

ANÁLISE DE FALHAS DOS CORDÕES DE SOLDA DA LINHA DE COMPONENTES DE MOTORES AUTOMOTIVOS

Bruno de Andrade Bueno¹
Felipe Alves de Oliveira²
Thiago Shoji Obi Tamachiro³

Resumo: A soldagem MIG/MAG usa um arco elétrico e um fio contínuo como eletrodo consumível, com proteção gasosa para evitar contaminações e garantir alta qualidade na união dos metais. Essa técnica é preferida na indústria automotiva por sua eficiência, devido à alimentação contínua de arame e alta densidade de corrente, resultando em alta produtividade. Contudo, a linha de produção berço H79 da empresa MAGNA enfrenta frequentes ajustes nos cordões de solda, causando perda de eficiência, com um OEE de 61,5%. A primeira peça de cada turno é verificada em Metrologia e Macrografia, evidenciando baixa performance e disponibilidade da linha. O projeto visa melhorar esses indicadores usando a metodologia A3, uma abordagem Lean da Toyota que envolve a criação de um documento detalhado para resolver problemas, baseado no ciclo PDCA. Além disso, o SIPOC e um fluxograma foi utilizado para mapear e visualizar os processos. Para solucionar o problema, foi realizada uma revisão no plano de manutenção preventiva e implementado o BPS (Basic Problem Solving) que é um formulário que contém o Diagrama de Ishikawa e a ferramenta 5 Porquês. A partir da implementação das soluções, obteve-se uma melhoria no indicador Downtime de manutenção que era de 13,89% para 6,15% e o indicador OEE que aumentou para 73,2%.

Palavras-chave: Análise de Falhas; Soldagem; Indústria Automotiva; Metodologia A3; Plano de Ação.

1. INTRODUÇÃO

A técnica de soldagem MIG/MAG é um procedimento no qual um arco elétrico é empregado para fundir metais, utilizando um fio contínuo como eletrodo consumível. Durante a execução desse método, um gás é empregado para preservar a área de soldagem da influência da atmosfera, prevenindo assim contaminações. Tal abordagem permite a união dos metais por meio de fusão localizada, enquanto o fio de solda adiciona material para reforçar a junção. Em síntese, trata-se de uma técnica

¹ Acadêmico do curso de Engenharia de Produção do Centro Universitário União das Américas – UniAmérica, Foz do Iguaçu, Paraná. E-mail: bruuno.ab@gmail.com

² Acadêmico do curso de Engenharia de Produção do Centro Universitário União das Américas – UniAmérica, Foz do Iguaçu, Paraná. E-mail: lipediorles@gmail.com

³ Docente Orientador do curso de Engenharia de Produção do Centro Universitário União das Américas – UniAmérica, Foz do Iguaçu, Paraná. E-mail: thiago.tamachiro@descomplica.com.br

que integra calor elétrico, metal de adição e proteção gasosa para realizar soldagens de alta qualidade (Souza, 2010).

Na indústria automotiva, o método MIG/MAG é amplamente preferido devido à sua eficiência produtiva. Isso se deve principalmente a duas características distintas: a alimentação contínua de arame, que mantém o processo de soldagem em andamento sem interrupções frequentes, resultando em um alto índice de produção; e o uso de uma alta densidade de corrente, que acelera a fusão dos metais, permitindo uma produção mais rápida. Essas características fazem com que o MIG/MAG seja uma escolha popular para a fabricação de automóveis, onde a produtividade e a qualidade são fundamentais (Andrade, 2007).

A compreensão plena do funcionamento do processo MIG/MAG é crucial para garantir sua utilização eficaz. Isso envolve entender como ajustar os parâmetros, tais como, inserção de arame, aquecimento do arco, dinâmica do arco, velocidade de solda, tempo de saída (*delay time*), corrente e tensão elétrica, para controlar os diferentes modos de transferência de metal e influenciar a estabilidade do arco elétrico. Esses ajustes são essenciais, pois determinam a aplicação do processo em termos de tipos de junta, espessura do material, posição de soldagem, entre outros fatores. Em suma, dominar a regulagem dos parâmetros é fundamental para utilizar o processo MIG/MAG de forma adequada e alcançar resultados consistentes e de alta qualidade (Andrade, 2010).

