

Automatização processo de soldagem MIG/MAG na produção de implementos agrícolas



<https://doi.org/10.56238/tecnolocienagrariabiosoci-025>

Raphael Silva Lins

Faculdade de Talentos Humanos - FACTHUS, Rua Manoel Gonçalves de Rezende, 230 - Bairro Vila São Cristóvão - Uberaba/MG. Universidade Federal do Triângulo Mineiro - UFTM, Rua Edmundo Borges de Araújo, 539 – Bairro São Benedito – Uberaba/MG
E-mail: raphael.lins@uftm.edu.br

Francisco de Queiroz Mantovani

Faculdade de Talentos Humanos - FACTHUS, Rua Manoel Gonçalves de Rezende, 230 - Bairro Vila São Cristóvão - Uberaba/MG.
E-mail: francisco@mantovani.agr.br

Gervásio Pegoraro

Universidade Federal do Triângulo Mineiro - UFTM, Rua Edmundo Borges de Araújo, 539 – Bairro São Benedito – Uberaba/MG.
E-mail: gervasio.pegoraro@uftm.edu.br

Alexandre de Oliveira Dias

Universidade de São Paulo - USP - Escola Politécnica, Av. Prof. Mello de Moraes, 2373 – Bairro Butantã - São Paulo/SP.
E-mail: alexandredias@usp.br

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. O implemento agrícola, foco da pesquisa, constitui-se de partes e conjuntos com longas extensões de solda linear onde se é exigido um alto rendimento no processo. Para executar uma soldagem linear de baixo grau de automatização, são necessários controle direcional de velocidade de deslocamento e parâmetros de soldagem. A viabilização desta melhoria foi consolidada com a adaptação de uma máquina pantográfica de oxicorte fora de uso. 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-chave: Automatização, soldagem linear, lead-time, implemento agrícola, processo MIG-MAG.

1 INTRODUÇÃO

De acordo com dados da FAS-USDA, referentes as safras (2022/2023) e (2023/2024) o Brasil é o maior produtor mundial de soja, seguido dos Estados Unidos da América (EUA) e Argentina, sendo que possui extensa área agricultável, alta tecnologia de produção tropical, que propicia até duas safras anuais, com amplo desenvolvimento do mercado interno e externo. Com vista a atender o 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 capital nacional e estrangeiro, confere a este amplo mercado a característica de maduro e competitivo.

Uma vez que a oferta atende à demanda, a concorrência entre as indústrias é alta. O mercado demanda produtos com maior tecnologia, inovação, melhores serviços de pós-vendas, preços competitivos, entre outras exigências.

Nesse contexto, é salutar que uma indústria nacional de implementos agrícolas, além de atender e sobressair às expectativas funcionais de seus clientes, possam oferecer produtos com preços competitivos. E assim o termo redução de custo é termo recorrente e importante no planejamento estratégico desta indústria.

Em tempos, movimentos e métodos é a busca contínua por uma produção enxuta e com o máximo de valor agregado para o produto através de coletas e interpretações de dados, ferramentas da qualidade como Lean Manufacturing, assim como Kaizen, mudanças de layouts, etc.

De acordo com Womack e Jones (1998) o ponto de partida principal para o pensamento enxuto é o valor, que só pode ser destacado pelo cliente final, onde suas necessidades são atendidas, definindo tempo específico e preço, itens primordiais para a satisfação do cliente.

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

Figura 1. Guincho hidráulico de 2.000 kg. Fonte: Indústria e Comércio de Máquinas Agrícolas Mantovani, 2020.

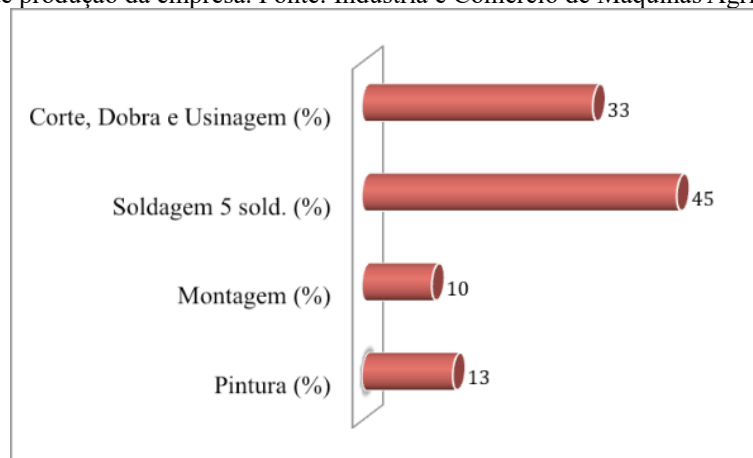


É um implemento agrícola versátil, podendo ser utilizado de inúmeras tarefas em uma propriedade rural desde o plantio a colheita, tanto para suspensão ou descarga de inúmeros insumos e produtos, como sementes e fertilizantes e a própria produção. Este implemento é empregado no carregamento e descarregamento de sementes, fertilizantes e outros insumos acondicionados, 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. O processo de soldagem utilizado era manual, sendo a produção feita em lotes de 12 unidades, com lead-time de quinze dias. Cada lote demanda 1015m de solda, executados por cinco soldadores, em turno único. Conforme o gráfico da “Figura 2”, este processo de soldagem corresponde a 45% (quarenta e cinco 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, PAOLESCI (2009). Toda a soldagem era realizada de forma manual e em gabaritos e dispositivos.

