

MECANIZAÇÃO DO PROCESSO DE SOLDAGEM LINEAR

Francisco de Queiroz Mantovani, francisco@mantovani.agr.br¹

Gerson Alavance, galavance@facthus.edu.br¹

Raphael Silva Lins, raphael.lins@uftm.edu.br^{1e2}

Gervásio Pegoraro, gervasio.pegoraro@uftm.edu.br²

Luciano Antônio Fernandes, luciano.fernandes@uftm.edu.br²

Vitor Tomaz Guimarães Naves, vitor.naves@uftm.edu.br²

¹Faculdade de Talentos Humanos - FACTHUS, Rua Manoel Gonçalves de Rezende, 230 - Bairro Vila São Cristóvão - Uberaba/MG.

²Univercidade Federal do Triângulo Mineiro - UFTM, Rua Edmundo Borges de Araújo, 539 – Bairro São Benedito – Uberaba/MG

Resumo: Este artigo apresenta uma melhoria no processo de soldagem linear de uma indústria de implementos agrícolas. Em busca de maior competitividade, foi estudado um projeto em que aumentasse a capacidade interna de produção a fim de se obter uma redução de tempo no processo de soldagem em um lead-time pré-definido visando aumentar a produtividade de implementos agrícolas fabricados, sem aquisição de novas máquinas, reaproveitando os recursos disponíveis. A viabilização desta melhoria foi consolidada com a adaptação de uma máquina pantográfica de oxicorte fora de uso. Para executar uma soldagem linear de baixo grau de automatização basta que se tenha controle direcional dos sentidos agregando-o controle de velocidade de locomoção. Como o pantógrafo oxicorte é munido destes requisitos, adaptou-se uma tocha de solda, do processo MIG-MAG, onde se encontrava o maçarico de corte, sendo desenvolvido um dispositivo para apoio e travamento das peças. Com isto foi possível aumentar o lote econômico de produtos no lead-time determinado. A capacidade de soldagem disponível aumentou o rendimento e a eficiência, sem aumentar o quadro de trabalhadores ou turnos de trabalho. Além da redução de custo, testes de resistência mecânica foram realizados com o objetivo de constatar uma garantia do processo.

Palavras Chaves: Lead-time, Implemento Agrícola, Automação, Processo MIG-MAG

1. INTRODUÇÃO

De acordo com dados da Embrapa (2016/2017) o Brasil é o segundo maior produtor mundial de soja, atrás apenas dos Estados Unidos da América (EUA), sendo que possui extensa área agricultável, alta tecnologia de produção tropical, que propicia até duas safras anuais, tem mercado interno e externo desenvolvidos. Com vista a atender esse mercado interno uma ampla rede de indústria de máquinas e implementos agrícolas no país tem buscado aumentar a sua presença no mercado. Nesse contexto, a indústria nacional de implementos agrícolas, além de atender e sobressair às expectativas funcionais de seus clientes, oferecem produtos com preços competitivos.

O produto em que será objeto de estudo nesse artigo trata-se do Guincho Hidráulico Agrícola, capacidade 2000 kg, exemplificado na “Figura 1” acoplado em tratores agrícolas acima de 75cv.



Figura 1. Guincho hidráulico 2.000 kg. Fonte: Arquivos da empresa, 2017.

É um implemento agrícola versátil, podendo ser utilizado de inúmeras tarefas em uma propriedade rural desde o plantio a colheita, tanto para suspensão ou descarga de inúmeros insumos e produtos, como sementes e fertilizantes e a própria produção. Este implemento é empregado para o carregamento e descarregamento, onde utiliza-se contentores flexíveis de volumes variados sendo os mais comuns de 500 kg a 1000 kg denominados *big bag*. É formado por um chassi principal, apoiado em duas rodas oscilantes, com uma lança com movimento vertical e lateral, acionado por cilindros hidráulicos acoplados no trator. Antes da mecanização do processo a produção era feita em lotes de 12 unidades, com *lead-time* de quinze dias. Cada lote demanda 1.015m de solda, executados por cinco soldadores, em turno único. Conforme o gráfico da “Figura 2”, este processo de soldagem corresponde a 45% (quarenta e quatro por cento) do *lead-time* total, compostas de várias etapas em que a produção inicia e finaliza, associando ao custo da logística da empresa, definindo como um processo de grande importância para a organização, PAOLESCHI (2009). Toda a soldagem era realizada de forma manual e em gabaritos e dispositivos.