Com relação a regulagem dos parâmetros da soldagem MIG/MAG a empresa objeto de estudo, que é uma fornecedora de peças automotivas, passa por um problema em que consiste em sempre ter que ajustar os cordões de solda nas peças soldadas, da linha berço H79, no decorrer do turno fazendo com que devido a estes ajustes haja um atraso significativo na produção, em média 15% de perda de eficiência de produção. Atualmente a rotina de produção na empresa MAGNA, a primeira peça produzida no turno é levada para a Metrologia para saber se o dimensional da peça está correto depois de ter sido soldado e em seguida, para a Macrografia onde a peça é cortada, para saber a porcentagem de fusão do cordão de solda com o componente soldado.

Com todos esses ajustes dos cordões de solda, o *OEE (Overall Equipment Effectiveness)*, dessa linha fica sempre em 61,5%, demonstrando baixa *performance*, e baixa disponibilidade de produção. Atualmente a interferência da manutenção nessa linha de produção tem sido cada vez mais constante, representando um percentual de 13,89%, sendo que a meta de interferência da manutenção na produção não pode passar de 6%, ou seja, a manutenção está tendo que intervir mais do que o dobro planejado, em média 98min em cada turno.

Diante deste contexto, este projeto tem como objetivo, melhorar os indicadores dessa linha, como o *OEE* e o *downtime*, para melhorar a eficiência no processo produtivo, garantindo uma ótima

performance de produção, evitando retrabalhos das peças produzidas, e garantindo máxima eficiência nos postos de trabalho. Para isso, será utilizada a metodologia A3 para fazer a rastreabilidade desses cordões que necessitam de constantes ajustes, para podermos ter vários dados para tratar e desenvolver um plano de ação para solucionar esses problemas recorrentes.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Neste trabalho será utilizada a metodologia ou relatório A3 que foi criada pela Toyota em 1960 com o objetivo de ajudar a resolver problemas dentro da empresa (Anderson; Morgan; Williams, 2011). Conforme Ferro (2009), o nome "A3" deriva do tamanho do papel (297mm x 420mm) usado para documentar os projetos de melhoria.

No relatório A3, é essencial que o problema e a situação atual sejam claramente definidos, e que informações-chave sejam quantificadas para permitir uma análise rápida do problema (Shook, 2009). Segundo Sobek II e Smalley (2010) o relatório A3 é uma ferramenta que fornece uma estrutura sólida para implementar o ciclo PDCA (*Plan, Do, Check, Act*) visto que conforme mostra a “Figura 1”, a etapa *Plan* (Planejar) corresponde aos campos “histórico”, “condição atual e descrição do problema”, “objetivo” e “análise de causa fundamental” do relatório A3 e as etapas *Do* (executar), *Check* (verificar) e *Act* (agir) corresponde aos campos “contramedidas”, “verificação/confirmação de efeito” e “ações de acompanhamento”.