Figura 2. Lead time de produção da empresa. Fonte: Indústria e Comércio de Máquinas Agrícolas Mantovani, 2020.



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, através do processo MIG/MAG (GMAW - Gas Metal Arc Welding), com um custo de implantação inferior a 4% (quatro por cento) do valor da aquisição de um processo a arco submerso (SAW - Submerged Arc Welding), ideal ao processo já utilizado. A comprovação dos resultados se dá por meio de Especificação de Procedimento de Soldagem, no qual os ensaios de resistência mecânica e também de ensaios não destrutivos de corpo de prova extraídos de metal base similar aos 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 e qualidade do produto final.

No presente artigo, será apresentada a melhoria no processo de soldagem linear em suas partes e conjuntos.

2 MATERIAIS E MÉTODOS



O processo de soldagem MIG/MAG é utilizado na produção do Guincho Hidráulico Agrícola 2000kg (Figura 1). É formado por um chassis principal, apoiado em duas rodas oscilantes, com uma lança com movimento vertical e lateral, acionado por cilindros hidráulicos acoplados no trator.

É produzido durante todo o ano, com aumentos na produção em março, abril, maio, julho, agosto e setembro, períodos em que ocorre o plantio da safrinha e safra.

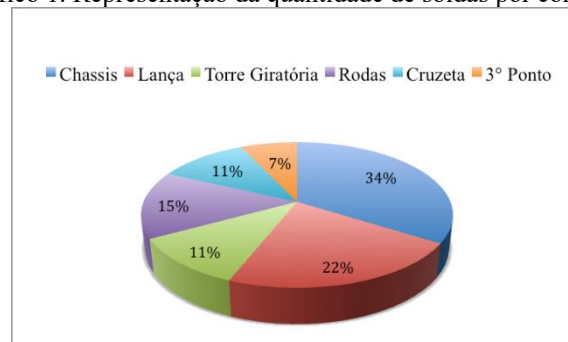
O produto é subdividido em sete partes para sua produção:

- Conjunto Chassis.
- Conjunto Lança.
- Conjunto Torre Giratória.
- Conjunto das Rodas.
- Conjunto da Cruzeta.
- Conjunto do 3º Ponto.
- Conjunto Acessórios.

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 em juntas de topo. A seguir será discutida 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.

Gráfico 1. Representação da quantidade de soldas por conjunto.



Fonte: Indústria e Comércio de Máquinas Agrícolas Mantovani, 2020.



De acordo com o Gráfico 1 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 1015m de solda, 345m são referentes a partes onde é exigido linearidade na soldagem.

No processo de soldagem é realizada a junção das partes através da solda tipo MAG (Metal Active Gas). O abastecimento é feito através de arames sólidos de 1,2 mm de diâmetro em bobinas de 18 kg, através do uso de fonte retificadora de 450 A.

A reconfiguração para soldagem automatizada linear teve como base um oxicorte pantógrafo, modelo White Martins MCPE – 1500. Dispositivo similar foi usado por Dias (2009), na soldagem FCAW (Flux Cored Arc Welding). Foram realizados testes preliminares com o objetivo de padronizar o cordão de soldagem na condição otimizada. A “Tabela 1” apresenta estes valores em termos da velocidade de soldagem, velocidade de alimentação do arame e amperagem.

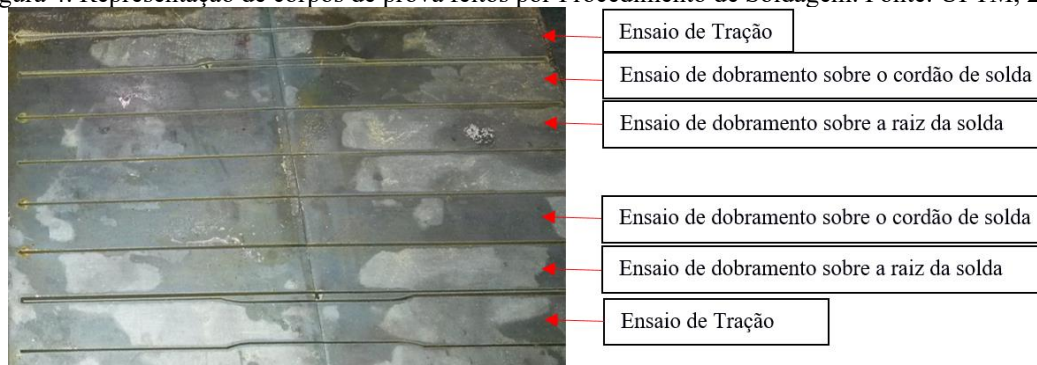
Tabela 1. Parâmetros de Soldagem Mecanizada e Automatizada.

Velocidade de soldagem	381 mm/min
Velocidade de alimentação do arame	6000 mm/min
Corrente de Soldagem	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.

Após soldados, as juntas apresentavam dimensões de 6,5mm x 100mm x 150mm, a partir dos quais foram confeccionados 3 corpos de prova para cada procedimento de soldagem, sendo preparados através do corte de jato d'água, visando não mudar as propriedades metalúrgicas e mecânicas após o processo de soldagem e padronizando 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, 2021.

