecimento por lote de produção já que a quantidade dos lotes de produção em média são em torno de 100 peças.

Possibilitar a mudança de local em caso de alteração de layout: o alimentador deverá possuir um sistema que permita o deslocamento para outro local em caso de alteração de layout ou utilização em outra máquina.

Fácil de operar: o alimentador deverá ser de fácil operação, possibilitando que auxiliares de produção e operadores de máquina consigam opera-lo.

Diminuir o esforço repetitivo do colaborador: o alimentador deverá entregar a barra diretamente a máquina, eliminando a tarefa atual do operador, que é depositar a barra na pinça da máquina, atividade que atualmente é realizada ao término do curvamento da peça.

Evitar o contato direto do colaborador com 2a máquina: o operador da máquina necessita entrar na área de operação da máquina devido ao tamanho das peças dobradas, correndo assim o risco de um acidente de trabalho, já que a peça

pode bater no operador. O alimentador deverá permitir que o curvamento da peça seja realizada sem oferecer esse risco de acidente de trabalho.

Baixo custo de manutenção: o alimentador deverá ter peças e componentes de reposição padrões de mercado, permitindo que possa realizar a manutenção preventiva e corretiva sempre que necessário, não gerando custos elevados de manutenção e nem alto tempo de espera na entrega dos componentes.

Baixo custo de produção: o alimentador deverá ser composto por peças e componentes que possibilitem a montagem do equipamento na própria empresa, permitindo assim tornar o projeto economicamente viável.

Com o proposito de analisar a opinião dos operadores das conformadoras de tubo CNC quanto ao que se espera do uso de um equipamento que tem a finalidade de trabalhar em conjunto com a máquina, realizou-se um questionário com perguntas relacionadas ao processo produtivo em que atuam que pode ser visualizado no apêndice A.

3.4 ESTABELECECER OS REQUISITOS DOS CLIENTES

Com o objetivo facilitar o entendimento dos critérios que deverão ser considerados para desenvolver o produto, relacionou-se as necessidades do cliente em requisitos do cliente, apresentados no Quadro 02, permitindo que cada exigência estivesse enquadrada de acordo com a sua característica.

Fases do produto	Requisitos dos clientes
PROJETO	Fácil manuseio
	Elaborar um projeto de fácil entendimento
	Possuir componentes padrão de mercado
	Layout simples
PRODUÇÃO	Fácil fabricação
	Apresentar baixo custo de fabricação
	Utilização de materias disponíveis na empresa
USO	Apresentar confiabilidade ao operar
	Apresentar durabilidade
	Proporcionar ergonomia correta
	Praticidade
OPERAÇÃO	Fácil operação
	Proporcionar trabalhar de forma segura
MANUTENÇÃO	Fácil manutenção
	Baixo custo

Quadro 2: Requisitos dos clientes.

3.5 ANALISAR A VIABILIDADE

A fim de verificar as vantagens de utilizar um sistema para realizar o abastecimento da matéria-prima, realizou-se uma análise dos itens programados e produzidos na conformadora de tubos que fará o uso do alimentador. Os principais benefícios estão divididos nos tópicos abaixo.

3.5.1 Disponibilidade de mão de obra

Analisando a produção de peças do primeiro semestre de 2015, constatou-se que foram necessárias aproximadamente 470 horas para produzir a demanda programada no processo de dobramento na máquina analisada para a utilização do alimentador, a Figura 11 apresenta o número de horas necessárias para a produção.