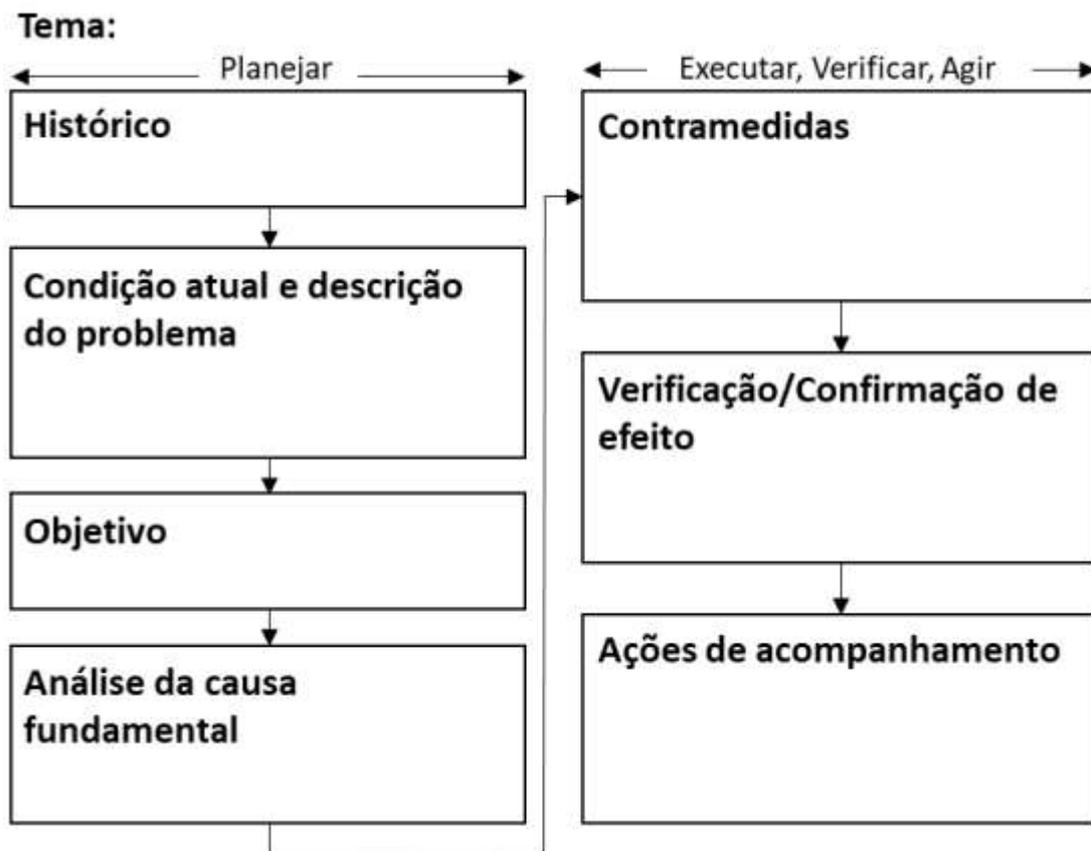


Figura 1. Relatório A3

Fonte: Sobek; Smalley, 2010.

O SIPOC também foi utilizado, cujas siglas significam *Supplier* (Fornecedores), *Input* (Entradas), *Process* (Processo), *Output* (Saídas) e *Customer* (Clientes) e que é uma ferramenta de qualidade e melhoria de processos que ajuda a visualizar e mapear os processos como é mostrado na “Figura 2”.



Figura 2: SIPOC

Fonte: Os autores, 2024.

Também foi elaborado um fluxograma da linha de produção para representar os processos de forma clara e organizada, como é mostrado na “Figura 3”.



Figura 3: Fluxograma do processo de solda do berço do motor

Fonte: Os autores, 2024.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo foi apresentado os resultados dos 7 campos do Quadro A3 conforme foi estruturado na “Figura 1”.

3.1 Histórico do problema

A linha de Solda BM-H, é um setor que solda um dos principais componentes da indústria de autopeças, o protetor do motor sobre a carroceria, mais conhecido como berço do motor é um componente de fixação do motor com o chassi do carro (“Figura 4”).

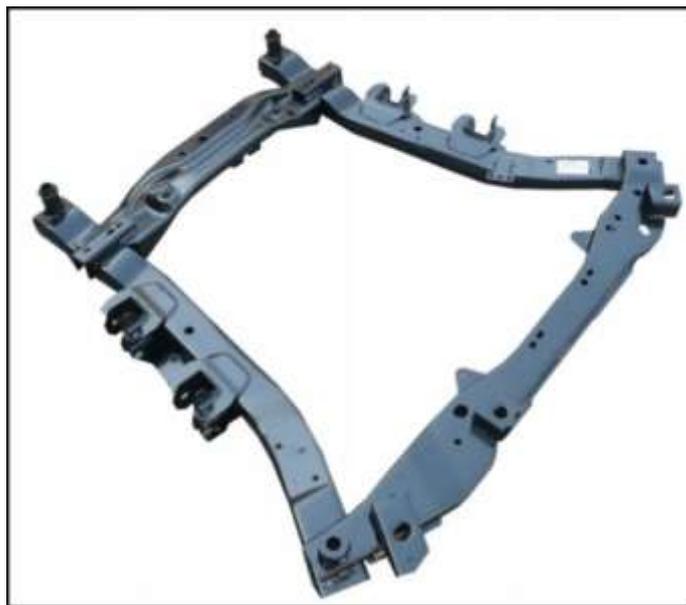


Figura 4. Berço do motor

Fonte: Os autores, 2024.

