

## PROJETO CONCEITUAL DE UM DISPOSITIVO PARA MECANIZAÇÃO DAS OPERAÇÕES DE SOLDAGEM DE CILINDROS HIDRÁULICOS

Lucas Cilião Guilherme, lucas\_ciliao-10@hotmail.com<sup>1</sup>

Bruno Vendruscolo Costa, bruno.vendruscolo@acad.ufsm.br<sup>2</sup>

Mateus Camargo Brum, mateus\_brum@motorajr.com<sup>1</sup>

Cristiano José Scheuer, cristiano.scheuer@ufsm.br<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Motora Jr Soluções em Engenharia Mecânica. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil.

<sup>2</sup> Grupo de Tecnologia e Mecânica dos Materiais. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil.

**Resumo.** A soldagem é o método mais empregado na união de partes de componentes que integram sistemas de engenharia. Atualmente, a qualidade do produto, eficiência do processo e a ergonomia do trabalho são fatores importantes em um sistema produtivo. Assim, para aumentar a qualidade do produto e a produtividade de sistemas de fabricação que envolvam operações de soldagem, e para melhorar as condições de trabalho dos operadores, faz-se necessário o desenvolvimento de dispositivos mecanizados e/ou automatizados para execução das operações de soldagem. Um exemplo desta necessidade é a operação de soldagem de cilindros hidráulicos. Essa operação é usualmente realizada de forma manual, de modo que o soldador se movimenta ao longo e ao entorno do cilindro (soldagem circunferencial) para realizá-la. Este procedimento, além de demandar um tempo de execução prolongado, gera desconforto ao soldador em virtude deste realizar a soldagem fora de posição, como também, resulta em cordões não uniformes sem qualquer padrão de qualidade e reprodutibilidade. Neste sentido, este trabalho tem como objetivo desenvolver um dispositivo para mecanizar o referido procedimento de soldagem. Para sistematizar e simplificar o desenvolvimento do equipamento adotou-se um procedimento metodológico, o qual norteou o sequenciamento das atividades de projeto. Como resultado, obteve-se um equipamento que contempla os requisitos de uso apontados pelos seus potenciais usuários.

**Palavras chave:** Soldagem mecanizada. Cilindros hidráulicos. Melhoria de processo. Projeto de produto.

### 1. INTRODUÇÃO

Sistemas de mecanização e/ou automação fixa são frequentemente aplicados a equipamentos de soldagem, que realizam movimentos dedicados em uma configuração de junta de solda específica [1]. Tais dispositivos podem ser concebidos e adaptados para uma gama de diferentes posições e procedimentos de soldagem.

O intuito principal destes equipamentos é aumentar a eficiência do processo de soldagem, pela redução do seu tempo de execução, melhoria da qualidade e padronização dimensional dos cordões, e atenuação do desgaste físico do soldador em função do desconforto causado pela posição de soldagem [2].

Nesse cenário, identificou-se a oportunidade para desenvolver um produto que atenda a demanda de pequenas empresas que se dediquem a fabricação de cilindros hidráulicos. Devido à limitação de recursos e, conseqüente, baixo domínio tecnológico; tais empresas ainda empregam procedimentos manuais para deposição dos cordões de solda nos referidos produtos. Estas operações envolvem soldas longitudinais na posição horizontal, e soldas transversais circunferenciais. Dessa forma, neste trabalho é desenvolvido um dispositivo para realizar a mecanização desta operação, envolvendo a

soldagem longitudinal e transversal dos cilindros hidráulicos.

### 2. ABORDAGEM METODOLÓGICA

Para o desenvolvimento desse projeto utilizou-se como metodologia um modelo de referência baseado no método proposto por Pahl & Beitz [3]. Em poucas palavras, o MR-PDMA (Modelo de Referência para o Processo de Desenvolvimento de Máquinas Agrícolas) [4], corresponde a uma sintetização das ações envolvidas no projeto do produto, com a orientação da execução das tarefas em diversas fases, as quais são orientadas de forma cronológica. Esse sequenciamento de tarefas conduz à elaboração progressiva do produto, desde a ideia inicial até a definição completa das suas especificações, culminando com a fabricação e lançamento do produto no mercado. No MR-PDMA o processo de projeto é dividido em três macrofases, correspondentes, em ordem cronológica à: planejamento, projeção e implementação (Figura 1). As três macrofases, por sua vez, são decompostas em oito fases, sendo que ao final de cada fase há uma avaliação do resultado obtido, autorizando a passagem para a etapa seguinte. Assim, a macrofase de planejamento é composta por apenas uma fase, o planejamento do projeto, cuja

principal saída é o plano do projeto. A projeção é formada por quatro fases: projeto informacional, projeto conceitual, projeto preliminar e projeto detalhado. Para estas fases as saídas esperadas são respectivamente: especificações de projeto, concepção do equipamento, viabilidade econômica e a solicitação de investimentos. A implementação compõe-se em três fases: preparação da produção, lançamento e validação. Na preparação da produção a principal saída é a liberação do produto para a produção. A fase de lançamento objetiva a liberação do lote inicial do produto. A fase de validação tem como saída a validação do produto e, consequente, encerramento do projeto.