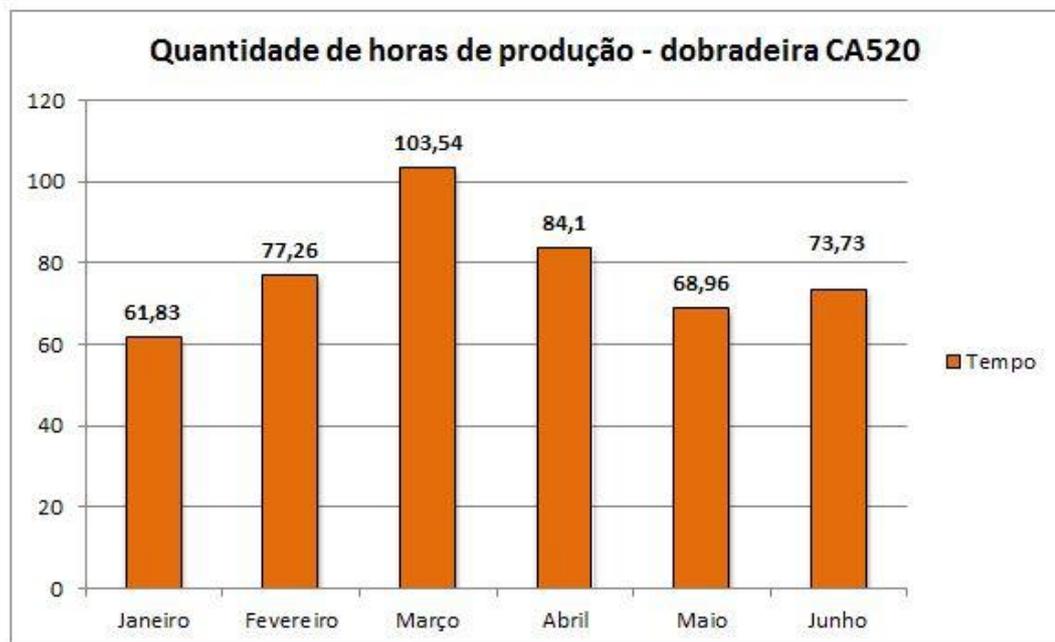


Figura 11: Horas de produção da conformadora de tubos Crippa modelo CA 520.

A partir da utilização do alimentador o número de horas necessárias para produzir a mesma demanda de produção será menor, pois o operador da máquina terá executado mais atividades, que no modo atual de trabalho não é possível.

No método atual de trabalho, operador coloca o tubo na máquina, aguarda a execução de dobramento e armazena a peça curvada, necessitando a disponibilidade permanente do operador da máquina.

Utilizando um alimentador para o abastecimento da máquina, o operador poderá realizar outra atividade, já que o alimentador dispensa o uso exclusivo de uma pessoa para colocar o tubo na máquina e aguardar a conclusão do curvamento, pois é possível programar a máquina para depositar a peça curvada em uma caixa metálica, após o término do processo de dobramento.

3.5.2 Atividade repetitiva no processo

Atualmente o processo de dobramento é realizado por um operador que seleciona um tubo por vez do cavalete e realiza o posicionamento do tubo na pinça, sendo que esta tem a função de segurar o tubo enquanto é realizado o curvamento de acordo com o número de dobras especificado no desenho. Essa atividade é realizada de forma manual, tornando-se exaustivo para o operador que necessita repetir o mesmo movimento ao longo da jornada de trabalho de acordo com a demanda diária de produção programada para cada máquina no processo produtivo. A Figura 12 apresenta o abastecimento da matéria-prima até a conformadora de tubos.



Figura 12: Tubo hidráulico sendo colocado na máquina para realizar a conformação.

Com base no levantamento dos itens produzidos no primeiro semestre de 2015, verificou-se que a repetitividade da atividade realizada pelo operador da máquina foi 63629 vezes conforme Figura 13.

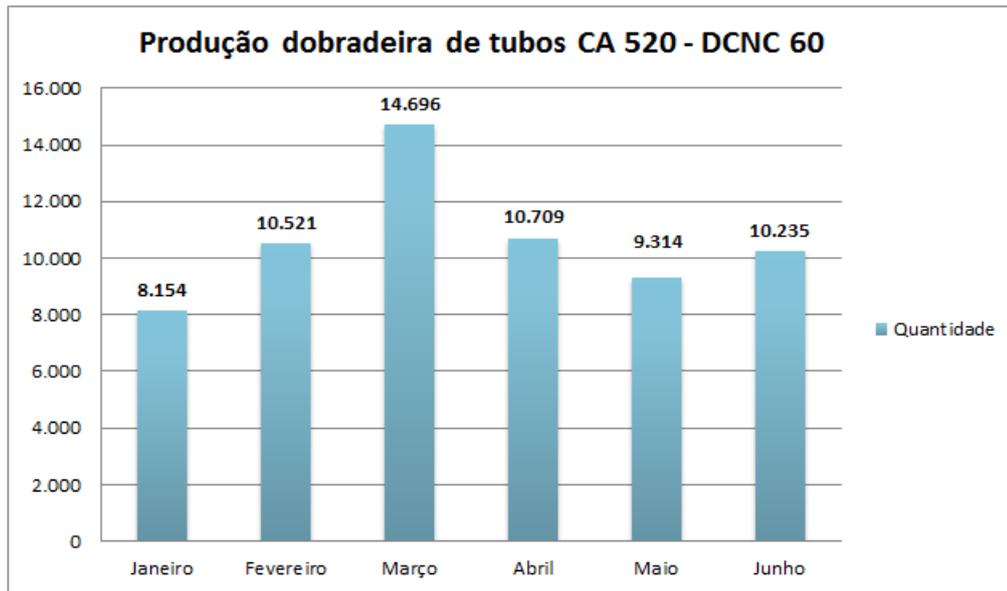


Figura 13: Produção do primeiro semestre de 2015 na dobradeira modelo CA 520.