3.2 Condição atual e descrição do problema

Atualmente, a linha de solda BM-H tem um histórico de OEE abaixo da meta (80%), onde foi constatado que no período entre fevereiro e maio de 2024 o indicador obteve uma média de 61,5%.

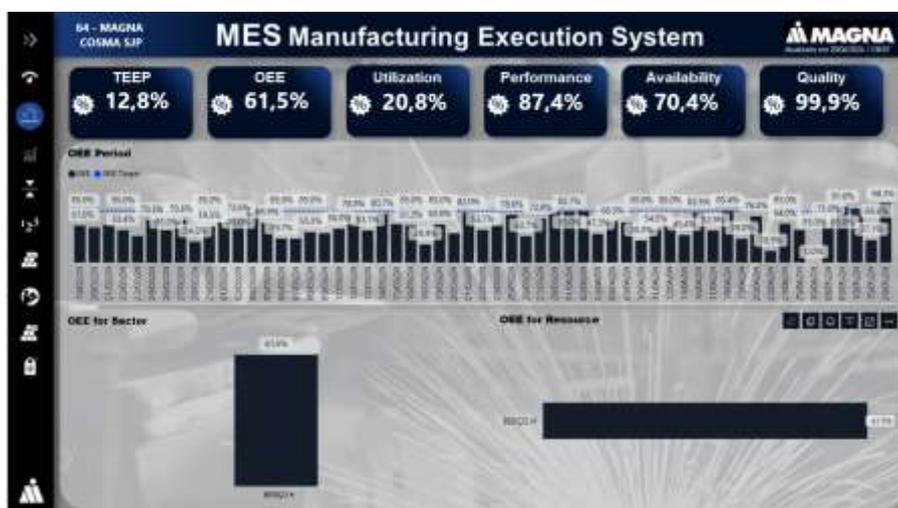


Figura 5. Indicador OEE

Fonte: Magna Cosma, 2024.

Outro histórico que evidencia essa baixa *performance* é o *Downtime*, que mede o percentual de produção parada ou atraso da produção, que atualmente é de 13,89% de intervenção de manutenção por turno (“Figura 6”). Na empresa de estudo, a meta para esse indicador é de 6%.

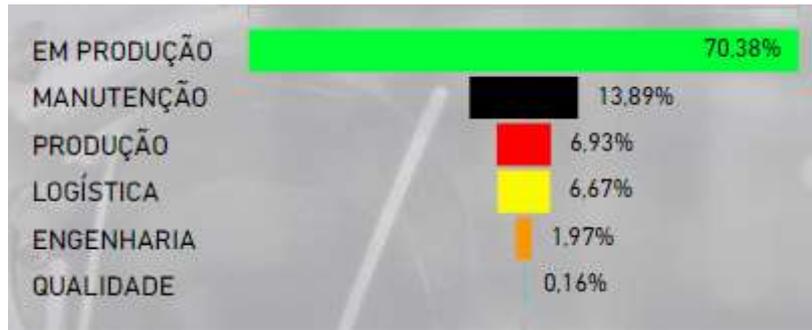


Figura 6. Indicador *Downtime*

Fonte: Magna Cosma, 2024.

Como mostra no Indicador *Downtime*, a perda de eficiência e de produção dessa linha é constante no decorrer da jornada de trabalho, atualmente as intervenções da manutenção nessa linha de produção é muito alta, com manutenções corretivas durante toda a jornada de trabalho. Desmembrando este percentual de 13,89% da manutenção, evidencia-se falta de manutenção preventiva na linha, como falta de limpeza dos consumíveis e falta de inspeção para detectar possíveis futuros problemas dos robôs e mesas de soldagem do dispositivo. Com base no levantamento do *Downtime* da manutenção demonstra-se que a cola de bico de soldagem é a principal dor dessa linha de produção.

3.3 Objetivo

O objetivo deste trabalho, é aumentar em 10% o indicador de OEE desta linha de produção, o que consequentemente, irá reduzir o número de intervenção da manutenção, diminuir o número de retrabalho e o número de peças refugadas.