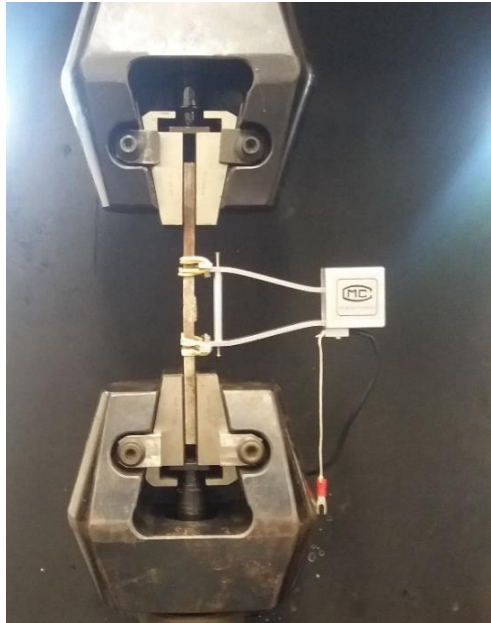




Os ensaios de tração e dobramentos foram realizados em uma máquina de testes universal, fabricada pela TIME GROUP INC, modelo WDW-100E, classe 1, número de série 415, com capacidade máxima de 100 KN.

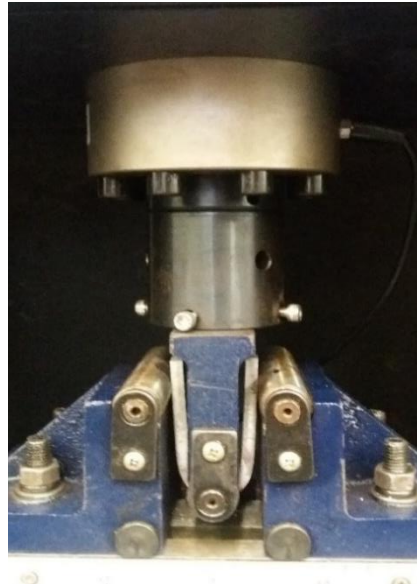
O software utilizado para processamento dos dados coletados pelos sensores foi Win Wdw Eletronic Universal Testing Machine Measurind Control Software. Foram confeccionados 12 corpos de provas para os ensaios de tração conforme “Figura 5”, sendo 6 para processo de soldagem manual e 6 para o processo mecanizado e automatizado, aplicando-se uma velocidade de 0,5 mm/min e um extensômetro de 50 mm.

Figura 5. Ensaio destrutivos: Ensaio de dobramento. Fonte: UFTM, 2021.



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. Os 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.

Figura 6. Ensaio destrutivos: Ensaio de dobramento. Fonte: UFTM, 2021.



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 6”.

Devido ao processo produtivo da empresa determinou-se que a solda seria realizada na posição plana (1G) e o tipo junta aplicada de topo, com chanfro reto e 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 7”, obtendo-se resultados diferentes no ensaio de dobramento na face e na raiz. Foram inspecionados por este método 24 corpos de prova.

Figura 7. Ensaio não destrutivo por líquido penetrante. Fonte: UFTM, 2021.

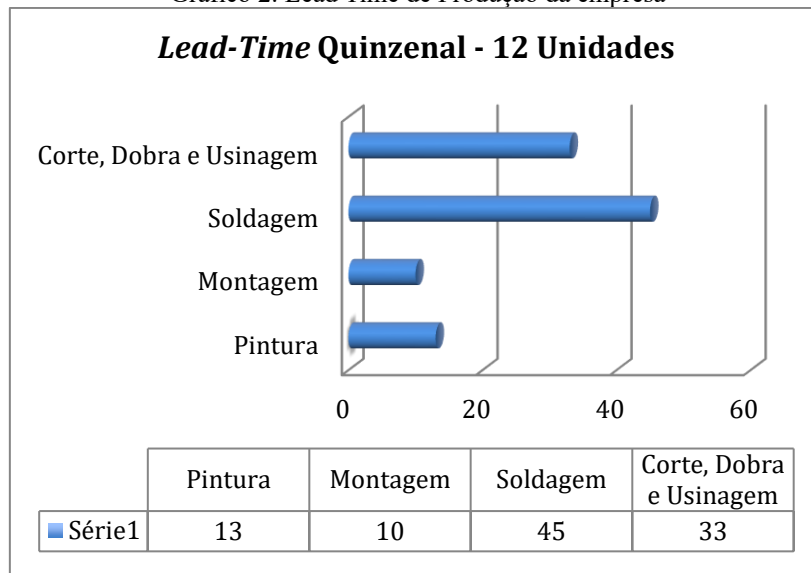


Referente ao lead time é necessário mencionar que este conceito é utilizado para designar o tempo de início das atividades e seu encerramento, sendo as etapas em que a produção inicia e finaliza, relacionando o custo da logística da empresa, definindo como um processo de grande importância para a organização. (PAOLESCHI, 2009)

Desta maneira, a produção inicia-se pelo setor de corte e dobra conformando os aços planos nos formatos desejados, e em paralelo o setor de usinagem. Esta sincronia deve ser mantida de modo que todas as peças e partes cheguem em simultaneidade no setor de montagem pois seus tempos são equivalentes de acordo com a demanda.



