

**CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA
ETEC TRAJANO CAMARGO
Técnico em Soldagem**

**José Junior
Jucinei dos Santos
Marcelo A. De Oliveira
Michael Silva**

**A IMPORTÂNCIA DA QUALIDADE DE SOLDAGEM EM
CATALISADOR AUTOMOTIVO: ESTUDO DE CASO**

**Limeira
2023**

**José Junior
Jucinei dos Santos
Marcelo A. De Oliveira
Michael Silva**

**A IMPORTÂNCIA DA QUALIDADE DE SOLDAGEM EM
CATALISADOR AUTOMOTIVO: ESTUDO DE CASO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Técnico em Soldagem da Etec Trajano Camargo, orientado pelo Prof. João Augusto Montesano, como requisito parcial para obtenção do título de técnico em soldagem.

**Limeira
2023**

RESUMO

Nos últimos anos o setor de soldagem tem se tornado um constante alvo para os investimentos tecnológicos, cuja características estão voltadas para redução dos custos, meio ambiente e principalmente para segurança, presente ainda, a obtenção de ganhos com a qualidade em produtividade. Desta forma, é necessário constantemente a buscas pelas tecnologias de soldagem, as quais estão diretamente relacionadas com o amplo desenvolvimento de novas fontes de soldagem e também do controle do processo. Neste contexto o presente trabalho tem como objetivo apresentar a importância da qualidade de soldagem em catalisador automotivo a partir de um estudo de caso, cuja justificativa é analisar a causa da trinca de um catalisador de uma empresa de Limeira, a qual teve o nome preservado em decorrências dos direitos de imagem. O problema dessa trinca pode ser por interferência no processo de solda, por contaminação, o componente em posição incorreta ou mesmo pelo tamanho do grão. Por isso, é de grande importância a qualidade da soldagem para garantir o seu correto funcionamento, é fundamental que este dispositivo tenha uma boa fabricação, evitando esses tipos de problemas. A metodologia adotada foi de pesquisa bibliográfica, cuja pesquisa foi de método descritivo, o qual utiliza como base artigos, livros, dissertação, entre outras publicações online.

Palavra-chave: Solda. Catalisador. Qualidade da soldagem. Melhora da solda

ABSTRACT

In recent years, the welding sector has become a constant target for technological investments, whose characteristics are focused on reducing costs, the environment and mainly safety, as well as obtaining gains in quality and productivity. Therefore, it is necessary to constantly search for welding technologies, which are directly related to the broad development of new welding sources and also process control. In this context, the present work aims to present the importance of welding quality in an automotive catalytic converter based on a case study, the justification for which is to analyze the cause of a crack in a catalytic converter from a company in Limeira, whose name was preserved in consequences of image rights. The problem with this crack may be due to interference in the welding process, contamination, the component in an incorrect position or even the grain size. Therefore, the quality of the welding is of great importance to guarantee its correct functioning. It is essential that this device is well manufactured, avoiding these types of problems. The methodology adopted was bibliographical research, whose research was descriptive method, which uses articles, books, dissertations, among other online publications as a basis.

Keyword: Welding. Catalyst. Welding quality. Welding improvement

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	6
1.1 OBJETIVOS.....	7
1.1.1 Objetivo geral.....	7
1.1.2 Objetivos específicos.....	7
1.2 JUSTIFICATIVA.....	8
2 O MOTOR DE COMBUSTÃO INTERNA (ICM).....	9
2.1 CONVERSOR CATALÍTICO – CATALISADOR.....	10
2.2 A SOLDA.....	12
2.2.1 Importância da soldagem.....	13
2.2.2 Solda por arco elétrico.....	13
2.2.3 Transferência metálica por curto circuito tradicional.....	14
2.2.4 Transferência por curto circuito controlado.....	15
2.2.5 Transferência metálica no processo MIG/MAG.....	15
2.3 TRANSFERÊNCIA GLOBULAR.....	17
2.3.1 Transferência metálica globular.....	17
2.4 TRANSFERÊNCIA GÖTICULAR (SPRAY).....	18
2.4.1 Transferência Metálica Göticular (spray).....	18
2.4.2 Transferência metálica göticular rotacional.....	19
2.4.3 Transferência com alongamento (streaming).....	20
2.4.4 Transferência Metálica Göticular com Alongamento.....	20
3 METODOLOGIA.....	22
4 ESTUDO DE CASO.....	25
5 DISCUSSÃO.....	30
6 CONCLUSÃO.....	32
REFERÊNCIAS.....	33

1 INTRODUÇÃO

Uma das consequências da incompatibilidade entre o progresso tecnológico e o avanço da civilização humana tem sido a alteração do meio ambiente. O homem tem uma grande capacidade de adaptação ao meio ambiente para sobreviver, mas no seu constante desenvolvimento tem realizado um enorme trabalho que visa adaptar o seu ambiente para satisfazer as suas necessidades.

A poluição surge do desequilíbrio do meio ambiente decorrente de ações devidas à mão do homem, afetando o estado e a composição da água, do solo e do ar, impactando a saúde e a integridade dos seres vivos. Alguns dos participantes deste desequilíbrio são os produtos resultantes do processo tradicional de geração de energia a partir de combustíveis fósseis. Entre outros usos, esses combustíveis são amplamente utilizados para produzir a movimentação de veículos de transporte.

Devido à evidente deterioração do ambiente natural provocada pela atividade humana, nas últimas décadas têm sido aplicadas diversas medidas que visam mitigar e tentar reverter os danos causados aos diversos ecossistemas do planeta. Algumas destas medidas estão relacionadas com a implementação de leis e regulamentos que limitam a emissão de poluentes que são lançados na atmosfera. É o caso das emissões poluentes produzidas pelos motores de combustão interna (ICM), que fornecem a energia mecânica necessária para movimentar uma ampla gama de máquinas e veículos.

Quer os motores utilizem combustíveis como diesel, gasolina ou gás, que são consequentemente inflamados por compressão ou faísca, quando se combinam com o oxigênio do ar produzem outros compostos que são emitidos para a atmosfera. Desta forma, o desenvolvimento de motores combina dois importantes tópicos relacionados à combustão, como princípio de funcionamento. Um deles refere-se à qualidade do combustível, enquanto o outro está relacionado à inovação e ao desenvolvimento tecnológico aplicado aos motores para tornar mais eficiente o processo de combustão e seus produtos derivados.

A partir do funcionamento dos ICMs e do desenvolvimento combinado de tecnologias e melhorias nos combustíveis, as normas e regulamentos são revisados periodicamente para estabelecer limites cada vez mais restritivos e as datas em que devem entrar em vigor. Este processo considera o avanço tecnológico atual e a

promoção de novas tecnologias, dando oportunidade aos fabricantes de motores para aplicarem os seus desenvolvimentos e cumprirem as normas e regulamentos que forem estabelecidos.

Em resposta às condições de restrição cada vez mais rigorosas em termos de emissões, diversas tecnologias e dispositivos têm sido desenvolvidos para reduzir as emissões poluentes. Algumas destas tecnologias correspondem à aplicação de turbocompressores, conversores catalíticos, injeção eletrônica de combustível, gestão seletiva de gases e filtros de partículas, entre outros componentes.

Porém, o interesse no presente estudo é o catalisador, o qual possui um painel cerâmico impregnado com um revestimento de metais preciosos – paládio, ródio e platina que, ao entrarem em contato com gases nocivos, reagem e geram gases nobres ou inertes, menos poluentes ao atingirem a atmosfera.