3.4 Análise da Causa Fundamental

Nesta etapa foi feita a análise nos parâmetros nos robôs de solda, das peças estampadas, das ferramentas de estampo da ferramentaria, e do histórico de manutenção preventiva.

Com relação aos parâmetros dos robôs de solda, (“Figura 7”), foi verificado os parâmetros de inserção de arame (*wire feed*), aquecimento do arco (*trim*), dinâmica do arco (*ultimiarc*), velocidade de solda (*travel speed*), tempo de saída (*delay time*), corrente (A) e a tensão (V) constatado dentro dos valores especificados pelo setor de engenharia.

MAGNA											Ficha de Parâmetros				
Nome				Data			Cargo			Assinatura					
Elaborado por: Jose Gabriel				23/08/2023			Estagário Engenharia								
Aprovado por: Lucas Bittencourt				23/08/2023			Analista Engenharia								
PROJETO	BERÇO H			ARAME		Soldo 1,2mm		PROCESSO		Solda MAG Gás 92% argônio e 8%CO2					
EQUIPAMENTO	Lincoln Electric 1400 - 00136			Dispositivo		Faruc		POSTO DE TRABALHO		OP. 160-170					
Máquina	Programa	OP	Parâmetro		Especificado		Data e Valor (mm)								
Robô R-1	1	OP. 160-170	Cordão de solda n°		C74		05/04/2024	06/05/2024	06/06/2024						
			Inserção de arame (Wire feed)		387,0	473,0	430	430	430						
			Aquecimento do arco (Trim)		0,9	1,1	0,96	0,96	0,96						
			Dinâmica do arco (Ultimate)		5,4	6,6	6	6	6						
			Velocidade de solda (Travel speed)IPW		36,0	44,0	40	40	40						
			Tempo saída (Delay time)		0,0	0,0	0	0	0						
			Corrente (A)		263,3	321,8	275,9	316	306,3						
			Tensão (V)		20,0	24,5	22	22,1	22,9						

Figura 7. Controle de Parâmetros

Fonte: Os Autores, 2024

Também foram analisadas as peças estampadas que montam este berço do motor, e consta uma pequena variação de um lote para o outro, no dimensional destas peças. Sendo assim, essa pequena variação não interfere no conjunto soldado.

As ferramentas de estampo da ferramentaria, constitui em uma base fixa onde acopla as ferramentas de estampo que fazem furo na peça, e moldes e matrizes onde fazem a forma das peças que são batidas na máquina de prensas, também foram analisadas e constam deterioração mínima e apresenta pouca deformação.

O histórico de manutenção preventiva, demonstra que não está sendo bem-feita ou o plano preventivo não é eficaz. O principal apontamento de falha que é apontado pelo líder de produção da linha no MES (*Manufacturing Execution System*), é o bico de solda do robô colado na peça, ou seja, a manutenção sempre é acionada por conta desta falha.

Por fim, por meio de todas essas análises, se conclui que histórico de manutenção preventiva é uma causa fundamental. Como nas reuniões sempre são apresentados ótimos percentuais de manutenção preventiva, porém, o número do modo de falha dessa linha continua alto, evidenciando que os números apresentados não são reais ou a manutenção realizada não está sendo eficaz. Devido a repetição de falha e muitas interferências na produção para a correção corretiva, foi identificado que isso está interferindo diretamente nos resultados de entrega da produção.

3.5 Contramedidas

Inicialmente, foi implementado um formulário de solução de problemas, para saber por onde começar a agir. O nome do formulário é denominado BPS (*Basic Problem Solving*), que consiste em 2 ferramentas de engenharia (Diagrama de Ishikawa e 5 Porquês) para soluções de problemas que identifica os problemas que surgem durante a semana e que gera um plano de ação para solucioná-los.

A partir deste formulário foi realizado a análise dos itens que impactam negativamente o *Downtime* por parte da produção e da manutenção e foi escolhido o item: Longarina com falha de solda e porosidade, para analisar as principais causas que levam este problema a ser recorrente e levantar planos de ação para eliminar ou minimizar este problema, como mostra na (“Figura 8”).