Gráfico 2. Lead Time de Produção da empresa



Fonte: Indústria e Comércio de Máquinas Agrícolas Mantovani, 2020.

Foi relatado pela empresa o problema da carência de soldadores qualificados na cidade sede, em vista da ausência de centros de treinamentos e concorrência com as usinas sucroenergéticas instaladas na região. Por conta disto sofre gargalos para atender os picos de produção tendo em vista a sazonalidade do mercado.

Para atingir os objetivos da empresa é realizado com periodicidade reuniões para se discutir e planejar as ideias propostas para todo tipo de alteração. Como a melhoria é baseada em processos produtivos têm-se a participação direta desde o colaborador até o gerente industrial.

Como o processo de produção em que mais abrange o lead-time é a soldagem, foi elaborado um brainstorming com todas ideias possíveis em prol do objetivo almejado, e sempre viabilizando as de menores custos e maior rentabilidade.

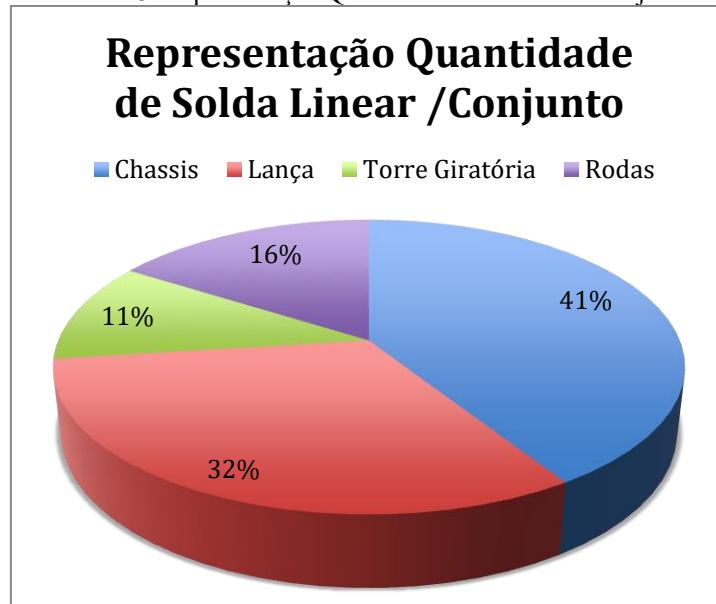
Vale destacar que o conceito sobre brainstorming é utilizado para designar as técnicas da equipe da empresa, sendo tarefas utilizadas para o desenvolvimento criativo do grupo, explorando a criatividade e colocando à disposição da organização, com metas de alcançar os objetivos. (SCARTEZINI, 2009)

O conjunto dos chassis e lança são os de maiores expressão em soldagem obtendo 56% (cinquenta e seis por cento) da totalidade processada (Gráfico 3). Foi verificado então que maiores parcelas destas soldas nestes dois conjuntos citados se tratavam de soldagens lineares.

Correlacionando todos os conjuntos e explanado os índices de soldagem linear, mostrou-se que este tipo de processo abrange cerca de 34% (trinta e quatro por cento) em todo implemento. Isto mostra que dos 1015 metros de soldas 345 metros são referentes a partes onde se é exigido linearidade na soldagem.



Gráfico 3. Representação Quantidade solda linear/ Conjunto

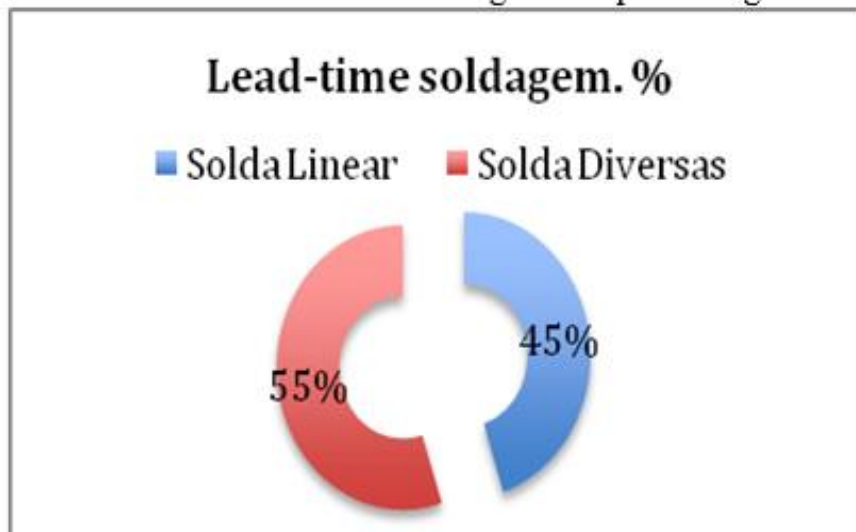


Fonte: Indústria e Comércio de Máquinas Agrícolas Mantovani, 2020.

Dos 44% (quarenta e quatro por cento) do lead-time gastos nos processos de soldagem, cerca de 45% (quarenta e cinco por cento) desta totalidade trata-se de soldas lineares (Gráfico 4).