Este dispositivo produz modificações químicas nos gases de escape dos automóveis antes de liberá-los na atmosfera. Estas modificações destinam-se a reduzir a proporção de alguns gases nocivos, principalmente monóxido de carbono, hidrocarbonetos e óxidos de azoto, que são formados no processo de combustão.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Apresentar a importância da qualidade de soldagem em catalisador automotivo a partir de um estudo de caso

1.1.2 Objetivos específicos

- Descrever os elementos importantes do motor dos automóveis, focando sua função e fatores que protege o meio ambiente, cujo dispositivo de interesse é o catalisador;
- Apresentar alguns tipos de soldagem industrial migrando para as peças automobilística;
- Apresentar o resultado de um estudo de caso de um catalisador que teve um problema devido a solda.

1.2 JUSTIFICATIVA

Não há dúvida de que a indústria automobilística está evoluindo a passos largos e a verdade é que o faz com o objetivo principal de fabricar carros mais seguros e eficientes, pensando sempre no meio ambiente. Sendo assim, um catalisador tem como função converter gases nocivos resultantes da combustão interna em outros inofensivos ou menos prejudiciais à saúde, cujo processo se chama catalisar.

O presente trabalho se justifica em analisar a causa da trinca de um catalisador de uma empresa de Limeira, cujo nome será preservado em decorrências dos direitos de imagem. Logicamente, para garantir o seu correto funcionamento, é fundamental que este dispositivo tenha uma boa fabricação, evitando esses tipos de problemas.

O problema dessa trinca pode ser por interferência no processo de solda, por contaminação, o componente em posição incorreta ou mesmo pelo tamanho do grão. Por isso, é de grande importância a qualidade da soldagem.

O presente trabalho ajudará profissionais da área fornecendo mais conhecimento e também vai contribuir para o meio acadêmico se tornando referências de outros estudos.

2 O MOTOR DE COMBUSTÃO INTERNA (ICM)

A necessidade de aplicar a energia mecânica nas suas diferentes tarefas levou o homem a desenvolver vários mecanismos que as facilitam. De simples alavancas a dispositivos complexos e sofisticados, tornaram-se ferramentas que permitem maior desempenho e utilidade ao homem, substituindo sua participação direta na execução de trabalhos mecânicos. (Machado Filho, 2021).

No processo de sofisticação dos dispositivos surgiram motores, conversores de tipos de energia potencialmente contida em energia de movimento. Assim surgiram os motores movidos a pressão de vapor, dando origem posteriormente aos motores de combustão interna, sendo estes últimos máquinas que produzem energia mecânica a partir da combustão de um combustível no interior de uma câmara que dele faz parte. (Almeida, 2018).

Com base no ciclo termodinâmico aplicado para o seu funcionamento, os ICMs são divididos em dois tipos básicos: os que aplicam o ciclo Otto (desenvolvido por Nikolaus Otto) e os que aplicam o ciclo Diesel (desenvolvido por Rudolf Diesel). Os primeiros exigem que a combustão seja iniciada por uma faísca e comumente utilizam gasolina ou gás como combustível, enquanto os últimos atualmente utilizam óleo diesel e iniciam a combustão por compressão de ar e seu consequente aumento de temperatura. (Machado Filho, 2021).

Em ambos os casos, o oxigênio do ar atmosférico é usado como oxidante. No entanto, a composição química do combustível e a existência de outros gases na atmosfera reagem durante a combustão, de modo que resultam inevitavelmente outros produtos derivados, como o dióxido de carbono e o monóxido de carbono (CO_2 e CO respectivamente), o dióxido de enxofre (SO_2), óxidos de nitrogênio (NO_x) e vários materiais particulados. (Almeida, 2018).

Estes compostos são lançados na atmosfera, constituindo emissões poluentes que alteram a qualidade do ar e que podem combinar-se com outros elementos para produzir substâncias nocivas à saúde e ao ambiente em geral. Portanto, tornou-se necessário o desenvolvimento de novos esquemas de geração de energia mecânica, dos quais se destaca o desenvolvimento de algumas tecnologias que podem ser aplicadas aos ICMs para reduzir as emissões poluentes. (Felisberto, 2021).

2.1 CONVERSOR CATALÍTICO - CATALISADOR

Idealmente, os produtos da combustão de combustível nos ICMS seriam água (H_2O) e dióxido de carbono (CO_2), que são inofensivos ao meio ambiente. Porém, devido à composição do ar atmosférico e à inevitabilidade de outras reações, são produzidos gases nocivos, como o monóxido de carbono (CO) e os óxidos de nitrogênio (NO_x , representando NO e NO_2). (Felisberto, 2021).

Os conversores catalíticos têm a função de converter poluentes perigosos em emissões menos nocivas antes de saírem do sistema de escape, utilizando um elemento catalisador. O catalisador provoca a ocorrência de uma reação química, sem ser afetado. Os conversores catalíticos foram utilizados pela primeira vez em automóveis fabricados em 1975, como resultado de requisitos regulatórios aprovados dois anos antes pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA). (Felisberto, 2021).

Estas exigências contemplavam a redução das emissões dos automóveis e a solicitação de uma diminuição gradual do teor de chumbo em todos os combustíveis. Conforme afirma Felisberto (2021), o chumbo ejetado pelos automóveis representava uma ameaça direta à saúde pública. Embora o conversor catalítico tenha sido desenvolvido desde a década de 1950, ele não pôde ser utilizado em veículos devido ao chumbo da gasolina.

O interior do conversor catalítico é um favo de mel de corredores revestidos com um catalisador como platina, ródio ou paládio. À medida que os gases de exaustão entram no dispositivo, o elemento catalisador induz uma reação química com compostos poluentes, como óxido nitroso, monóxido de carbono e hidrocarbonetos não queimados. (Almeida, 2018).

A partir desta reação catalisada, são obtidos então gás nitrogênio, dióxido de carbono e água. A Figura 1 mostra genericamente os diferentes componentes do conversor catalítico e as emissões resultantes.

Figura 1: Constituição de um conversor catalítico



Fonte: Good Year (2023)

Até o momento, três tipos de conversores catalíticos foram utilizados, denominados de duas vias, três vias e três vias mais ar. O primeiro conversor catalítico utilizado foi um conversor bidirecional, utilizado em automóveis nos Estados Unidos entre 1975 e 1980. Este conversor oxidou hidrocarbonetos não queimados e monóxido de carbono, produzindo água e dióxido de carbono. (Felisberto, 2021).

Posteriormente, o conversor de três vias, além de fazer o mesmo que seu antecessor, tinha a capacidade de reduzir os óxidos nitrosos em nitrogênio e oxigênio. O conversor de três vias mais ar desempenha a mesma função que o conversor de três vias, mas também adiciona ar entre os dois catalisadores internos, melhorando assim a oxidação do conversor. (Hoffmann, 2019).

A utilização de conversores catalíticos tem contribuído para a redução dos poluentes emitidos para a atmosfera, apoiada pelos controles impostos. De acordo Machado Filho (2021), aos controles impostos nos veículos vendidos atualmente emitem 96% menos monóxido de carbono, 98% menos hidrocarbonetos e 90% menos óxidos nitrosos do que os veículos vendidos na década de 1970.

Contudo, nos ICM que utilizam diesel, os próprios conversores não têm sido igualmente eficazes na redução de NOx, porque os motores diesel funcionam a temperaturas mais frias do que os motores convencionais a gasolina e os conversores funcionam melhor a temperaturas mais elevadas. (Hoffmann, 2019).

Além desses elementos que ajudam da preservação do meio ambiente existem outros como, recirculação de gases de escape (EGR), filtro de partícula, redução catalítica seletiva (SCR) e velas de ignição a laser, contudo, o interesse do presente

estudo é a qualidade da solda do catalisador, não mais importante que os demais elementos, mas, porque houve um problema de solda em um catalisador. (Felisberto, 2021).