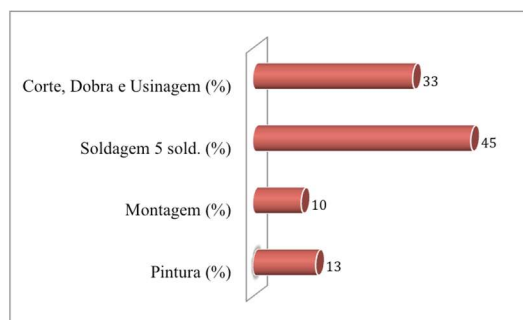


Figura 2. Lead time de produção da empresa. Fonte: Arquivos empresa, 2017.

E assim o termo redução de custo é termo recorrente e importante no planejamento estratégico deste setor. No presente artigo, será apresentada a melhoria no processo de soldagem linear com um custo de implantação inferior a 4% (quatro por cento) do valor da aquisição de um processo a arco submerso, ideal ao processo. A comprovação dos resultados se dá por meio de ensaios de resistência mecânica dos itens produzidos via mecanização do processo de soldagem. O que confere um avanço na padronização do processo de fabricação e melhoria de processo em vários aspectos: garantia do produto, melhor uso dos recursos energéticos, de mão de obra, qualidade do produto final.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O processo de fabricação do produto envolve etapas como usinagem, cortes, dobras, soldagem, pintura e montagem. Foi feito um estudo em termos de *lead-time* para cada uma destas etapas. Foi observado que o processo de produção em que mais incorpora o *lead-time* é a soldagem, que é o foco deste trabalho. Especificamente a etapa de perfis com soldagem linear na posição de topo. A seguir será discutido a análise das etapas de soldagem.

Foram coletadas as informações relacionadas ao comprimento de solda por subconjunto em relação ao comprimento total de solda. O conjunto do chassi e lança são os de maiores expressões em soldagem obtendo 56% (cinquenta e seis por cento) da totalidade processada, representados no gráfico da “Figura 3”. Verificou-se então, que grandes parcelas destas soldas nestes dois conjuntos citados se tratavam de soldagens lineares.

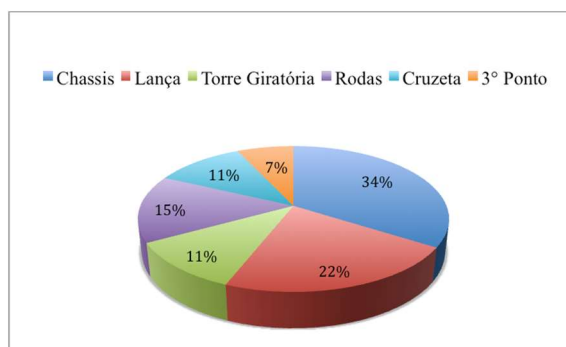


Figura 3. Representação da quantidade de solda por conjunto. Fonte: Arquivos da empresa, 2017.

De acordo com a “Figura 3” de todos os conjuntos, o chassi totaliza o maior percentual de soldagem, que mostram que este tipo de processo abrange cerca de 34% (trinta e quatro por cento) em todo implemento. Isto mostra que dos 1.015m de solda 345m são referentes a partes onde se é exigido linearidade na soldagem.

No processo de soldagem é realizada a junção das partes através da solda tipo MIG (Metal Inert Gás). O abastecimento é feito através de arames maciços de 1,2 mm de diâmetro em carretéis de 18 kg, com uso de fonte retificadora de 450 A.

A reconfiguração para soldagem automatizada linear teve como base um oxicorte pantógrafo, modelo White Martins MCPE – 1500. Foram realizados testes preliminares para se padronizar o cordão de soldagem na condição otimizada. A “Tabela 1” apresenta estes valores em termos da velocidade de deslocamento do bocal de solda, velocidade de deposição do arame e amperagem.

Tabela 1. Parâmetros de Soldagem Mecanizada e Automatizada.