MAGNA BPS - Formulário de Soluções de Problemas				
DESCRIÇÃO DO PROBLEMA: Longarina com falha de solda e porosidade				
EQUIPAMENTO / FERRAMENTA: BM-H			DATA:	
ANDON Nº	EMISSOR	Paulo Inácio	BPS Nº	INDICADOR AFETADO
				S Q T C M
Análise de Causa - Espinha de Peixe				
MÃO DE OBRA		MÁQUINA		
<ul style="list-style-type: none"> Falha na detecção de solda pelo operador Não verificação do excesso de sujeira no limpa tocha 		<ul style="list-style-type: none"> Plano de controle determina inspeção dos cordões 		
<ul style="list-style-type: none"> Gap entre longarinas 		<ul style="list-style-type: none"> Limpa tocha com excesso de sujeira 		
MATERIAL		MÉTODO		
Longarina com falha de solda e porosidade <small>DESCRIÇÃO DO PROBLEMA</small>				
5 PQ's OCORRÊNCIA Obs.: A primeira Causa de cada SPQ deve ser a mesma Causa listada como provável e validada na Espinha de Peixe acima				
Limpa tocha com excesso de sujeira	Limpa tocha ineficaz	Não faz a limpeza correta	Equipamento elaborado para bocal simples sendo utilizado no Biffio	Não encontrado um sistema eficaz para este tipo de tocha
Portanto Portanto Portanto Portanto Portanto				
5 PQ's NÃO DETECÇÃO				
Não verificado excesso de sujeira no limpa tocha	Operador não checkou limpa tocha no início do turno	Não estava previsto a verificação	Não estava mapeado no TPM	
Portanto Portanto Portanto Portanto Portanto				

PLANO DE AÇÃO			
AÇÃO	RESPONSÁVEL	CLASSIFICAÇÃO	STATUS
Usinagem do berço de ferramenta de fresagem do limpa tocha possibilitando a limpeza dos dois bicos	Anderson Sola	A B C	OK
Replicar a atividade do R1 para o R2	Anderson Sola	A B C	OK
Adicionar a limpeza do limpa tocha no TPM	Felipe Oliveira	A B C	OK

Figura 8. BPS (*Basic Problem Solving*)

Fonte: Os Autores, 2024

Conforme apontado no plano de ação do BPS, as ações a serem executadas foram: Usinagem de ferramenta de fresagem do limpa tocha possibilitando a limpeza dos dois bicos, replicar a atividade do Robô 1 para o Robô 2 e por último, adicionar à limpeza do limpa tocha no TPM (*Total Production Maintenance*).

Por fim, foi revisto a periodicidade dos itens do plano preventivo, onde de acordo com o histórico de falha foi aumentado a frequência de verificação. Também foi feito um *Benchmarking* com outra planta da empresa, comparando os planos de manutenção preventiva, e comparando alguns itens, que possam melhorar o plano preventivo.

3.6 Verificação ou confirmação de efeito

A partir da implementação das soluções foi obtido uma redução no número de interferências da manutenção na linha de produção de 13,89% para 6,15%, como mostra na “Figura 9”.



Figura 9. Indicador *Downtime* após a melhoria

Fonte: Magna Cosma, 2024.

Com base no plano preventivo foram revistos os itens do plano e periodicidade, fazendo um *Benchmarking* com outras plantas da empresa no Brasil que têm o mesmo processo de solda se o plano preventivo dessas empresas contempla outros itens e periodicidade, para poder ser ajustado para o

plano. Revisando tudo isso, foi ajustado a periodicidade de alguns itens que são o mesmo ou parecido com o plano.

Após a revisão do plano de manutenção preventiva em conjunto com a aplicação do BPS o indicador de OEE melhorou de 61,5% para 73,2%, como mostra na “Figura 10”.