Com a utilização do sistema de abastecimento essa tarefa é descartada, pois o alimentador tem a função de transferir a peça até a pinça da máquina.

3.5.3 Segurança

A máquina não possui nenhum dispositivo de segurança impeça ou perceba a aproximação do operador a área ocupada pela peça em que está em movimento podendo ser visualizado na Figura 14.



Figura 14: Colaborador em área de risco de acidente na operação.

O alimentador terá a função de eliminar esse risco, pois ficará instalado ao lado da máquina e o operador não precisará se aproximar da área ocupada pela peça em movimento.

3.6 ESTABELEECER A ESTRUTURA FUNCIONAL

A função global do equipamento conforme ilustrado na Figura 14, é abastecer a máquina de maneira prática e segura para o operador da máquina, possibilitando o abastecimento de barras com diâmetro e comprimento variado.



Figura 15: Função global do alimentador de tubos redondos.

Consideram-se como entrada as informações do processo descritas na ordem de fabricação da peça, onde é selecionado o tubo e realizado o acionamento do

equipamento para a realização de função global, que trata-se da atividade principal que é o abastecimento da máquina através do uso do alimentador, como saída considera-se o tubo curvado e pronto para ser destinado ao próximo processo de fabricação.

3.7 PESQUISAR POR PRINCÍPIOS DE SOLUÇÃO

Realizou-se o levantamento das possíveis soluções para o funcionamento do alimentador, a partir de informações adquiridas em catálogos, pesquisa de *benchmarking* e em reunião realizada com pessoas da área de engenharia, manutenção e operadores de máquina da Nelson do Brasil. Através dos dados adquiridos, criou-se a matriz morfológica demonstrada no Quadro 3 a fim de estruturar e sistematizar os princípios de solução encontrados.

Funções	solução 01	solução 02	solução 03	solução 04
Acionamento manual				
Acionamento automático				
Movimentação de seus dispositivos				
Abastecer a máquina				
Estocar matéria prima				
Sicronizar abastecimento				

Quadro 3: Matriz morfológica.

3.8 COMBINAÇÃO DOS PRINCÍPIOS DE SOLUÇÃO

Analisando os princípios de solução demonstrados na matriz morfológica, observa-se a possibilidade de realizar várias combinações que condizem com as expectativas do cliente.

Funções	solução 01	solução 02	solução 03	solução 04
Acionamento manual				
Acionamento automático				
Movimentação de seus dispositivos				
Abastecer a máquina				
Estocar matéria prima				
Sincronizar abastecimento				

Quadro 4: Combinações dos princípios de solução.

O Quadro 05 demonstra a definição da melhor alternativa entre as concepções comparando cada combinação de acordo com os requisitos do cliente.

Requisitos de fabricação	Concepção 01	Concepção 02	Concepção 03	Concepção 04
Fácil manuseio	9	8	9	9
Projeto simples	10	7	7	8
Componentes padrão	9	7	9	9
Layout simples	9	7	9	9
Custo de fabricação	9	7	9	8
Materiais e processos internos	9	6	8	8
Confiabilidade na operação	9	9	8	9
Vida útil	8	8	8	8
Praticidade	10	6	10	10
Fácil operação	9	6	9	9
Segurança	8	8	8	8
Manutenção	9	8	8	9
SOMA	108	87	102	104
Critérios para pontuação				
0-5 = regular 5-7 = bom 7-10 = ótimo				

Quadro 5: Combinações dos princípios de solução.

Optou-se por esse método por proporcionar uma comparação clara e direta entre cada concepção, relacionando-as com os requisitos do cliente e seus respectivos pesos. O Quadro 5 apresenta a soma da pontuação atribuída para cada quesito, considerando como critério, pontuação de 0 a 10 pontos, sendo que a soma dos pontos demonstra que a concepção 01 é a melhor.

3.9 EVOLUIR EM VARIANTES DE CONCEPÇÃO

Devido à proximidade das pontuações das concepções 01 e 04, estas são apresentadas a seguir.