A preocupação de longa data, mas atual, em reduzir as emissões dos motores de combustão interna que afetam a qualidade do ar atmosférico e promovem a poluição ambiental tem sido o principal impulsionador do desenvolvimento de tecnologias para produzir cada vez mais motores limpos. Estas tecnologias tentaram permanecer compatíveis para não afetar significativamente a eficiência ou a capacidade de entrega de potência dos motores. (Felisberto, 2021).

Da mesma forma, algumas destas tecnologias são compatíveis entre si, cuja aplicação combinada permite atacar o amplo espectro de produtos poluentes gerados durante a combustão, de modo que as emissões para a atmosfera sejam constituídas apenas por produtos inofensivos à saúde. (Machado Filho, 2021).

Estas tecnologias permitem que os motores modernos cumpram os requisitos internacionais de emissões poluentes. Contudo, cabe a cada país estabelecer as condições para que estes requisitos sejam cumpridos e respeitados, evitando que sejam prejudicados os benefícios das tecnologias sofisticadas dos motores modernos. Sendo assim, a soldadura desempenha um papel fundamental em qualquer processo de fabricação de produtos metálicos e, portanto, na indústria metalúrgica, estando ambos intimamente relacionados, pois dão resposta às necessidades da sociedade e às suas exigências diárias. (Lopes; Santos, 2020).

A soldagem consiste em unir peças de metal incorporando-lhes calor intenso. O calor permite fundir o metal que está a tratar, convertendo-o ao estado líquido para posteriormente solidificar e as técnicas para realizar este processo são diferentes, desde técnicas manuais até técnicas mecanizadas. (Lopes; Santos, 2020).

Para a fabricação mecânica é necessário compreender todas as técnicas de soldadura existentes para poder decidir quais delas é melhor e se adaptam as necessidades do momento. Para o próximo capítulo será apresentado as técnicas de soldagem.

2.2 A SOLDA

A solda é conhecida como a área de união entre peças, podendo ser de processo mecânico ou manual, pode ser manuseado em calor ou de pressão, também

pode ocorrer a fusão das duas conforme suas necessidades dentro do processo. A solda tem uma ordem de atribuições que pode revestir, unir e até mesmo refazer peças alterando ou não as propriedades e características originais. (Brandi, 2012).

Alguns acontecimentos que envolvem a transferência nos metais ainda são bem importantes, isso esclarece o fato de não serem muito estudados, em especial na transferência metálica de eletrodos revestidos. A inserção no conhecimento dos fenômenos tem muita valia para a melhoria do controle no processo de soldagem, cordões de solda bem definidos, a diminuição considerável de respingos, o cuidado sobre a penetração do passe, e a observação da quantitativa de calor na transferência metal de base e o controle de distorções nas estruturas soldadas. (Vilarinho, 2019).

2.2.1 Importância da soldagem

Após a terceira década, no processo metalúrgico certamente a soldagem é um meio mais barato e de grande importância na união de materiais, visto que, utilizava-se apenas rebites antes do surgimento da soldagem. Sua importância é descrita pelo simples fato de juntar peças metálicas, conceder flexibilidade em projetos, na redução de custos de fabricação e por ser usado facilmente em manutenção e recuperação de peças. (Vilarinho, 2019).

A soldagem tem um campo praticamente absoluto, por isso, sua aplicação se desdobra desde a montagem de uma simples cadeira com armação metálica até enormes navios e aeronaves com supremo padrão. Mas nada disso seria capaz sem a descoberta e o aperfeiçoamento da solda, sem a soldagem seria impossível a fabricação no setor naval, no setor industrial mecânico, no setor automobilístico, no setor aeronáutico, na construção civil, no setor nuclear, dentre outros. (Brandi, 2012).

2.2.2 Solda por arco elétrico

A explicação do arco elétrico pode ser dada como a descarga elétrica protegida através do gás ionizado, que se inicia através de certa quantidade de elétrons que são enviados pelo catodo (eletrodo negativo) onde recebe aquecimento e preserva a ionização térmica do gás. (Brandi, 2012).

Conforme entendimento de Harris (2016), o calor é devido a correta movimentação das cargas eletricamente ativadas no arco de um eletrodo permanente,

isso se dá devido a ocorrência de choque entre as cargas fazendo com que produzam calor. No arco, os íons positivos devem ser considerados estáticos pelo fato de ser confrontado com a velocidade de elétrons, isto torna estes os principais responsáveis por gerar o calor.

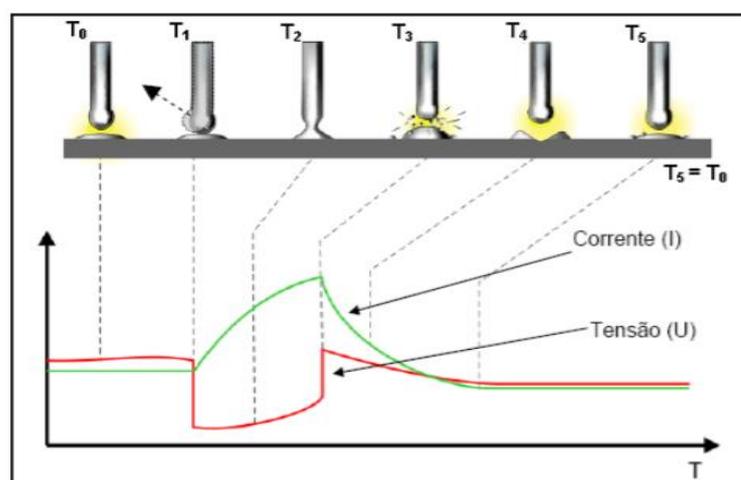
Ainda que para saber qual a relevância do elétron no aquecimento, basta exclusivamente saber que no impacto o elétron com o átomo de hélio, uma porcentagem de somente 0,06% de toda a energia aglomerada através do elétron será transferida para o átomo, causando um aquecimento de 0,001°C por colisão. (Brandi, 2012).

2.2.3 Transferência metálica por curto circuito tradicional

Na transferência metálica por curto circuito, o metal é transportado por meio do curto circuito elétrico, quando existe o contato da gota, constituída na extremidade do arame eletrodo, com a poça de fundição. (Vilarinho, 2019).

Segundo os autores Scotti e Ponomarev (2018), a gota é movida por tensão superficial e acontece com um arco curto com tensão de solda de 13 a 23 V e uma corrente pequena a moderada. A regularidade de transferência das gotas é de 20 a 200 vezes por segundo. São usados constantemente arames na faixa de 0,8 mm a 1,2 mm de diâmetro. Já de acordo com Machado (2016), esse método de transferência gera uma poça de fundição moderadamente baixa, porém de rápida condensação. A figura 2 representa um esboço da conduta dos sinais de corrente e tensão no decorrer da transferência por curto circuito.

Figura 2: Tensão e transferência por curto circuito



Fonte: Costa (2015).

Na fase inicial da transferência (T0) a gota metálica é constituída na extremidade do arame eletrodo. No começo do curto circuito (T1), instante em que a gota toca a poça de liquefação, tem o breve fim do arco, onde é provável contemplar uma caída abrupta da tensão, ao mesmo tempo em que a corrente começa a ampliar. (Costa, 2015).

Já no decorrer da fase de curto circuito (T2), a tensão mantém-se baixa e a corrente de solda segue ampliando, contribuindo para a composição do pescoçamento entre a gota e a extremidade do eletrodo, favorecendo no realce da gota. A densidade elevada da corrente nessa fase expande a ação do efeito Pinch, ocasionando no realçamento da gota. (Scotti; Ponomarev, 2018).