Este tempo padrão é referente com a utilização de 5 soldadores em um único turno, sendo que os inícios da soldagem são para as junções das peças e partes de maiores comprimentos e posteriormente são alocados em outros postos de trabalho para construção dos conjuntos.

Gráfico 4. Lead-time soldagem em porcentagem



Fonte: Indústria e Comércio de Máquinas Agrícolas Mantovani, 2020.

Referente ao destaque do tempo-padrão mensura-se que é um recurso utilizado dentro de uma empresa, para uma análise referente à produtividade de seus processos, com várias relevâncias sobre a rotina dos trabalhadores, em que são submetidos em impactos de tempo, para que a fabricação seja



concluída no tempo certo, onde na empresa em destaque utilizou-se maior demanda de mão de obra em um serviço de soldagem, garantindo que a fabricação do implemento seja concluída (CRUZ, 2008).

Foram levantadas duas opções para melhoria do processo soldagem: aquisição de uma máquina de solda tipo arco submerso e a aquisição de um robô de solda. Em ambos investimentos haveria redução do lead time.

O processo do arco submerso (SAW) é uma técnica automática, em que o calor é ministrado por um arco desenvolvido entre um eletrodo de arame sólido ou tubular deixando tanto o metal base quanto a cavidade de fusões submersas em dilúvios granulados garantindo assim a proteção contra a atmosfera (SENAI, 2013).

Menciona nesse requisito que no procedimento de arco submerso promove a qualidade da solda e sua precisão, visto que não ocorrerão intervenções de pessoas durante o trabalho, e este processo proporciona movimentos com altas taxas de deposição e uma flexibilidade ao controle do arco elétrico.

Contudo a solda robotizada se tornaria uma saída fantástica, pois além de executar a tarefa de linearidade também poderia fazer todo tipo de soldagem exigida independentemente da complexidade, direção e sentido.

Porém o alto investimento tinha que ser agregado de forma que todas as peças e fragmentações obtivessem uma alta padronização nos seus processos primários para não ocorrer erros (LIMA & BRACARENSE, 2007).

De acordo com as menções anteriores proferidas, pode-se comentar que a solda robotizada seria um processo incrível para a qualidade e produtividade em todos os aspectos, porém seu valor é muito elevado, pois ainda teria a necessidade de confeccionar dispositivos automatizados para auxiliar o desempenho da função.

Mesmo que fossem dispositivos como um carro de automação para soldagem e corte em trilho rígido, o Gullco Rigid KAT® “Figura 8”; o qual é posicionado em uma base móvel adaptável para soldagem em todas as posições, com excessão aos tubos.



Figura 8. Carro de automação Gullco Rigid KAT®.



Desta forma, Santos (2012) menciona que demandaria a substituição de máquinas mecânicas como guilhotina e dobradeira por máquinas CNC (Controle Numérico Computadorizado) e um dispositivo inteligente para auxiliar o robô “Figura 9” nas posições de soldagem. Demandaria um alto investimento e exigiria um longo prazo de retorno.

Figura 9. Robô de soldagem Fonte: INFOSOLDA, 2022.



O processo arco-submerso (SAW) “Figura 10” demandaria um investimento menor e mais acessível, com retorno mais rápido do que a solda robótica, entretanto maior que um carro de automação “Figura 8”.



Figura 10. Máquina de solda tipo Arco submerso. Fonte: Indústria e Comércio de Máquinas Agrícolas Mantovani, 2018.



Contudo, a empresa não dispunha de plano de investimento para aquisição de máquinas para solda. Assim, a melhoria deveria ser concretizada com recursos internos. No levantamento destes recursos, apresentou-se uma máquina a qual se encontrava desativada e poderia ser utilizada na melhoria.

Tratava-se de um oxicorte pantógrafo “Figura 11” modelo White Martins MCPE - 1500 cujo seu trabalho era somente executado para cortes de chapas com espessura acima de 19 mm. A demanda por peças com tais dimensões era baixa, o que tornou vantajoso a empresa adquirir as peças prontas no mercado ao invés de estocar por longos períodos esses materiais.

Figura 11. Pantógrafo Oxicorte MPCE – 1500.



Fonte: Indústria e Comércio de Máquinas Agrícolas Mantovani, 2018.

Marques, Modenesi e Bracarense (2009) definem que oxicorte é um processo termoquímico no qual o corte do metal é conquistado pela reação do oxigênio puro com o metal em alta temperatura, conhecido como oxicorte pantógrafo, esta máquina executa a leitura de desenhos em escala 1:1 em cartolinas através de um sensor óptico que enviam sinais que direcionam os motores de passos nos eixos X e Y e comandos para controle e ajuste de velocidades.

Iniciaram-se então os trabalhos para aprovação do projeto, realizando um levantamento de custos de adaptação e criação do dispositivo de soldagem. Como a semelhança do princípio de



funcionamento do equipamento entre oxicorte e a soldagem automatizada linear é bem pronunciada, os gastos para a adaptação foram relativamente baixos.

Foram gastos cerca de 4% do valor da aquisição de um processo arco submerso, incluindo materiais, mão-de-obra e alguns componentes elétricos para a conclusão da adaptação da tocha de solda “Figura 12” no local onde se mantinha a tocha de oxicorte e a fabricação de um dispositivo de soldagem “Figura 13”, como demonstrado na “Figura 14” o novo modelo da máquina.