Velocidade de deslocamento	381 mm/min
Velocidade do arame	6000 mm/min
Intensidade de Corrente (GPa)}	375 A

Aplicando-se a norma ASME (2010) foram produzidos os corpos de prova para realização dos ensaios destrutivos de dobramento e tração e estabelecer uma comparação entre o processo manual e o processo automatizado implementado. As chapas após os processos de soldagem apresentavam dimensões de 6,5mm x 100mm x 150mm foram confeccionados 3 corpos de prova para cada de procedimento de soldagem, sendo submetidos a corte de jato a água para padronizar os corpos de prova com dimensões de 6,5mm x 16mm x 150mm. Conforme ilustrado na “Figura 4”.

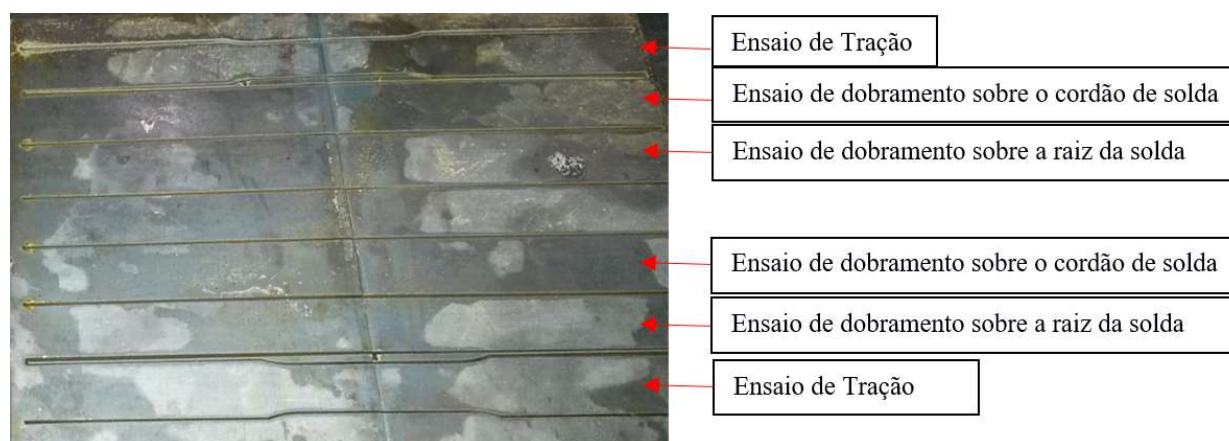
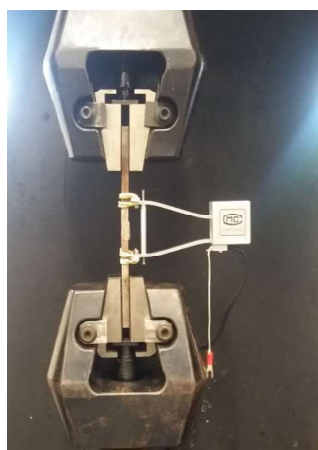
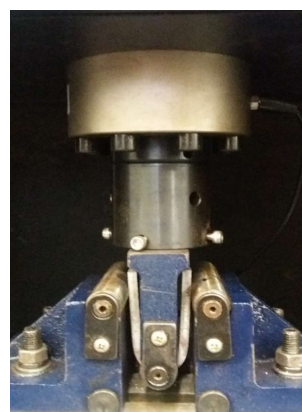


Figura 4. Representação de corpos de prova feitos por Procedimento de Soldagem. Fonte: UFTM, 2018.

Os ensaios de tração e dobramentos foram realizados em uma máquina de testes universal, fabricada pela TIME GROUP INC, modelo WDW-100E, classe 1, número de série 415, com capacidade máxima de 100 KN. O software utilizado para processamento dos dados coletados pelos sensores foi *Win Wdw Eletronic Universal Testing Machine Measurind Control Software*. Foram confeccionados 12 corpos de provas para os ensaios de tração conforme “Figura 5 (a)”, sendo 6 para processo de soldagem manual e 6 para o processo mecanizado e automatizado, aplicando-se uma velocidade de 0,5 mm/min e um extensômetro de 50 mm.