Já no final do curto circuito (T3), com o destaque da gota metálica, acontece o reinício do arco e o aclave rápido da tensão. Logo após, nas fases T4 e T5, a corrente declina repondo o equilíbrio entre a taxa de fundição e a velocidade de soldadura, começando a criação de uma nova gota. (Costa, 2015).

2.2.4 Transferência por curto circuito controlado

Os processos de solda que utilizam da transferência por curto circuito controlado são provenientes dos processos MIG/MAG com transferência por curto circuito tradicional, no qual usam técnicas de controle externo para o melhoramento da transferência de metal. (Scotti; Ponomarev, 2018).

Segundo ELincoln (2020), o progresso desses processos tem como finalidade usufruir os benefícios da transferência de metal por curto circuito, como por exemplo, menor contribuição térmica e a competência de desempenhar soldagens em todas as posições, excluindo ou diminuindo os obstáculos do processo tradicional, como a criação elevada de fumos e respingos, fora a irregularidade na transferência de metal.

2.2.5 Transferência metálica no processo MIG/MAG

A forma por qual o metal fundido é transportado da extremidade do eletrodo consumível para a poça de liquefação, desempenha um influxo volumoso sobre a performance do processo MIG/MAG, sendo capaz de atingir sem desvios a firmeza do processo, a criação de respingos, a competência posicional do processo, a geometria e o aspecto visual da soldagem (Norrish, 2022).

Conforme os autores Kim e Eagar (2015), várias irregularidades operacionais são habilitadas para manipular o modo de transferência do metal para a poça de fundição, dos quais destacam-se a corrente de soldadura, a formação do gás de proteção, a ampliação revitalizada do eletrodo e a polaridade. A importância dessas inúmeras irregularidades operacionais na transferência do equipamento resulta-se assim em diversas maneiras de transferência da gota.

Assim sendo, Scotti *et al.*, (2014) aponta que existem diversas categorias para os modos de transferência, dos quais são: globular, curto circuito, goticular, goticular com alongamento e rotacional. O autor cita também que é provável que aconteça parcerias dos métodos básicos de transferência ocasionando em globular/curto circuito, globular/curto circuito/globular, globular/curto, circuito/goticular ou goticular com alongamento, globular/goticular e globular/ricocheteamento.

Conforme entendimento de Scotti e Ponomarev (2018), em um ponto de vista essencial chamado Modos Fundamentais de Transferência Metálica, isto é, um agrupamento de tipos de transferência que acontecem de maneira diferente, podem ser considerados em naturais e controlados (figura 3).

Figura 3: Classificação de Modos Fundamentais / Transferência Metálica pelo IIW

Proposta de Classificação Pelo IIW	Fundamental		A		B		C	D		E
	Curto - Circuito		Globular		Pulsada Projetada		Goticular (Spray)		Rota-cional	
	An	Ac	B1	B2			D1	D2		
Modo	Curto- Circuito	Curto- Circuito Controlado	Globular em Gotas	Globular repelida	Pulsada	Goticular	Elongamento (streaming)	Explosiva	Rotacional	
Tipo Fundamental	Natural	Controlado	Natural	Natural	Controlado	Natural	Natural	Natural	Natural	
Transferência										

Fonte: Santos (2016).

Contudo, o modo natural se define pelo acontecimento da transferência de metal sem controle da fonte, ao passo que no modo controlado, a transferência acontece pela necessidade de controle da fonte. A figura 3 retrata a categorização das diferentes maneiras de transferência metálica. (Santos, 2016).

2.3 TRANSFERÊNCIA GLOBULAR

A transferência globular é definida pela transferência irregular de gotas amplas (comprimento da gota ultrapassa o diâmetro do arame antes do realce), essa transferência acontece caracteristicamente com correntes baixas a moderadas, no entanto, com tensões elevadas para não deixar acontecer um curto circuito com baixas regularidades de destaque. (Scotti; Ponomarev, 2018).

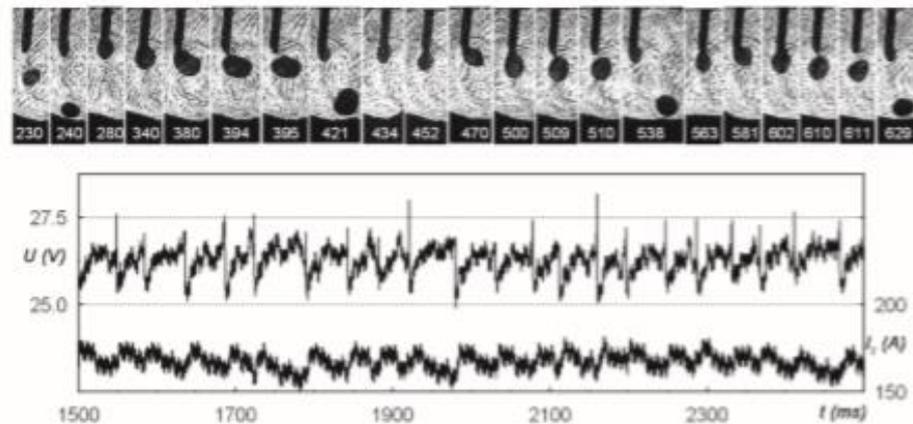
2.3.1 Transferência metálica globular

Esse modo de transferência acontece quando se usa tensões de arco de baixas a elevadas, isto é, arcos amplos para impedir curto circuito e correntes menores, representando basicamente pela transferência assimétrica de gotas maiores, nesse caso, maiores que o diâmetro do eletrodo, em frequência menor, cerca de 1 a 10 gotas por segundo. (Scotti; Ponomarev, 2018).

O comprimento, a forma e a posição da gota, bem como sua frequência de transferência, consistem, essencialmente, do diâmetro e formação do arame eletrodo, do gás de proteção e da intensidade da corrente de solda. No decorrer da produção e o realce da gota, a resistência elétrica na parte gota-arco, vai se transformando gradativamente, significando um caráter dinâmico específico aos sinais de I e U. (Scotti; Ponomarev, 2018).

Entretanto, ao longo da composição da gota, mantém-se no eletrodo por conta da ação definida das forças de tensão superficial e de atomização. Conforme o volume da gota amplia suficientemente, o seu peso e, em escala pequena, a força eletromagnética e a força de arraste excedem as forças contrárias à transferência, provocando assim o destaque. Esta conduta explica a pequena taxa de transferência, ao mesmo tempo em que a corrente dificulta atingir uma taxa elevada de deposição do arame, que é a pequena eficácia de criação. (Scotti; Ponomarev, 2018).

Figura 4: Transferência metálica no modo globular



Fonte: Scotti; Ponomarev (2018).

Na figura 4 apresenta um exemplo da transferência metálica no modo globular, compreendido por 2000 quadros por segundo, já na vista inferior, observa-se oscilogramas típicos deste tipo de transferência, ou seja, gás de proteção Ar + 5%O₂; arame de aço carbono de 1,0 mm de diâmetro; $U_a = 28,0$ V; V_{lim} de 5,7 m/min; $I_s = 164,7$ A; V_s de 30 cm/min; DBCP de 18 mm. (Scotti; Ponomarev, 2018).

2.4 TRANSFERÊNCIA GOTICULAR (SPRAY)

A transferência goticular, ocorre quando o metal se transmite na forma de gotas menores com diâmetro quase igual ao do eletrodo. Em frequências elevadas ante a ação de forças intensas eletromagnéticas é definida por tensões elevadas e correntes de solda (para cima da corrente de transição globular – goticular). É um tipo de transferência fixa, baixa formação de respingos e de alta criação. Todavia, é por conta das correntes elevadas, é apontado para soldas na posição nivelada e de chapas grossas. (Suban; Tusek, 2017).