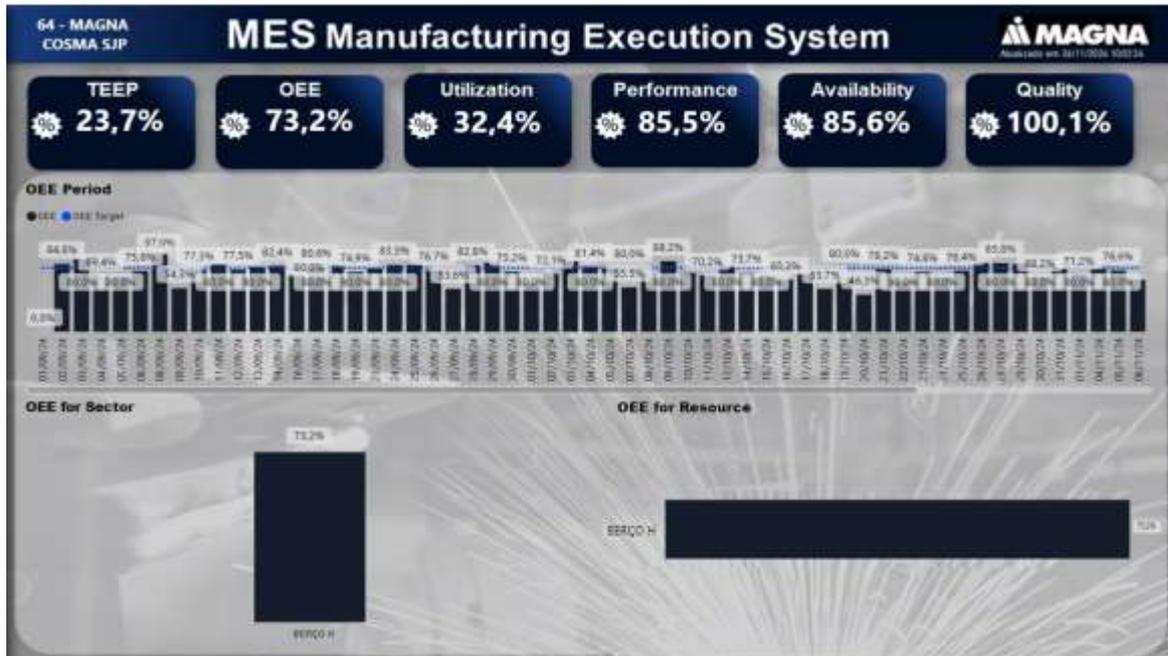


Figura 10. Indicador OEE (após melhorias)

Fonte: Magna Cosma, 2024.

3.7 Ações de acompanhamento

Nas ações de acompanhamento foi implementado um controle de manutenção autônoma para cada posto de trabalho para que os operadores façam esse controle diário como mostra na “Figura 11”, onde esse controle pode ser modificado conforme a necessidade dos postos de trabalho.

A manutenção autônoma, é um controle que o operador de produção vai realizar diariamente como: inspeções, lubrificação, trocas de consumíveis, e limpeza do seu posto de trabalho, garantindo que os componentes mostrados no controle sejam frequentemente cuidados para que os mesmos itens não venham a apresentar falhas durante a jornada de trabalho.