Apesar do MR-PDMA constituir uma metodologia de projeto criada especificamente para o segmento de máquinas agrícolas, a mesma foi transcrita posteriormente por Back *et al.* [5] com a denominação PRODIP (Modelo de Processo de Desenvolvimento Integrado de Produto), na qual os referidos autores validam a sua adoção para o projeto de produtos genéricos.

Para o desenvolvimento do projeto do dispositivo para mecanização da soldagem dos cilindros hidráulicos, faz-se necessário somente a aplicação da macrofase de projeção do MR-PDMA. Isso porque as saídas referentes às macrofases de planejamento e implementação não são necessárias, pois o produto que não será comercializado.



Figura 1. Representação esquemática MR-PDMA.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Projeto informacional

Nesta fase inicial do projeto, procedeu-se uma avaliação das necessidades dos usuários do equipamento (empresários cujas empresas fabricam os cilindros hidráulicos, e soldadores destas empresas, que executam a operação). A avaliação foi efetuada por meio de questionários on-line, utilizando os recursos do Google Forms. Essa análise teve por intuito identificar os diversos fatores que exercem efeito sobre o correto funcionamento do dispositivo. Estes requisitos estabelecidos pelos usuários do equipamento (clientes) tiveram a sua importância quantificada empregando o diagrama de Mudge. Posteriormente, os requisitos dos clientes foram traduzidos em uma linguagem de engenharia através da definição dos requisitos de utilização para o produto em desenvolvimento. Estes requisitos de produto foram quantificados e classificados em ordem de importância utilizando a matriz QFD (*quality function deployment*). Como resultado da etapa de projeto informacional obteve-se uma lista de especificações de projeto, a qual funcionará como referência inicial para o estabelecimento de concepções para o produto.

#### 3.2 Projeto conceitual

O projeto conceitual do equipamento teve início com a definição da sua estrutura funcional, através da técnica de síntese funcional, a qual corresponde ao desdobramento

hierárquico da função técnica total do sistema em sub-funções. Esta técnica subentende a estratégia de se resolver um problema complexo dividindo-o em problemas menores, cujas soluções individuais são posteriormente integradas para compor uma solução total. Com a definição das soluções individuais para cada sub-função construiu-se a matriz morfológica, permitindo seleção e combinação dos princípios de soluções gerados. A partir da combinação destes princípios de solução para cada função parcial, obteve-se um conceito de produto que melhor atende aos requisitos de uso estabelecidos pelos seus usuários, aos critérios de custos e de facilidade de construção e montagem. Este conceito está ilustrado na Figura 2.

#### 3.3 Projeto preliminar

Na fase de Projeto Preliminar foi elaborada a arquitetura do equipamento, fazendo sua árvore genealógica. Nessa etapa, também, foram determinados os principais parâmetros dimensionais do sistema, através do detalhamento dos conjuntos, subconjuntos e peças que compõem o equipamento concebido. Também realizou-se nesta etapa os dimensionamentos necessários para se otimizar o desempenho do equipamento, e partir do resultado destes, especificou-se os materiais adequados para a fabricação de seus componentes. Com a evolução dos trabalhos ao longo dessa fase, diversas informações sintetizadas já foram utilizadas para buscar pela utilização de componentes comerciais e/ou existentes nas empresas, eliminando a necessidade de sua fabricação. Essa ação deu-se com o objetivo de reduzir os custos e tempo de execução

da fabricação do mesmo. Também, nessa fase foi elaborada a lista de peça, com a descrição codificação dos elementos que compõem o equipamento desenvolvido (conjuntos, subconjunto e componentes), assim como a quantidade de cada uma delas e a sua respectiva designação.

### 3.4 Projeto detalhado

A quarta, e última, fase do MR-PDMA, projeto detalhando, compreendeu inicialmente a realização da análise de potenciais modos de falha e seus efeitos

(FMEA), da concepção de equipamento gerada. Também, realizou-se o plano de compra e fabricação de itens que compõem o produto concebido, com a descrição definitiva sobre as disposições dos elementos: formas, medidas, tolerâncias, acabamentos superficiais e materiais pertinentes à fabricação dos componentes do equipamento. Foram elaborados os documentos finais do projeto, na forma de desenhos técnicos e instruções que possibilitem a execução da sua fabricação e montagem. Foram determinadas também nessa etapa, as especificações técnicas acerca da utilização do equipamento.