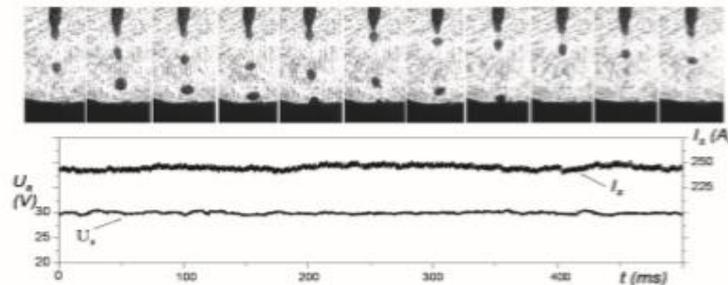
2.4.1 Transferência Metálica Goticular (spray)

Esse modo de transferência é denominado pelo termo spray ou *projected spray*, que em português, é goticular. Ela é definida pela transferência de gotas menores, ou seja, com o diâmetro aproximado ao do eletrodo, de forma linear e em frequência elevada. Por conta disso, os oscilogramas de corrente e tensão desse modo de

transferência não apresenta modificações consideráveis dos sinais. (Suban; Tusek, 2017).

Geralmente na soldadura MIG/MAG com polaridade CC+, com correntes elevadas, ou seja, com forças eletromagnéticas elevadas, e tensões altas, assegurando um arco comprido o bastante, rememorando que a particularidade estática de arcos MIG/MAG é antigo, isto é, para um mesmo tamanho de arco a tensão deve ser maior do que em correntes pequenas e a atmosfera benévola à base de argônio. (Scotti; Ponomarev, 2018).

Figura 5: Variação da tensão e da corrente de soldagem



Fonte: Scotti; Ponomarev (2018).

Na figura 5 apresenta um exemplo de variações da tensão e da corrente de soldagem em condições da transferência goticular (Scotti; Ponomarev, 2018).

2.4.2 Transferência metálica goticular rotacional

Para as correntes grandes em comparação as da transferência goticular com alongamento, uma nova mudança acontece na forma transferência metálica. A ponta do eletrodo torna-se muito quente, expandindo o tamanho da coluna de metal pastoso na extremidade do eletrodo. (Scotti; Ponomarev, 2018).

Entretanto, nesta situação, o campo magnético, formado pela corrente de solda elevada, está capacitado para produzir um efeito torsional no alongamento do eletrodo, de forma que seu suporte passe a elaborar um movimento de circuito em formato de cone ou até mesmo de espiral. (Suban; Tusek, 2017).

Nessas circunstâncias, a transferência deixa de ser axiforme, as gotas passam a ser transportadas no caminho transversal, ou seja, quase radial do arco,

ocasionando geralmente uma enorme quantidade de respingos finos. (Scotti; Ponomarev, 2018).

2.4.3 Transferência com alongamento (streaming)

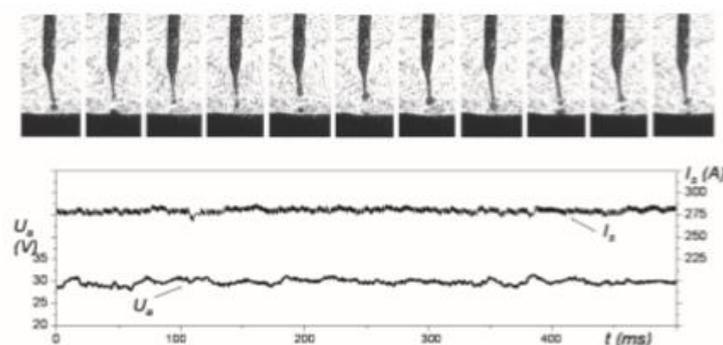
Esse tipo de transferência é caracterizado por níveis de altas correntes, Scotti e Ponomarev (2018), diz que o arco sobe a superfície do eletrodo esquentando-o demais e transformando-o em uma área pastosa sobre a extremidade do eletrodo, e por obra das forças eletromagnéticas incluídas acontece o alongamento, gerando gotas diminutas, com diâmetros pequenos em comparação ao diâmetro do eletrodo que se solta em frequência elevada.

Também se qualifica pela pequena formação de respingos, mostrando alta contribuição térmica e taxa de fundição, sendo usada para soldar chapas grossas na posição nivelada. (Suban; Tusek, 2017).

2.4.4 Transferência Metálica Goticular com Alongamento

Na transferência goticular, a extremidade do eletrodo vem a ser estreita no decorrer da criação de gotas, porém, o tamanho desse estreitamento é pequeno, ou seja, menor ou idêntico ao diâmetro do eletrodo. Para as correntes maiores as transferências goticulares, o arco inicia seu aceso à superfície do eletrodo, esquentando-o demais e deixando pastoso um tamanho de superfície cilíndrica sobre a extremidade dele. (Scotti; Ponomarev, 2018).

Figura 6: Variações de tensão e corrente da soldagem por goticular com alongamento



Fonte: Scotti; Ponomarev (2018).

Desse modo, com o auxílio das forças eletromagnéticas, a extremidade do eletro permanece alongado e gotas menores se soltam em frequência elevada, a começar da extremidade deste tamanho com alongamento. Na figura 6 mostra as Variações da tensão e da corrente de soldagem em condições da transferência goticular com alongamento (Scotti; Ponomarev, 2018).

3 METODOLOGIA

Na busca de atender o presente estudo foi realizado uma pesquisa bibliográfica de cunho qualitativo, descritivo e exploratório. Pesquisa bibliográfica nada mais é que a busca por conhecimento apoiando em livros, revistas, publicações periódicas, jornais, monografias entre outros, de cunho qualitativo pela interpretação de fenômenos estudados, descritivo pelo fato de descrever os conteúdos observados sem interferir neles e exploratório por proporcionar maiores informações sobre determinado assunto.

Demo (2012, p. 34) insere a pesquisa como atividade cotidiana considerando-a, um “(...) questionamento sistemático crítico e criativo, mais a intervenção competente na realidade ou o diálogo crítico permanente com a realidade em sentido teórico e prático”.

Do ponto de vista de sua natureza, essa pesquisa será classificada como pesquisa aplicada, vez que se direciona à solução de problema específico e importante para a população. Tem caráter descritivo, quanto aos seus objetivos, por envolver padronização de coleta de dados e observação.

Não há pesquisa sem método e corroborando essa assertiva define-se o método científico como:

Todas as ciências caracterizam-se pela utilização de métodos científicos (...) Não há ciência sem o emprego de métodos científicos. Assim, o método é o conjunto das atividades sistemáticas e racionais (...) permite traçar o caminho a ser seguido, detectando erros e auxiliando as decisões do cientista (Marconi; Lakatos, 2021, p. 83).

Com base neste autor, para que haja fidedignidade em uma pesquisa torna-se necessário a adoção de critérios norteadores para o transcorrer do estudo. Partindo deste pensamento Demo (2012) ressalta que ciência é questão de método, e o conhecimento científico só é considerado científico se realizado sob estratégia metodológica e controlada. Diante do proposto pelos autores o método é o ápice de toda pesquisa científica, pois através do mesmo há um direcionamento sistêmico e direcional ao objeto que se faz estudar.

Nesse sentido, será adotado no presente estudo o modelo descritivo no qual são observados os fatos e registrados, classificados, sem que haja interferência do pesquisador, envolvendo o uso de técnicas padronizadas para coleta de dados, Marconi e Lakatos (2021) apresentam um delineamento transversal e comparativo

com abordagem quantitativa, tendo como ponto central a análise a importância da soldagem de qualidade nos elementos automotivos.