3.9.1 Modelo proposto – concepção 04

A estrutura do alimentador é formada por tubos quadrados, possui motores de acionamento com a função de realizar o deslocamento dos carros da máquina e rotacionar a matéria-prima para que fique na posição de trabalho. Quanto ao funcionamento do equipamento, o operador liga a fonte de energia, que, por sua vez, liga o painel de controle, a máquina e os motores. Manualmente o operador regula o carregador de acordo com o comprimento da barra e os grampos de acordo

com o diâmetro do tubo. Em seguida, o operador abastece o alimentador da máquina manualmente com a quantidade de tubos informada na ordem de produção, depois o operador informa no painel o intervalo de tempo em que o alimentador reiniciará o próximo ciclo.

A vantagem deste equipamento em relação ao modelo de concepção de maior pontuação é a possibilidade de emissão de um sinal sonoro ou a instalação de um sistema visual ao término das barras na bandeja, informando ao operador da necessidade de repor a matéria-prima, o que permitirá ao máximo o aproveitamento do tempo no processo de dobra.

A desvantagem deste equipamento é a necessidade do desenvolvimento de um *software* compatível com as configurações da conformadora de tubos, que torne possível a interação entre a máquina e o alimentador, possibilitando que o operador da máquina inicie o ciclo uma vez e o alimentador continue de forma automática o abastecimento do próximo tubo. Outro critério é o custo com painel de controle, motores de acionamento e comandos elétricos, já que o modelo vencedor dispensa a necessidade destes componentes. O modelo proposto pela concepção 04 pode ser visualizado na Figura 16.

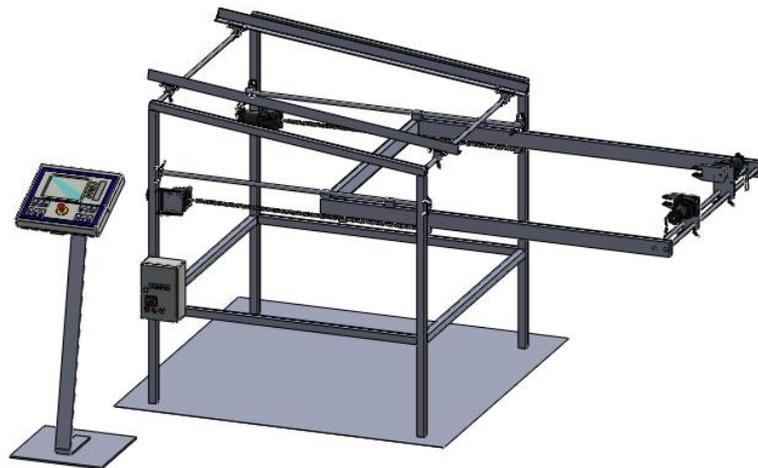


Figura 16: Concepção 04.

3.9.2 Modelo final – concepção 01

A estrutura é formada por tubos quadrados disponíveis na empresa, os reguladores da bandeja são ajustados de acordo com as características dos tubos. Quanto ao funcionamento do equipamento, o operador da máquina realiza o

abastecimento dos tubos de forma manual e de acordo com a quantidade do lote informada na ordem de produção. Em seguida é necessário montar a ferramenta de dobra de acordo com o diâmetro do tubo que pretende dobrar e a garra de nylon que tem a finalidade de agarrar o tubo entregue pelo alimentador. A próxima etapa é a programação da conformadora de tubos, onde o operador seleciona o código da peça na lista de itens cadastrados na máquina os parâmetros de configuração da peça estabelecidos como o comprimento final do item depois de dobrado considerando o alongamento do material, o número de dobras e o tempo de ciclo do item. Nesta etapa o operador da máquina deverá configurar o avanço da garra da conformadora de tubos para realizar o deslocamento até o alimentador. Por isso é importante manter o alimentador fixo na mesma posição para não precisar configurar da a distancia de cada peça diferente que pretende curvar. Com o alimentador e a máquina configurados, basta iniciar o processo apertando o botão de inicio de ciclo no painel de comando da máquina, dispensando o comando no pedal ou no comando bimanual. Entre as vantagens do uso deste modelo de alimentador inclui-se a possibilidade de colocar dois tipos de tubos com características de dobra diferentes, pois o alimentador possui duas bandejas com reguladores independentes. Depois de realizadas as configurações da máquina e do alimentador, o operador da máquina não necessita permanecer em torno da máquina, pois o alimentador irá abastecer a máquina de acordo com a necessidade. O modelo proposto pela concepção 01 pode ser visualizado na Figura 17.