Figura 12. Tocha de solda adaptada.



Fonte: Indústria e Comércio de Máquinas Agrícolas Mantovani, 2018.

Figura 13. Dispositivo de Soldagem.



Fonte: Indústria e Comércio de Máquinas Agrícolas Mantovani, 2018.



Para a realização na implantação do projeto, primeiramente foram mensurados os dados atuais para se ter os parâmetros da melhoria proposta. A máquina foi instalada em um galpão equipado com ponte rolante para facilitar e aumentar o rendimento do processo de troca de peças.

Figura 14. Pantógrafo oxicorte modificado.



Fonte: Indústria e Comércio de Máquinas Agrícolas Mantovani, 2018.

O cabeçote da retificadora foi instalado em certa altura, de modo que o arame tivesse melhor regularidade auxiliado pela gravidade. A retificadora ficou instalada em um ponto fixo e próximo à máquina, com o intuito de facilitar as regulagens e não prejudicar o deslocamento do pantógrafo. Foi utilizada uma tocha de solda de 5 metros seminova onde foi realizada apenas uma manutenção e substituído sua guia espiral conduíte.

Foi desenvolvido um dispositivo de solda para travar todas as peças, de menor ao maior comprimento. Confeccionado com materiais simples, tem como sistema de travamento das peças o tipo morsa com parafusos sextavados distribuídos em 4 partes.

Foram realizados alguns testes para se criar o ponto ideal de soldagem entre a velocidade de soldagem, velocidade de alimentação e taxa de deposição do arame, juntamente com a corrente de soldagem condizente. A Tabela 1 demonstra os parâmetros de soldagem automatizada.

A execução do trabalho consiste em o soldador, munido da ponte rolante, alocar a peça içada através de correntes com ganchos até o dispositivo de soldagem. Uma vez alocada, o soldador inicia-se o travamento da peça através da morsa de parafusos (4 parafusos) em sua extensão e o posicionamento da tocha até o início da soldagem.

O início do processo por se tratar de uma automatização de baixo grau, isto é, depende ainda do homem para executar a tarefa, o operador liga a máquina e simultaneamente é realizado o armamento da tocha através de um botão adaptado substituindo o gatilho. Ao finalizar o processo o operador desliga ambas as máquinas e iça novamente a peça para ser soldado a outra face.

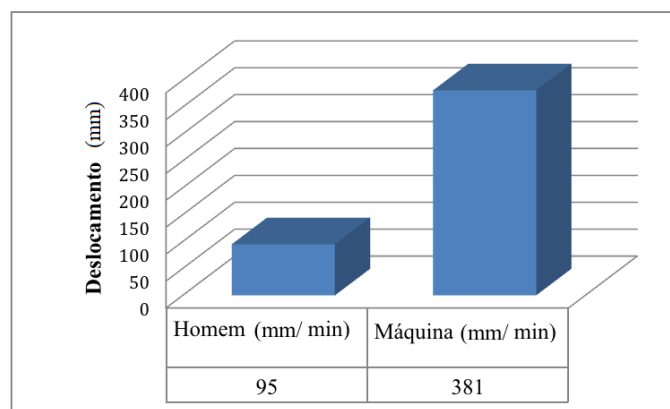


Os tempos coletados para a mensuração dos dados foram todos de ciclos de trabalho, onde se obtém o tempo inicial, inclusos movimentações e set-up até a conclusão do trabalho. Na coleta de dados constatou um ganho de 4 vezes em relação ao tempo de ciclos do processo manual.

3 RESULTADOS

Com a conclusão dos testes, constatou-se que a máquina manteve uma cadência de trabalho contínua e ininterrupta, ao invés do soldador, que sofreu desgaste físico e falta de continuidade em decorrência da limitação do ser humano nessas condições de trabalho. o Gráfico 5 a relação de velocidade de soldagem desenvolvida entre homem e máquina.

Gráfico 5. Velocidade de soldagem - Homem x Máquina



Fonte: Indústria e Comércio de Máquinas Agrícolas Mantovani, 2021.

Nas Figuras 15, 16 e 17, posteriormente demonstradas, refere-se ao resultado obtido referente ao trabalho realizado pela máquina, é possível observar que a qualidade é quase total, visualizado pelos respectivos graus de erros.

Figura 15. Longarina Chassis.



Fonte: Indústria e Comércio de Máquinas Agrícolas Mantovani, 2018.



Os resultados obtidos na proposta de melhoria do processo foram mensurados e analisados tendo pleno êxito nas reduções do lead-time de solda do lote econômico abordado, sem grandes investimentos, conforme estabelecido pela empresa.

Reduziu-se o lead-time quinzenal de soldagem em 3% conciliando-se com a velocidade de soldagem; na nova proposta o processo de soldagem linear foi 83% (oitenta e três por cento) mais rápida, proporcionando um aumento do lote econômico de 12 para 18 unidades, aproveitando-se o mesmo quadro de colaboradores e turno de trabalho.

Figura 16. Conjunto roda. Fonte: Indústria e Comércio de Máquinas Agrícolas Mantovani, 2018.