Complementando Gil (2021), contribui que o objetivo principal das pesquisas descritivas encerra a descrição das características da população, o estabelecimento de relação entre as variáveis de forma linear na coleta dos dados. Partindo do exposto a respeito do modelo descritivo a pesquisa se desenvolve no sentido de relacionar e classificar os dados obtidos através das pesquisas bibliográfica com as variáveis de forma a descrevê-los.

Conforme o autor a pesquisa exploratória é:

Este tipo de pesquisa tem como objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou a construir hipóteses. A grande maioria dessas pesquisas envolve: levantamento bibliográfico (...); e análise de exemplos que estimulem a compreensão. (Gil, 2021 p. 45).

Na assertiva de melhor delineamento do tema e a fixação dos objetivos proposto, Marconi e Lakatos (2021), posicionam-se que a pesquisa exploratória possibilita maior afinidade com assunto pois a mesma realiza um levantamento prévio bibliográfico que possuem experiência prática no assunto.

Desta forma a revisão bibliográfica é necessária para que o pesquisador possa discorrer a respeito da temática de forma explícita e coerente, bem como a possibilidade do levantamento de questões com base em pesquisa que possuem a vivência prática em determinadas áreas.

Todavia, este estudo também adotará o caráter comparativo sendo este definido por Marconi e Lakatos (2021) como o método que realiza comparações com o propósito de verificar a similaridade e explicar as divergências, deste feito permite ao pesquisador uma análise dos dados concretos do estudo de caso

Para Fachin (2017), o método comparativo consiste em verificar as coisas, fatos e explicá-los conforme suas particularidades e divergências, tomando por base duas séries ou fatos de natureza análoga, com intuito de estabelecer o que há de comum entre estes. Assim, para tornar consistente o presente estudo se embasará em estudos já existentes com a finalidade de subsídio científico e comparativo, para que se busque alternativas viáveis e confiáveis como forma de solucionar os pontos levantados.

Já para Gil (2021) a pesquisa é uma forma técnica pela qual busca-se obter um conjunto de informações sobre a temática abordada, podendo ser caracterizada

como auto aplicável direcionando as questões específicas e assim poder descrever as particularidades da população.

Desta feita, a utilização do levantamento bibliográfico permite que a população demonstre o seu conhecimento em relação aos objetivos propostos de formar e sem sofrer interferência do pesquisador, sendo que o mesmo no processo de análise e interpretação dos dados poderá constatar quais as características e levantar medidas apropriadas para solucionar o objeto de estudo e que melhor se aplique. (Fachin, 2017).

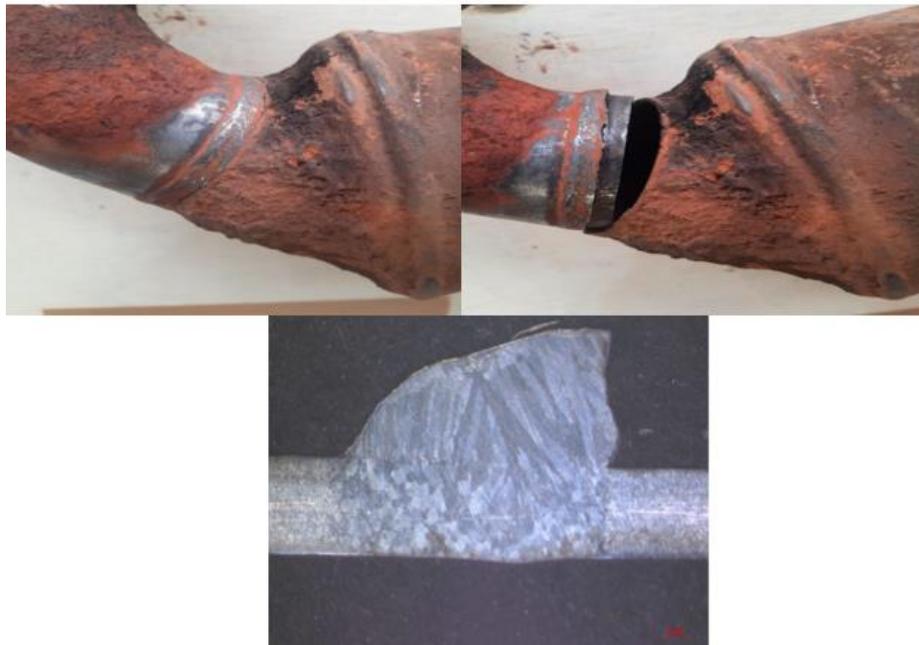
Diante de tais informações, a pesquisa deve buscar, levantar e apresentar os dados de forma que estes sejam o retrato fidedigno da população estudada para que as medidas sugeridas e adotadas para solucionar as questões levantadas sejam coerentes e aplicáveis de forma direcional aos envolvidos.

4 ESTUDO DE CASO

O presente estudo de caso foi sobre um catalisador (figura 7), o qual possui um painel cerâmico impregnado com um revestimento de metais preciosos – paládio, ródio e platina que, ao entrarem em contato com gases nocivos, reagem e geram gases nobres ou inertes, com menor produção de poluentes ao atingirem a atmosfera.

Trata-se de uma peça que é solicitada por legislação de trânsito e que precisa ser de boa qualidade, visto que, a mesma limita a emissão de poluentes que são lançados na atmosfera, o qual é produzido pelo motor de combustão interna, que fornecem a energia mecânica necessária para movimentar uma ampla gama de máquinas e veículos.

Figura 7: Catalisador



Fonte: Autoria própria (2023)

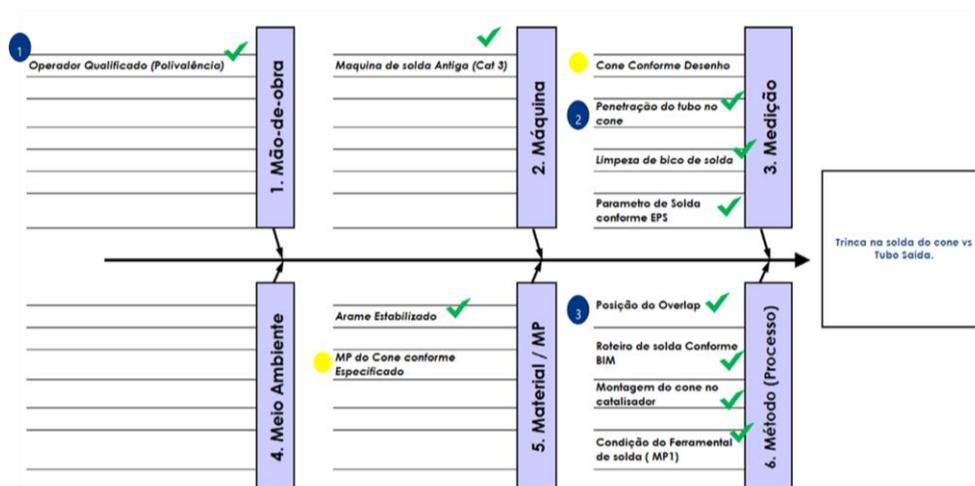
A figura 7 apresenta o catalisador de uma empresa de autopeça de Limeira, a qual recebeu a informação de um cliente que o catalisador adquirido apresentava um rompimento de solda, uma trinca, e a partir disso começou o estudo da presente peça. Foi a partir desse momento que iniciou o estudo, pois o interesse foi analisar as razões que levou a esse problema.