Figura 17: Concepção 01.

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Este capítulo tem como finalidade apresentar os resultados obtidos através da aplicação dos procedimentos metodológicos utilizados para o desenvolvimento do trabalho.

4.1 APRESENTAÇÃO FINAL DO PRODUTO

O projeto do alimentador de tubos foi elaborado no *software* de CAD 3D SolidWorks. A Figura 18 apresenta o desenho final do produto.

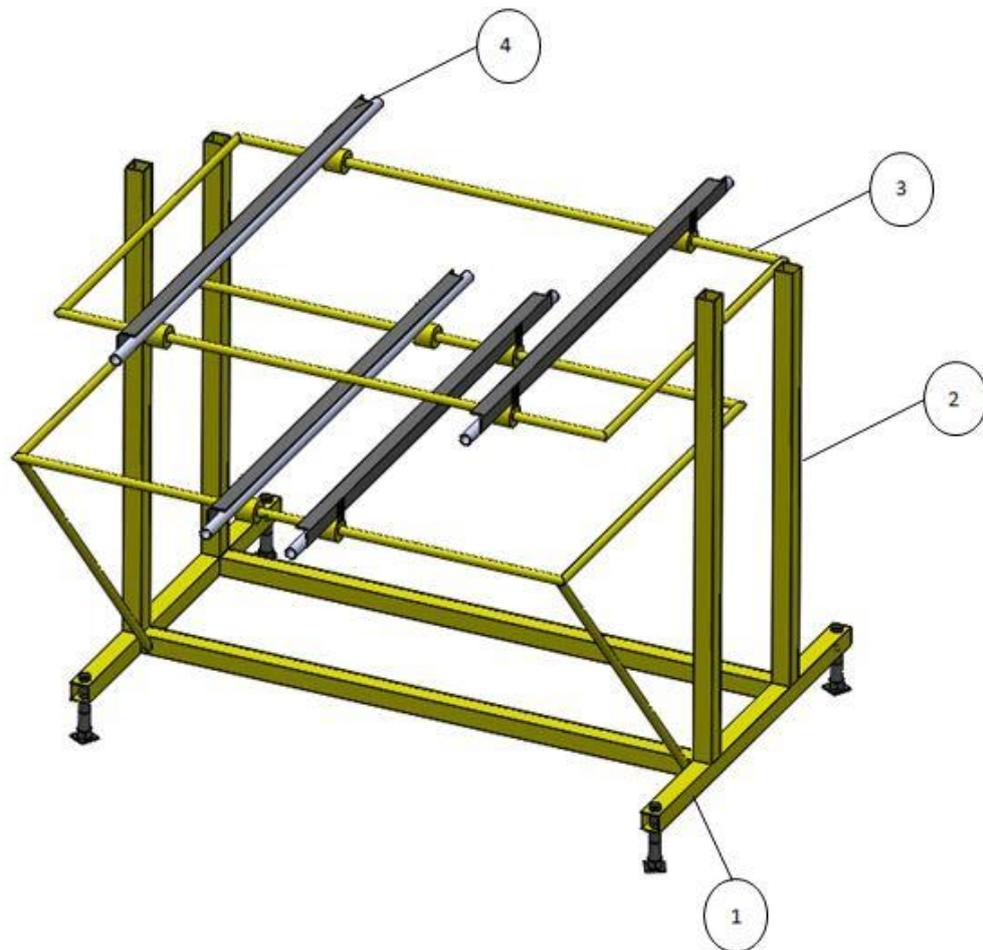


Figura 18: Alimentador de tubos redondos.

Definem-se como principais componentes do projeto os seguintes itens:

1. Base de sustentação: composto por dois tubos quadrados de dimensões 50 mm x 50 mm x 4,75 ASTM 500 grau B, com comprimento de 1000 mm.

2. Sustentação das bandejas: composto por quatro tubos quadrados de dimensões 50 mm x 50 mm x 4,75 ASTM 500 grau B com comprimento 1170 mm e 1300 mm, sua estrutura contará com uma inclinação para que o tubo deslize conforme a sua saída.
3. Bandejas: suporte responsável em armazenar os tubos é composto por quatro tubos redondos de diâmetro 22 mm x 2,5 mm fabricados em aço DIN 2391 trefilado sem costura.
4. Guias de regulação: componente responsável em se ajustar de acordo com o comprimento da barra que pretende abastecer a máquina. Fabricado em aço SAE 1020.