A melhoria colaborou no aumento da capacidade de produção e assim maior oferta de produtos nos períodos de alta sazonalidade. Também houve a redução de custos de produção, uma vez que ocorreu a utilização plena da capacidade instalada de solda da empresa, sem necessitar novas contratações ou abertura de turnos extras. Por parte do processo de suprimentos, houve ganhos na escala de compras e giro do estoque.



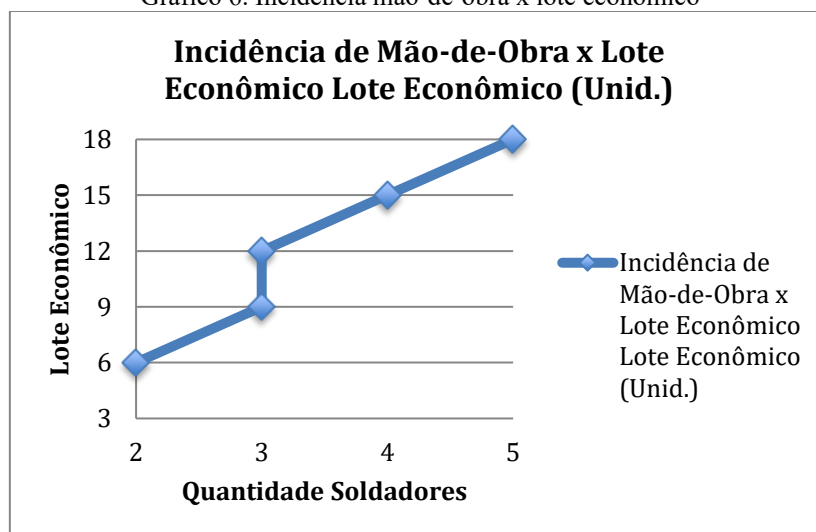
Figura 17. Conjunto lança. Fonte: Indústria e Comércio de Máquinas Agrícolas Mantovani, 2018.



Atualmente, apenas um soldador executa a tarefa de soldagem linear, tendo tempo de disponível para abastecer os outros quatro soldadores que irão iniciar as soldagens dos conjuntos. No final do processo de soldagem linear ainda se tem uma ociosidade de tempo para este soldador continuar os trabalhos em conjuntos com o restante da equipe.

Em épocas de baixa demanda, tem se a opção de se reduzir o quadro de colaboradores de acordo com a necessidade e quantidade exigida deste implemento (Gráfico 6). Caso a demanda por outros produtos do portfólio da empresa tenha ascensão, pode haver o remanejamento de soldadores para suprir a demanda, tornando-os polivalentes com a inserção em outros postos de trabalho.

Gráfico 6. Incidência mão-de-obra x lote econômico



Fonte: Indústria e Comércio de Máquinas Agrícolas Mantovani, 2021.

O equipamento oxi-corte 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 oxicorte.

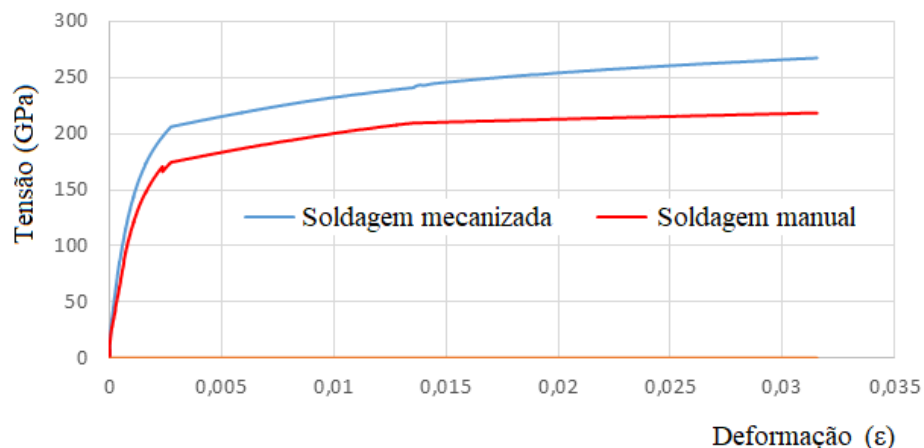
Notoriamente foi observado o grande ganho na estética do trabalho, como também a qualidade da solda na deposição e penetração, concluído através dos ensaios de dobramento. Para Chiaverini (1986) o ensaio é mais qualitativo do que quantitativo, sendo seu objetivo principal é verificar a ductilidade do material.

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% (118GPa a 128GPa), como pode ser observado no Gráfico 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.

Gráfico 7. Comparação de ensaio de tração entre soldagem Mecanizada e manual.



Fonte: UFTM, 2021.

Ainda é possível perceber um aumento no limite de escoamento para os corpos de prova relativo ao processo mecanizado, em 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 123GPa, 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 de a 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.

Por meio da automatização 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

Foi concluído neste presente trabalho que há grandes possibilidades em intervir diretamente em uma melhoria interna de processos utilizando-se o máximo de seus recursos internos com o menor investimento possível. A realização e consolidação deste projeto foram obtidas através da interação e comprometimento de toda equipe que se dispuseram de seus tempos e conhecimentos.