Sendo assim, foi utilizado o diagrama Ishikawa, conhecido também como diagrama de causa e efeito, o qual permite identificar as raízes do problema. É muito

usado em diversas indústrias como farmacêuticas, alimentícias, manufaturas e outras, visto que, pode ter um aumento de eficiência nos processos de 25% e ainda reduzir o tempo que for necessário para resolução de problema em até 50%. (SiteWare, 2023).

O diagrama de Ishikawa (figura 8) é representado por ramificações que correspondem por diversas categorias de possíveis causas do efeito ou problema e cada categoria é se divide em subcategorias, desta forma é possível detalhar as causas nas longas ramificações. Basicamente, esse processo se conduz a partir de uma equipe multidisciplinar que conjuntamente vai trabalhar para analisar e identificar as causas. A partir desse momento é tomada as medidas para melhor ou corrigir o processo, garantindo uma solução eficaz. (SiteWare, 2023).

Figura 8: Diagrama de Ishikawa

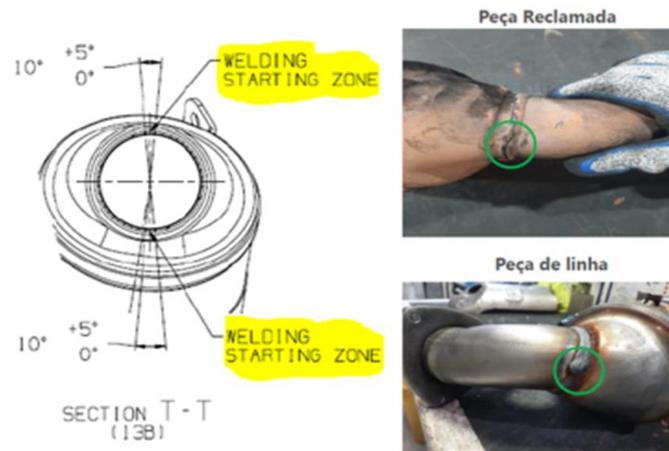


Fonte: Autoria própria (2023)

A utilização do diagrama de Ishikawa parte do conceito de que todo o problema possui uma causa específica, sendo assim, eliminar essa causa pela raiz, automaticamente elimina-se o problema. Portanto, para encontrar o problema, o método sugere que a análise de cada sugestão da causa seja realizada por uma equipe.

Os possíveis pontos levantados foram a mão-de-obra, o meio ambiente, alguns tipos de materiais usados, a máquina, documento e até a medição. Desta forma foi feito o preenchimento do Ishikawa e realizado um desenho da peça (figura 9) para compreender onde foi iniciado o roteiro da solda e onde deveria ser finalizado e contou que estava tudo correto.

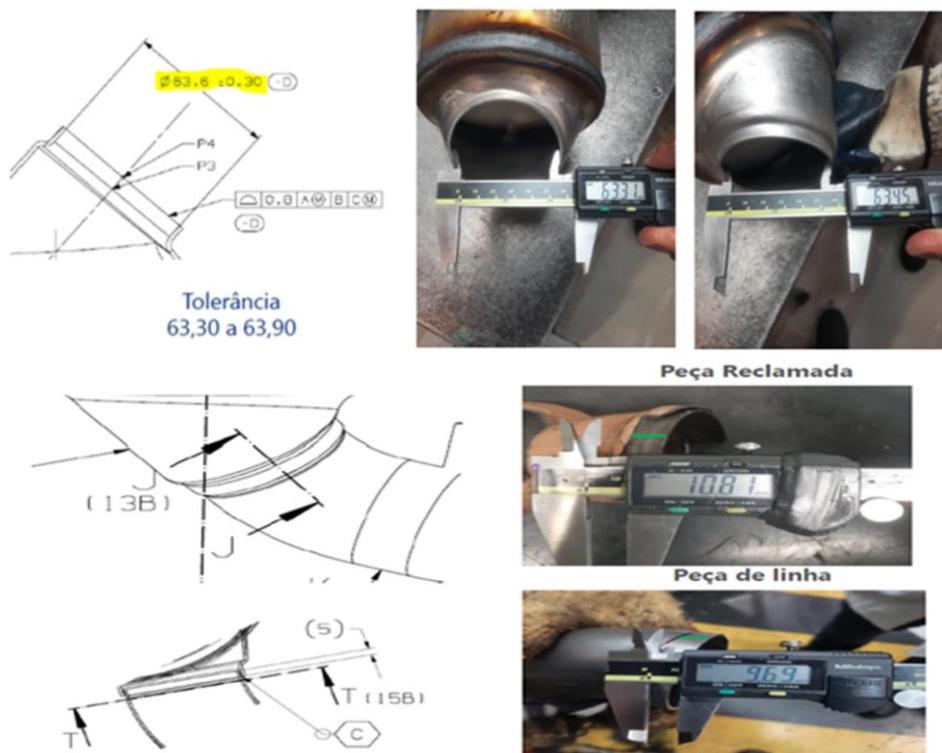
Figura 9: Posição do Everlap – desenho da peça



Fonte: Autoria própria (2023)

O próximo desenho (figura 10) foi realizado as medidas do tubo e do catalisador para saber se a penetração estava correto e foi constatado que estava tudo em ordem.

Figura 10: Cone – medidas da penetração



Fonte: Autoria própria (2023)

Posteriormente ocorreu ações para garantir a repetitividade, conforme apresenta a figura 11, onde criou-se um gabarito para poder monitorar a solda e

principalmente a criação de um roteiro documento feito para monitorar o roteiro do processo do robô.

Figura 11: Gabarito e documento para monitoração e roteiro do robô

Condição - OK

Chapelona deve encostar no cone, para garantir a distância do cordão de solda.

Condição - NOK

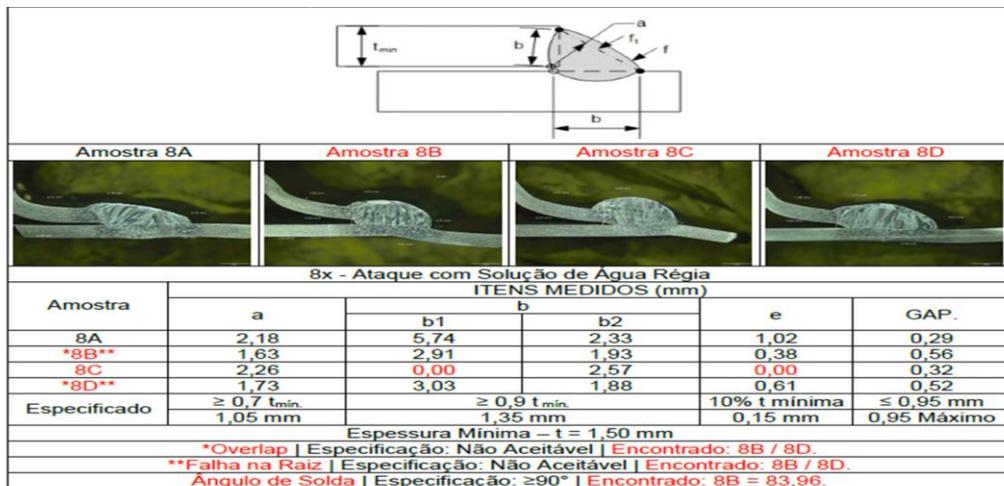
Verificação incorreta do cordão de solda, visto que o mesmo, não encosta no cone