4.2 DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO

A fabricação do alimentador foi realizada pela equipe da ferramentaria e manutenção da Nelson do Brasil, com materiais disponíveis na empresa. Desta forma, o produto atingiu os objetivos de projeto e produção dos requisitos do cliente que é um projeto de fácil entendimento e com baixo custo de fabricação do produto através da utilização de componentes e materiais disponíveis na empresa. A Figura 19 apresenta o alimentador instalado ao lado da conformadora de tubos proposta para o uso.



Figura 19: Alimentador e máquina na posição proposta para a execução do processo.

A introdução do alimentador no setor não gerou grandes modificações no layout, mantendo o mesmo fluxo de trabalho dentro do processo.

Com a finalidade de verificar se o desenvolvimento do alimentador foi satisfatório e se os resultados foram alcançados, realizou-se a análise completa de um item qualquer, que estava previsto para a fabricação. Informações do produto selecionado, podem ser visualizadas na Figura 20.

NELSON DO BRASIL IND.METALURGICA LTD A SANTA ROSA RS				ORDEM PRODUÇÃO					
Número O.P. 243467		Lote 15311	Emissão 17/08/2015	Entrega 22/10/2015	Quantidade 70				
Produto: AL164598 TUBO LINHA DE OLEO KANBAN #				Des.: AL164598					
Conj.: AL164598 TUBO LINHA DE OLEO KANBAN #				End.: 36		Rev.: A			
REQUISIÇÃO DE MATERIAIS									
REFERÊNCIA	COMPONENTES	UN	CONS.UNIT.	CONS.TOTAL	NF	LOTE			
1000140	TB10 00X1 20 SC ST35 DIN 2391 NBK	KG	0,24	17,017					
AAF 10	ANEL DE FLANGEAR 10	PC	2,00	140,000					
PAF 08	PORCA TB 08 ROSCA 11 16 16 UN	PC	2,00	140,000					
VD20X15	VEDACAO P DIAM 17 REF 21	PC	2,00	140,000					
SEQUÊNCIA DE OPERAÇÕES/CONTROLE									
SEQ	OPERAÇÃO	PROCESSO	MAQ.	FERR.	INSTR.	DATA	FUNC	ST	REF.: 13
10	CORTAR TB10X1,2 COM 847±2MM INSPECAO: 1/15 E ESCAREAR EXTERNO E INTERNO NAS DUAS PONTAS E PASSAR AR INSPECAO: IT 7.5/20	CORTAR P1	SERC		TRENA	13/10/2015		A	
								R	0024346700000610
30	DOBRAR COM RM23 E INSPECIONAR 1ª PEÇA NO TRSIDIMENCIONAL E INSPECAO: 1/10 NO DISPOSITIVO 25073 (OBS: FAZER APENAS NA DCNC50)	DOBRAR	DCNC50/60	25073	DISPOSITIVO	14/10/2015		A	
								R	0024346700001530
40	ZINCAR TRIVALENTE CONFORME IT 7.5/130	ZINCAGEM			MEDIDOR DE ESPESSURA DE CAMADA	16/10/2015		A	
								R	0024346700019740
50	FAZER FLANGE EM UMA PONTA COM UMA AAF10, COLOCAR DUAS PAF08 E FAZER NA OUTRA PONTA COM UMA AAF10. INSPECAO: 1/1	FLAN. PARKER	FLHT		VISUAL	19/10/2015		A	
								R	0024346700001050
60	LIMPEZA INTERNA E MONTAGEM DE BATOQUES (VEDAÇÃO) INSPECAO: IT 7.5/ 10	LIMPAR P1	LAVT		LABORATORIO	20/10/2015		A	
								R	0024346700000860
70	IDENTIFICAR, EMBALAR E ARMAZENAR INSPECAO: 1/1	EXPEDIR			VISUAL	22/10/2015		A	
								R	0024346700003670

Figura 20: Ordem de produção considerando o uso do alimentador. Fonte: Sistema Tecnicon Nelson Brasil, 2015.

Os tubos são facilmente colocados na bandeja, onde neste caso foi possível abastecer o alimentador com as 70 peças propostas na ordem de produção. Com o uso do alimentador é necessário refazer a programação do item, ou seja, é preciso inserir na máquina os parâmetros de deslocamento até a posição em que o alimentador se encontra para assim a garra prender o tubo. Outra modificação realizada é a determinação do acionamento automático e contínuo da máquina, pois o alimentador irá realizar o abastecimento do tubo e a máquina iniciará o ciclo automático realizando as curvaturas necessárias no tubo conforme especificação do

desenho após o sensor da pinça ser acionado pelo contato de uma das extremidades do tubo. A Figura 21 demonstra o alimentador abastecendo a máquina.