(a)



(b)

Figura 5. Ensaio destrutivos: (a) Ensaio de Tração e (b) Ensaio de dobramento. Fonte: UFTM, 2018.

Os ensaios de dobramento foram realizados em 12 corpos de prova uma força de compressão aplicada sobre o cordão de solda, também denominado de dobramento de face. E outros 12 corpos de prova receberam a força de compressão sobre a raiz da solda. Sendo aplicada uma velocidade de 5mm/min e uma distância entre os apoios de 70mm.

Nos corpos de provas que foram aplicados a compressão sobre a raiz de soldagem não houve propagação de trincas e o material dobrou 180° como podemos observar na “Figura 5 (b)”.

Devido ao processo produtivo da empresa determinou-se que a solda seria realizada na posição plana e o tipo junta aplicada de topo sem espaçamento entre as chapas. Foi detectado que tanto no processo manual quanto no processo automatizado não houve a formação da raiz de solda, sendo comprovado no ensaio não destrutivo de líquido penetrante com inspeção visual conforme “Figura 6”, obtendo-se resultados diferentes no ensaio de dobramento na face e na raiz. Foram inspecionados por este método 24 corpos de prova.



Figura 6. Ensaio não destrutivo por líquido penetrante. Fonte: UFTM, 2018.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Analisando os dados obtidos no ensaio destrutivo de tração determinou-se que o módulo de elasticidade apresentado no processo mecanizado foi superior ao manual. Houve um aumento de 8%, de 118GPa e 128GPa, como pode ser observado na “Figura 7”. Segundo GARCIA (2012) o módulo de elasticidade do aço ABNT 1020, de corpos de prova inteiros, é de aproximadamente 210 GPa. Demonstrando que os corpos de prova, mesmo sem uma solda de raiz, apresentaram um módulo de elasticidade considerável de cerca de 61% para soldagem mecanizada e 56% para soldagem manual.

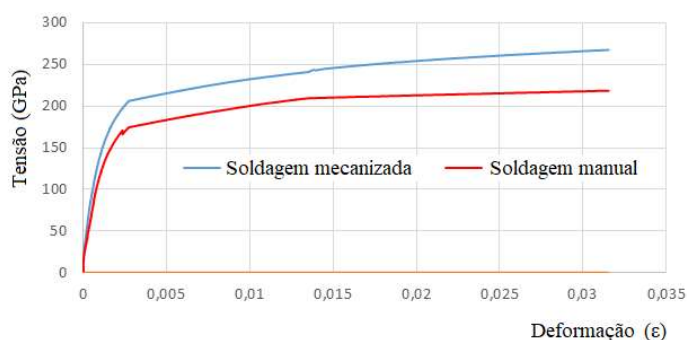


Figura 7. Comparação de ensaio de tração entre soldagem Mecanizada e manual. Fonte: UFTM, 2018.

Ainda é possível perceber um aumento no limite de escoamento para os corpos de prova relativo ao processo mecanizado, de cerca de 14%. Isto mostra que a implementação no processo aumenta a resistência da junta soldada. O valor obtido de tenacidade, ou seja, a energia absorvida até a ruptura, para o processo mecanizado é cerca de 25% maior do que o processo manual.

Nos ensaios destrutivos de dobramento aplicados na raiz de solda os dados obtidos apresentaram em média um módulo de elasticidade no processo mecanizado e manual, foram 123,525GPa e 121,263 GPa, respectivamente, conforme mostra “Figura 8”. Além disso, nos ensaios de dobramento em que a força foi aplicada sobre o cordão de solda (face) os corpos de prova apresentaram ruptura por cisalhamento. Acredita-se que o ocorrido se deve ao fato da solda ter penetrado em média 5,5 mm apenas e não ter produzido uma raiz efetiva, ao ser realizado o ensaio destrutivo houve propagação da trinca.