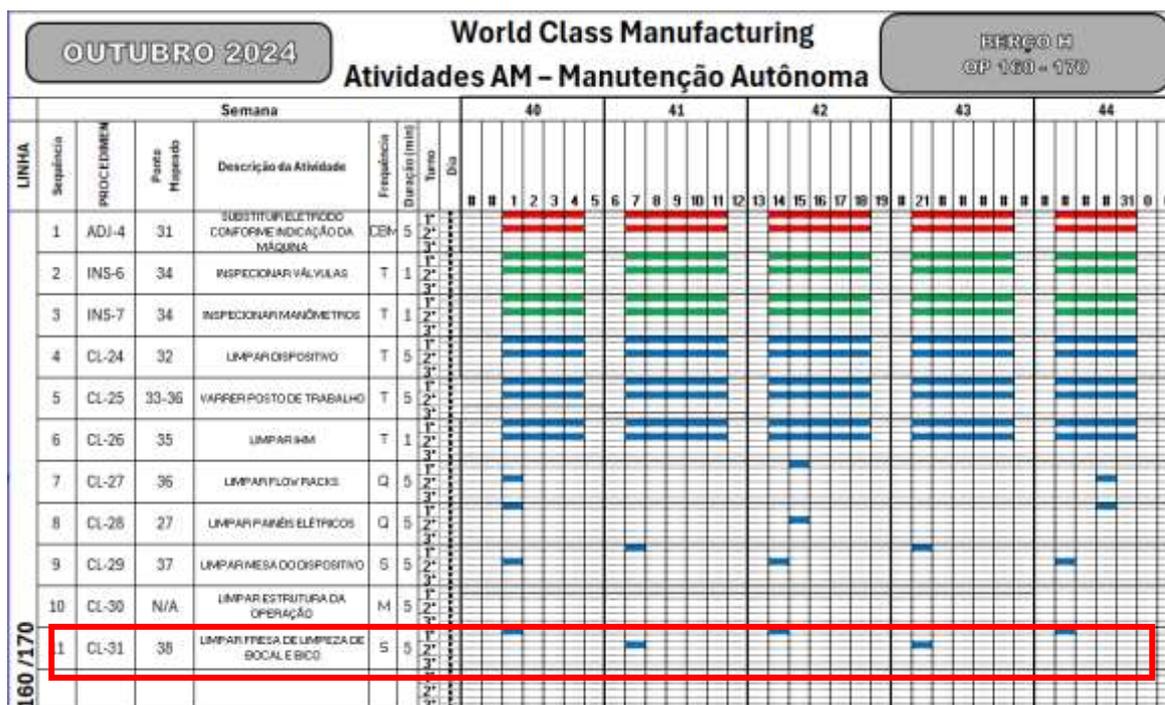


Figura 11. Controle de Registro de Manutenção Autônoma

Fonte: Magna Cosma, 2024.

Também foi realizada a aplicação do item 11 ao TPM para que operadores realizem a limpeza e inspeção da estação de limpeza do bico de solda e bocal dos robôs uma vez por semana, garantindo que ele esteja em boas condições.

4. CONCLUSÃO

Neste presente projeto o objetivo geral foi alcançado, visto que o indicador OEE obteve uma melhoria de 61,5% para 73,2%. Este resultado contribui para a empresa melhorando na parte de entrega das peças prontas, uma vez que o operador faz menos intervenções nos robôs de solda nos postos de trabalho da linha de produção. Outro ponto em que o resultado contribuiu foi na questão ambiental da empresa, onde a quantidade de peças de refugo será menor colaborando na redução da emissão de CO2 quando essas peças passam pelo processo de reciclagem.

Sobre as dificuldades desse projeto, uma das mais desafiadoras foi rastrear todos os problemas que essa linha apresenta, e escolher um dos problemas para gerar um plano de ação, sendo que com base nos relatórios de *Downtime* diário que o MES (*Manufacturing Execution System*) apontava, eram inúmeros problemas alguns mais fácil e outros mais complexos, sendo necessário um grande investimento para solucionar esses problemas.

Como sugestão de trabalhos futuros, essa metodologia e as ferramentas utilizadas serão aplicadas para outras linhas de produção e outros setores, detectando e eliminando outros possíveis modos de falha.

5. REFERÊNCIAS

ANDERSON, J. S.; MORGAN, J. N.; WILLIAMS, S. K. Using Toyota's A3 Thinking for Analyzing MBA Business Cases. **Decision Sciences Journal of Innovative Education**. v. 9, n. 2, p. 275-285. 2011. <https://doi.org/10.1111/j.1540-4609.2011.00308.x>

ANDRADE, S. T. **Mapeamento do processo mecanizado de soldagem unilateral fcaw com backing cerâmico aplicável no passe de raiz em aço carbono**. 2007. 103 f. Dissertação (Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica), Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 2007.

FERRO, J. R. **Processo de gerenciamento A3**. Lean Institute Brasil. 2009 Disponível em: http://www.lean.org.br/comunidade/clipping/rev_lideranca.pdf. Acesso em: 27 jun. 2024.

SHOOK, J. Toyota's Secret: The A3 Report. **MIT Sloan Management Review**. v. 50, n. 4, 2009. Disponível em: <https://sloanreview.mit.edu/article/toyotas-secret-the-a3-report/>. Acesso em: 27 jun. 2024.

SOBEK II, D. K.; SMALLEY, A. **Entendendo o pensamento A3: um componente crítico do PDCA da Toyota**. 1. ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.

SOUZA, D. **Levantamento de Mapas Operacionais de Transferência Metálica para Soldagem MIG/MAG de Aço ao Carbono na posição plana**. 2010. 269 f. Dissertação (Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica), Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2010.