Figura 21: Alimentador em uso.

O aproveitamento da mão de obra disponível ocorreu neste caso, pois o colaborador que operava a máquina realizou o setup da máquina ao lado, ou seja, a montagem e regulagem da ferramenta necessária para a produção do item desejado. A Figura 22 apresenta essa atividade sendo realizada.



Aproveitamento
da mão de obra

Figura 22: Aproveitamento da mão de obra no setor de dobramento.

Outras atividades podem ser desempenhadas pelo operador enquanto sua máquina está em funcionamento como abastecimento do mercado do setor, seleção das prioridades de produção conforme relatório, pré-montagem das ferramentas de dobramento e inspeção da peça através da medição tridimensional.

4.3 PROCEDIMENTO OPERACIONAL

Com o objetivo de facilitar o entendimento do funcionamento do alimentador em conjunto com a máquina e descrever a melhor maneira de desempenhar a atividade permitindo ser realizada por qualquer operador de máquina, elaborou-se um procedimento operacional padrão, que pode ser visualizado na Figura 23.

POP - Procedimento Operacional Padrão		Rev.: 00 Pagina: 1/1 Data: 27/08/15		INSTRUÇÃO DA OPERAÇÃO			
Processo: dobra de tubos hidráulicos		Máquina: alimentador					
Imagem do setor							
							
Imagem da máquina e o alimentador							
							
							
							
							
				Use Sempre EPI's			
				EPI's de uso obrigatório no setor			
Protetor de ouvido		Bota de segurança		Luva		Óculos	
							
Faça a regulagem dos guias de regulagens de acordo com o comprimento da barra em que deseja dobrar		Monte a garra na máquina. Utilizar chave de boca 10		Inserir os tubos na bandeja do alimentador		Selecione o programa do item no painel de comando da dobradeira	
				Inicie o ciclo apertando o botão start da dobradeira. A máquina iniciará o processo de dobra com o abastecimento do alimentador			
ELABORADO		APROVADO		REVISÃO		NUMERO DO DOCUMENTO	
Vinícios Lampert		Vinícios Lampert		0		1	

Figura 23: Procedimento operacional padrão do alimentador.

5 CONCLUSÕES

O presente estudo visou o desenvolvimento de um alimentador de tubos para conformadoras CNC, a partir da necessidade de tornar o processo de conformação de tubos mais ágil, seguro e fácil de operar.

A compreensão do processo de desenvolvimento do produto ficou definida a partir das necessidades impostas pelo cliente que estão descritas na metodologia que por sua vez identificou os elementos mais importantes a serem realizados para alcançar os objetivos propostos.

Em relação aos objetivos do trabalho conclui-se que os resultados foram satisfatórios, pois o projeto possibilitou o aumento da produtividade através da realização de tarefas no processo de dobramento com um único operador. O alimentador tornou o processo mais seguro já que o colaborador não tem contato com a máquina enquanto o curvamento do tubo é realizado, o uso do alimentador proporcionou a realização da atividade de forma menos cansativa, diminuindo o esforço repetitivo já que antes o operador necessitava abastecer a máquina diversas vezes ao longo do turno de trabalho.

Dessa forma, conclui-se que o trabalho atendeu os objetivos propostos e mostrou-se viável através da fabricação do protótipo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BEREZA; MANEIRA; PIOVESANA. **Máquina de medição tridimensional didática: MMTD** - tipo pórtico. 2007. Dissertação (Graduação em Engenharia Mecânica) - Centro Universitário Positivo, Curitiba, 2007.

BESSANT, J.; CAFFYN, S.de; GILBERT, J.de; HARDING R. de; WEBB S. de. **Rediscovering continuous improvement. Technovation.** v. 14, n. 1, p. 17-29, 1994.

BLM GROUP, 2015. Disponível em:< <http://www.blmgroup.com/pt/produtos/dobra/tubos/elect.aspx>> . Acesso em: 12 de setembro de 2015.

BOER, H. et al. Changes from suggestion box to organisational learning: continuous improvement in Europe and Australia. Aldershot: Ashgate, 2000.

CLUBE DAS FERRAMENTAS, 2015. Disponível em:< <http://www.clubedaferramentas.com.br/produto/76182/11/481/dobradora-de-tubos-manual-para-tubos-de-38-ate-114-pol-metalpem-dtp>>. Acesso em: 07 de setembro de 2015.