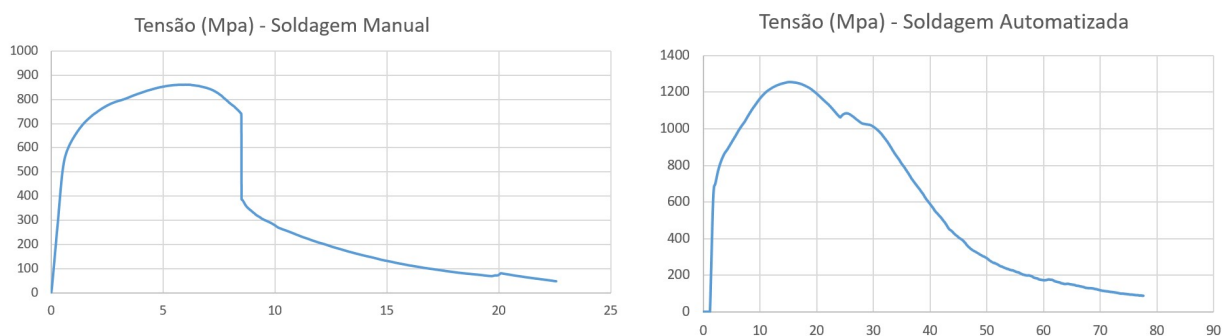


Figura 8. Gráfico de Tensão x Deformação nos ensaios de dobramento na raiz da solda. Fonte: UFTM, 2018.

Entretanto, por meio da “Figura 8” é possível perceber que a resistência ao dobramento é maior para as juntas executadas com o processo mecanizado, cerca de 30%.

Comparando a soldagem manual e a mecanizada foram coletados os tempos de todos os ciclos de trabalho, incluso movimentações e *set-up* até a conclusão do trabalho. Mensurando-se estes dois processos a coleta de dados constatou que o tempo total dos ciclos do processo obtiveram um ganho quatro vezes maior em relação ao método manual conforme destacado na “Figura 9”.

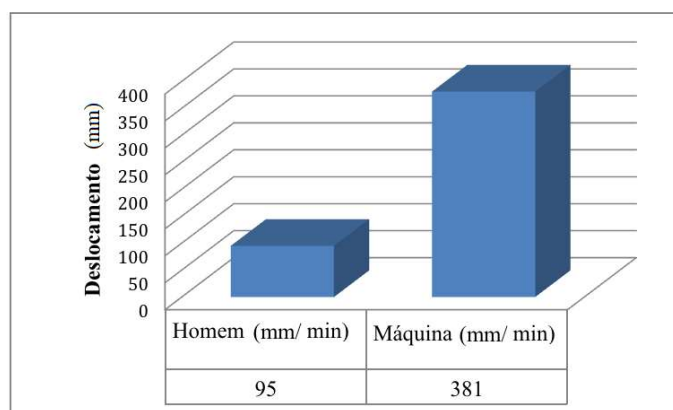


Figura 9. Velocidades de Trabalho - Homem vs Máquina. Fonte: Arquivos da empresa, 2017.

Por meio da mecanização do sistema de soldagem foi possível reduzir o *lead-time* quinzenal de soldagem em 3% (três por cento). Isto proporcionou o aumento do lote econômico de 12 para 18 unidades aproveitando-se o mesmo quadro e turno de trabalho. Atualmente o processo de soldagem mecanizado linear é 83% (oitenta e três por cento) mais rápida do que o processo de soldagem manual.

4. CONCLUSÃO

Os testes realizados de tração nos corpos de prova indicaram uma melhora significativa no módulo de elasticidade da ordem de 8% do processo automatizado em relação ao manual.

O processo automatizado apresentou resultados melhores nos ensaios de dobramento na raiz de solda, porém os processos apresentaram resultados inexpressivos no ensaio de dobramento na face de solda, em todos os corpos de prova testados houve a propagação de trinca e quebra por cisalhamento devido à falta de constituição efetiva de uma raiz de solda sendo a penetração do cordão de aproximadamente 5,5mm nos dois processos.

O equipamento oxicorte não perdeu sua funcionalidade original, pois as alterações e adaptações para seu aproveitamento não houve mudanças estruturais, apenas remoção de partes e componentes dos fluxos dos gases. Caso haja uma futura demanda pelo processo, é possível remontar o equipamento e efetuar o processo.