A criatividade é uma das chaves do sucesso de melhorias como esta, basta-se que todos envolvidos em toda cadeia de determinado produto e/ou processo, e com o auxílio de ferramentas como brainstorming surtem ideias correlacionadas com os objetivos almejados e planejados. Cria-se assim o sentimento em que todos são responsáveis mesmo que seja em uma mínima fração e que sua opinião é de extrema relevância para o sucesso do conjunto.

5 PROPOSTAS FUTURAS

A fim de se obter uma melhor eficiência e rendimento do equipamento foram sugeridas algumas propostas. Utilizar arame tubular 2,0 mm onde se conseguiria aumentar a taxa de deposição de material e consequentemente um aumento de velocidade na soldagem.

Além do fato do aumento da deposição, podemos citar que o arame tubular é vantajoso pelas possíveis melhores propriedades mecânicas como tenacidade ao impacto. Recomenda-se a aquisição de uma tocha de solda refrigerada, com objetivos de evitar inconveniências e possíveis problemas referentes ao aquecimento excessivo do processo, garantindo assim uma maior durabilidade do conjunto e estabilidade do arco elétrico.

A diminuição da porcentagem de gás inerte de solda transformando-a em uma mistura mais reativa, onde o rendimento de soldagem pode chegar até 3 vezes mais do que a mistura de argônio e CO₂. Levando em consideração que o custo do M3 é relativamente 40% (quarenta por cento) abaixo da mistura. O uso do CO₂ puro pode ser uma opção interessante, pois o potencial de ionização do CO₂ favorece a estabilização da raiz do arco, no entanto, de forma antagônica parece aumentar a tensão superficial metal líquido/meio ambiente. De acordo com (SCOTTI; PONOMAREV, 2008), o CO₂ e o N₂ aumentam o calor adicionado ao metal base, melhoram a forma e o acabamento superficial do cordão de solda e proporcionam alta velocidade de soldagem.



A elaboração de um projeto para um novo dispositivo de solda pneumático rotativo, onde as peças são fixadas e presas através de cuícas de freios de caminhões substituindo os atuais de aperto tipo morsa. Inserir a função de rotacionamento do dispositivo, pois todas as peças exigem soldas em ambos os lados tendo a habilidade de girar 180 graus.

Em sistemas automatizados o tempo no qual ele se mante produtivo é maior diminuindo os custos de produção, definem os autores Wainer, Brandi e De Mello (2011) para dispositivos automatizados.

Atualmente este processo é realizado a soldagem em uma das faces, erguido com auxílio de uma ponte e posicionado novamente com a face a ser soldada.



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.

CHIAVERINI, Vicente. Tecnologia Mecânica. V I, 2º. ed. Editora Markon. São Paulo: Pearson, 1986. 266 p.

CRUZ, Juliana Martins. Melhoria do Tempo-Padrão de Produção em uma Indústria de Montagem de Equipamentos Eletrônicos. [Juiz de Fora] 2008 VI, 38P. 29,7 cm (EPD/UFJF, Graduação, Engenharia de Produção, 2008) Monografia - Universidade Federal de Juiz de Fora, Departamento de Engenharia de Produção.

DIAS, A. O. Análise da Influência dos Parâmetros de Pulsação na Soldagem do Aço Inoxidável AISI 304 Através do Arame Tubular AWS E316LT1-4. Dissertação de Mestrado. UNIFEI. Itajubá-MG. 2009. 116p.

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

LIMA, Eduardo José; BRACARENSE, Alexandre Queiroz. Soldagem robotizada com eletrodo revestido, utilizado controle de comprimento do arco elétrico com compensação da temperatura do eletrodo. Revista tecnologia em metalurgia e materiais. V.4, nº 2, São Paulo, 2007, 33p.

MARQUES, Paulo Villani; MODENESI, Paulo José; BRACARENSE, Alexandre Queiroz. Soldagem – Fundamentos e Tecnologia. 3ºed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2009. 362 p.

PAOLESCI, Bruno. Logística integrada: do planejamento, produção, custo e qualidade à satisfação dos clientes. 2º ed. Editora Érica. São Paulo. 2009.

SANTOS, Ricardo Adriano. Curso de programação CNC. Apostila. São Paulo. 2012. 3p.

SCARTEZINI, Luís Maurício Bessa. Análise e melhoria de processos. Apostila. Goiânia, 2009, 22 p.

SCOTTI, A.; PONOMAREV, V. Soldagem MIG/MAG – Melhor entendimento Melhor desempenho. 1º ed. São Paulo: Editora Artliber, 2008. 284 p.

SENAI, 2013. Soldagem: área metalúrgica: informações tecnológicas. Coleção Tecnologia Senai. São Paulo: Senai-SP, 2013. 720 p.

INFOSOLDA. Soldagem robotizada. Disponível em: < <https://infosolda.com.br/223-soldagem-obotizada/>>. Acesso: 01 set. 2022.

WAINER, Emílio; BRANDI Sérgio Duarte; DE MELLO, Fábio Décourt Homem. Soldagem – Processos e Metalurgia. 8º. ed. São Paulo: Blucher, 2011.

WEISS, Almiro. Soldagem. Curitiba: Editora do Livro Técnico, 2010. 126p.

WOMACK, James e JONES, Daniel T. A Mentalidade Enxuta nas Empresas. 7º ed. Rio de Janeiro: Campus, 1998. 427 p.