COPPER DEVELOPMENT ASSOCIATION INC, 2015. Disponível em:< http://www.copper.org/applications/marine/cuni/applications/seawater_system_design/seawater_system_components.html>. Acesso em: 20 de setembro de 2015.

ENVALL, 2015. Disponível em:< <http://www.envall.com.br/linhaHidraulica.html>>. Acesso em: 04 de setembro de 2015.

FIALHO, Arivelto. **Automação Pneumática**. 7. ed. São Paulo: Editora Érica Ltda, 2012.

FISSLER, 2015. Disponível em: < http://www.choicetech.com.br/produtos-seguranca-industrial/view/productdetails/virtuemart_product_id/82/virtuemart_category_id/75>. Acesso em: 03 de outubro de 2015.

GLOBALSPEC, 2015. Disponível em: < http://www.globalspec.com/learnmore/manufacturing_process_equipment/machine_tools/tube_bending_fabrication_equipment>>. Acesso em: 21 de setembro de 2015.

NAYYAR, M. L. **Piping Handbook**. 7. ed. New York: McGraw-Hill Professional, v. I, 2000.

NELSON DO BRASIL, 2015. Disponível em:< <http://192.168.10.203:8080/Tecnicon/Portal>>. Acesso em: 02 de outubro de 2015.

NORMA RREGULAMENTADORA 12 - **NR 12 – Segurança no trabalho em máquinas e equipamentos**. Disponível em: <http://portal.mte.gov.br/index.php/seguranca-e-saude-no-trabalho/2015-09-14-19-18-40/2015-09-14-19-23-50/2015-09-29-20-46-50>> Acesso em: 26 de setembro de 2015.

PINES TECHNOLOGY, 2015. Disponível em: < http://www.pinestech.com/tpb_tooling.htm> . Acesso em: 21 de setembro de 2015.

REIS, A.V.; FORCELLINI, F.A. **Obtenção De Especificações Para O Projeto De Um Mecanismo Dosador De Precisão Para Sementes Miúdas**, Revista Engenharia Rural, v.17, n.1, p. 47-57, julho 2006.

ROLIM, T. L. **Sistemática Indicadora de Método para Calibração de Máquina de Medição por Coordenadas**. 2003. Tese de Doutorado (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2003.

ROMER SIGMA, 2015. Disponível em: < http://www.hexagonmetrology.com.br/ROMER-SIGMA_863.htm#.VjFu3berTIU> Acesso em: 25 de setembro de 2015.

ROSARIO, João. **Princípios de mecatrônica**. São Paulo: PEARSON Prentice Hall, 2005.

SILVA, Neto. **Metrologia e controle dimensional**. Rio de Janeiro: Editora Elsevier Ltda, 2012.

SOARES, L.J. **Sistemática para garantia da qualidade na medição de peças com geometria complexa e superfície com forma livre utilizando máquina de medir por coordenadas**. 2010. Tese de Doutorado (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2010.

APÊNDICE A – Questionário com colaboradores do processo de dobramento

Pesquisa de opinião	
Perguntas	Resultados
1- Você acredita que a automação é um fator que interfere no aumento da produtividade?	Sim: 100 %
	Não: 0 %
2 - Qual a vantagem dobrar tubos em conformadoras CNC em relação a dobradeira manual?	Produtividade: 30 %
	Qualidade: 40 %
	Precisão: 30%
3- Ao operar uma máquina, quais os fatores que você considera importante	Fácil operação: 40 %
	Segurança: 40 %
	Ergonomia: 20 %
4- Quais os critérios importantes que devem ser considerados ao comprar uma máquina	Produtividade: 30 %
	Custo benefício: 30 %
	Confiável: 20 %
	Dentro das normas exigidas: 10 %
5- Você considera importante o uso de um alimentador para o abastecimento da máquina?	Baixo custo de manutenção: 10 %
	Sim: 70 %
	Não: 20 %
6- Se você fosse projetar um sistema para alimentar a máquina o que levaria em consideração	Não soube responder: 10 %
	Facilidade de operação: 50 %
	Custo de fabricação: 40 %
7 - Com o conhecimento adquirido, você considera qual nível de dificuldade em trabalhar com o alimentador	Facilidade de fabricação: 10 %
	Fácil /sem problema: 80 %
	Difícil/ complicado: 10 %
Entrevistados Auxiliares de produção: 1 Operadores de máquina: 7 Coordenador técnico: 1 Supervisor: 1	