O processo automatizado necessita de apenas um soldador para executar a tarefa de soldagem linear, tendo tempo livre para abastecer os outros quatro soldadores que iniciarão as soldagens dos conjuntos, aumentando a produção em 5 unidades, aproveitando-se o mesmo quadro de funcionários e turno de trabalho. O presente trabalho demonstra que é possível intervir diretamente em uma melhoria do produto por meio da mecanização do processo de soldagem.

5. AGRADECIMENTOS

A Indústria e Comércio de Máquinas Agrícolas Mantovani Ltda., constituída em 1964, sediada na cidade de Ituverava/SP por oportunizar a realização deste trabalho de mecanização do seu processo produtivo, demonstrando a importância da parceria entre instituições de ensino superior e o desenvolvimento tecnológico do parque industrial brasileiro. A

Faculdade de Talentos Humanos e a Universidade Federal do Triângulo Mineiro por terem cedidos seus profissionais para realização desta inovação no processo de soldagem MIG/MAG através de uma adaptação em um processo de oxicorte.

6. REFERÊNCIAS

- ASME IX - “Qualification standard for welding in brazing procedures, welders, brazers, and welding and brazing operators”, The American Society of Mechanical Engineers – July 1, 2010.
- EMBRAPA. **Cultivo de soja safra 2016/2017**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1>. Acesso em: 05 de mar. 2017.
- GARCIA, Amauri. **Ensaio dos materiais**/ Amauri Garcia, Jaime Spim, Carlos Alexandre dos Santos. 2.ed. – Rio de Janeiro: LTC, 2012
- PAOLESCHI, Bruno. **Logística integrada: do planejamento, produção, custo e qualidade à satisfação dos clientes**. 2º ed. Editora Érica. São Paulo. 2009.
- MARQUES, Paulo Villani; MODONESI, Paulo José; BRACARENSE, Alexandre Queiroz. **Soldagem – Fundamentos e Tecnologia**. 3ºed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2009. 362 p.
- WAINER, Emílio; BRANDI Sérgio Duarte; DE MELLO, Fábio Décourt Homem. **Soldagem – Processos e Metalurgia**. 8º. ed. São Paulo: Blucher, 2011.

7. RESPONSABILIDADE AUTORAL

“O(s) autor(es) é(são) o(s) único(s) responsável(is) pelo conteúdo deste trabalho”.

MACHINING THE LINEAR WELDING PROCESS

Francisco de Queiroz Mantovani, francisco@mantovani.agr.br¹

Gerson Alavance, galavance@facthus.edu.br¹

Raphael Silva Lins, raphael.lins@uftm.edu.br^{1e2}

Gervásio Pegoraro, gervasio.pegoraro@uftm.edu.br²

Luciano Antônio Fernandes, luciano.fernandes@uftm.edu.br²

Vitor Tomaz Guimarães Naves, vitor.naves@uftm.edu.br²

¹Faculdade de Talentos Humanos - FACTHUS, Rua Manoel Gonçalves de Rezende, 230 - Bairro Vila São Cristóvão - Uberaba/MG.

²Universidade Federal do Triângulo Mineiro - UFTM, Rua Edmundo Borges de Araújo, 539 – Bairro São Benedito – Uberaba/MG

Abstract. *This paper presents an improvement in the linear welding process of an agricultural implements industry. In the search for greater competitiveness, a project was studied in which the internal production capacity was increased in order to obtain a reduction of the time in the welding process in a pre-defined lead time to increase the productivity of manufactured agricultural implements without acquisition of new machines, reusing the available resources. The feasibility of this improvement was consolidated with the adaptation of an out-of-use oxyfuel pantographic machine. To perform a low-level linear welding of automation, it is enough to have directional control of the senses by adding it to the locomotion speed control. As the oxyfuel pantograph is equipped with these requirements, a welding torch was adapted from the Gas-Shielded Metal Arc Welding (GMAW), where the cutting torch was located, and a device was developed to support and lock the parts. With this it was possible to increase the economic batch of products in the determined lead-time. The available welding capacity increased efficiency and efficiency without increasing the number of workers or work shifts. In addition to cost reduction, mechanical strength tests were performed with the objective of establishing a process guarantee.*

Keywords: *Lead-time, Agricultural Implements, Automation, Gas-Shielded Metal Arc Welding (GMAW)*