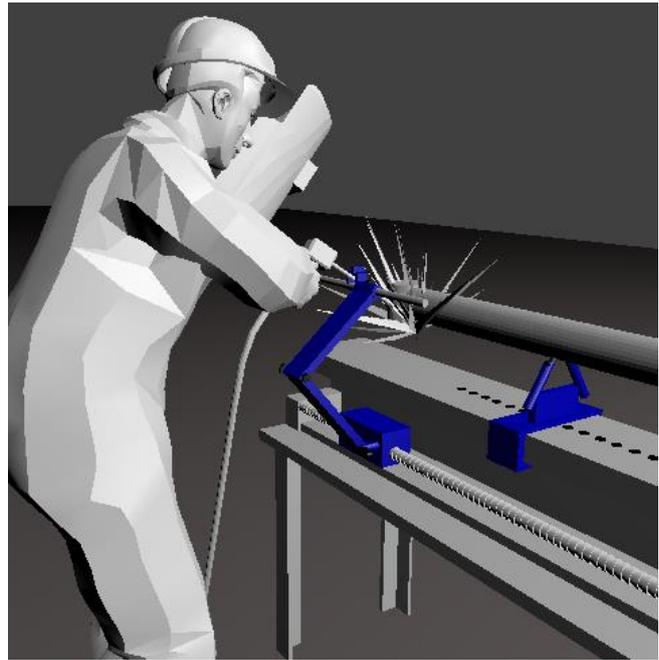
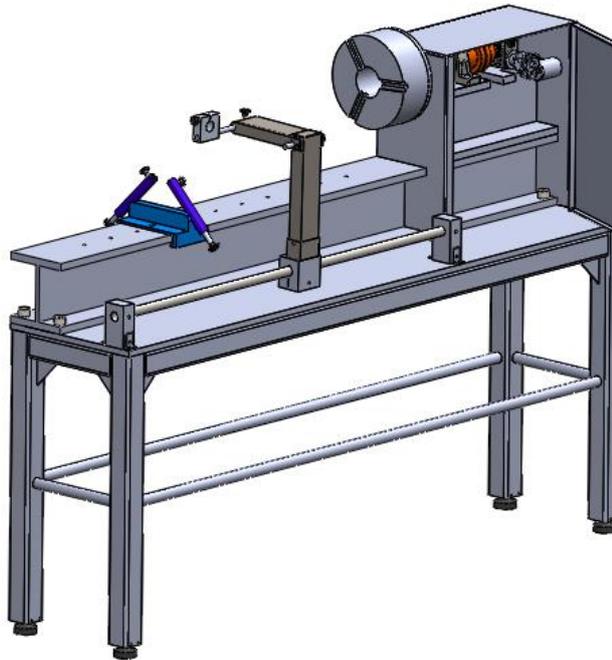


Figura 2. Mocape digital do conceito de equipamento concebido.

## 4. CONCLUSÕES

O equipamento concebido é constituído pelo conjunto da estrutura de contenção, a qual suporta todos os demais conjuntos e componentes que integram o equipamento. Esta estrutura é produzida inteiramente em aço SAE 1045. Além da estrutura o equipamento é constituído também pelo conjunto de acionamento, o qual é constituído por: um motor elétrico de corrente contínua com torque nominal de 7,5 N.m a 28 rpm; um motoredutor com redução de 1:80, gerando uma velocidade de saída de, aproximadamente, 0,5 rpm; um controlador PWM e fonte de alimentação. O conjunto de transmissão de movimento é composto pelo eixo, mancais de rolamento, acoplamento, mandril de fixação do cilindro e roletes de apoio do cilindro. O conjunto de suporte da tocha é composto pelo elemento de fixação da tocha e o mecanismo de posicionamento.

O conceito de equipamento concebido atende de forma integral os requisitos apontados pelos seus potenciais usuários. Com a utilização do equipamento será possível reduzir consideravelmente o tempo de soldagem dos cilindros, proporcionando a obtenção de uma maior qualidade e reprodutividade dos cordões depositados.

Também, o seu emprego garantirá melhores condições ergonômicas de trabalho ao soldador, permitindo que este possa efetuar outras atividades em paralelo à operação de soldagem.

## 5. REFERÊNCIAS

- [1] SHINDE, S.N. *et. al.* Design of Welding Fixtures and Positioners. International Journal of Engineering Research and General Science. Vol. 2, pp. 681-689, 2014.
- [2] WISNER, A. Por dentro do trabalho ergonomia: método e técnica. São Paulo: FTD/ Oboré, 1987.
- [3] PAHL, G; BEITZ, W. Engineering Design: a systematic approach. Londres: The Design Council, 1988.
- [4] ROMANO, L. N. Modelo de referência para o processo de desenvolvimento de máquinas agrícolas. 2003. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.
- [5] BACK, N. et al. Projeto Integrado de Produto: planejamento, concepção e modelagem, 1ª ed. Barueri, Editora Manole, 2008.