Dia 11-09			Dia 12-09			Dia 13-09			Dia 14-09		
Ponto Início	Ponto Meio	Ponto Fim	Ponto Início	Ponto Meio	Ponto Fim	Ponto Início	Ponto Meio	Ponto Fim	Ponto Início	Ponto Meio	Ponto Fim
11-05	11-05	11-05	11-01	11-01	11-01	11-11	11-11	11-05	11-1	11-05	11-1
11-05	11-05	11-05	11-05	11-05	11-05	11-05	11-05	11-05	11-05	11-05	11-05
11-05	11-05	11-05	11-05	11-05	11-05	11-05	11-05	11-05	11-05	11-05	11-05
11-05	11-05	11-05	11-05	11-05	11-05	11-05	11-05	11-05	11-05	11-05	11-05
11-05	11-05	11-05	11-05	11-05	11-05	11-05	11-05	11-05	11-05	11-05	11-05
11-05	11-05	11-05	11-05	11-05	11-05	11-05	11-05	11-05	11-05	11-05	11-05
11-05	11-05	11-05	11-05	11-05	11-05	11-05	11-05	11-05	11-05	11-05	11-05
11-05	11-05	11-05	11-05	11-05	11-05	11-05	11-05	11-05	11-05	11-05	11-05
11-05	11-05	11-05	11-05	11-05	11-05	11-05	11-05	11-05	11-05	11-05	11-05

Fonte: Autoria própria (2023)

Na realização de teste, na figura 12 apresenta a redução nos parâmetros de solda realizado através da macrografia

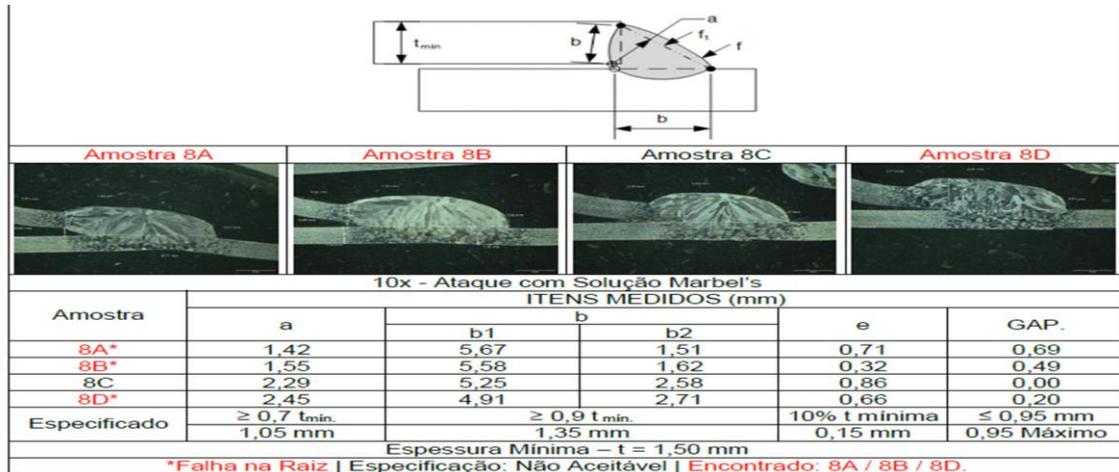
Figura 12: Parâmetro de solda



Fonte: Autoria própria (2023)

Na figura 13 encontra-se a troca do arame apresentada também pela macrografia.

Figura 13: Troca de arame



Fonte: Autoria própria (2023)

Como se trata de um processo automatizado feito pelo robô, deve ser confirmado se ele realmente está na posição correta. Com a macrografia foi realizando testes e um estudo se poderia chegar em algum resultado que pudesse diminuir o tamanho do grão, conforme a empresa do catalisador havia comentado.

Então foi usado uns parâmetros diferentes, onde foi usado um arame especial com estabilizante e com uma porcentagem considerável de titânio, cujo objetivo foi analisar uma possível estabilidade melhor, contudo, foi inerente. Desta forma, fica evidente que deveria ter um controle nos componentes para não favorecer essa trinca de quebra, visto que, alguns componentes não possuem seu comprimento correto.

5 DISCUSSÃO

Ao observar as inspeções de soldagem de peça automotiva e as aplicações em que elas podem ser utilizadas, o campo de possibilidades se abre. Desde MIG e MAG até brasagem a laser, todas essas aplicações exigem inspeção para garantir que atendem às especificações do processo e que são adequadas para automação. Isto está se tornando cada vez mais importante à medida que as empresas estão percebendo que quando há soldagem em peças automotivas críticas, especialmente peças muito caras, não pode se dar ao luxo de adotar uma abordagem indiferente para executar essa tarefa complexa. (Pinto; Okada, 2022).

Muitos clientes que agora produzem racks e componentes relacionados exigem ou exigem que a aquisição de dados e a rastreabilidade sejam evidentes. Com exigências e regulamentações de segurança mais rígidas, os fabricantes percebem a necessidade de fornecer um nível adicional de segurança no processo de inspeção. (Contrera, 2019).

O objetivo é ajudar a garantir que o mais alto nível de qualidade seja mantido e que as peças fornecidas sejam excelentes. Para estes fabricantes, é especialmente crítico ter todo o processo de inspeção de soldagem em ordem. (Contrera, 2019).

Muitas vezes, pode estar soldando uma tampa ou peça final que está em cima de algo que já soldado. Quando chega ao fim da linha, pode ser tarde demais para inspecionar essas soldas, pois elas estão ocultas. Como há uma chance de que essas soldas estejam com defeito, a chance de problemas chegarem ao campo e levarem à falha do produto ou possivelmente a um recall aumenta muito. (Pinto; Okada, 2022).

Isto não é limitado por um processo de soldagem ou seleção de material. É possível avaliar soldas em aço inoxidável, alumínio, aço galvanizado, etc. Geralmente é indiferente ao material que está soldando devido, em parte, aos filtros e algoritmos avançados que esses pacotes usam. (Contrera, 2019).

Com base no tamanho compacto dos sensores, pode acessar locais apertados e utilizá-los montados em um robô. Isso permite mover o sensor para a peça ou a peça para o sensor. Em certos casos, é bastante comum utilizar dois scanners robóticos ao mesmo tempo, o que reduz tempos e permite aumentar a velocidade de produção. (Contrera, 2019).

A qualidade da resistência de uma junta soldada está intimamente relacionada à eficiência da junta, determinada pela resistência dos materiais, bem como pelo processo de soldagem. (Pinto; Okada, 2022).

A relação entre a eficiência da junta, a resistência da junta soldada e a resistência dos materiais de base pode ser expressa da seguinte forma: uma junta de topo de aço estrutural aumenta a resistência do metal de solda e da zona afetada pelo calor para ser maior do que a resistência dos materiais de base. Quando uma carga atua numa direção perpendicular a tal junta, é muito provável que ocorram fraturas no material de base e não na junta. Isso ocorre porque a ductilidade e a resistência da junta são iguais ou maiores que a resistência do material de base. Neste caso, a eficiência conjunta pode ser estimada em 100% ou mais. (Pinto; Okada, 2022).

Por outro lado, a soldagem com alto aporte térmico de aços de alta resistência à tração ou ligas de alumínio, ou soldagem de aços inoxidáveis austeníticos endurecidos ou ligas de alumínio tratadas termicamente, causa o amolecimento da área afetada pelo calor durante a soldagem. Se a resistência resultante do metal de solda for menor que a do material de base, a junta fratura. Neste caso, a eficiência conjunta pode ser estimada entre 70 e 80% ou menos. (Contrera, 2019).

Por exemplo, defeitos num cordão afetam grandemente não só a aparência, mas também a resistência. Isso significa que defeitos de aparência, como corrosão por corrosão, goivas, sobreposições, reforço insuficiente, trincas superficiais, ranhuras remanescentes e impactos de arco, representam diretamente defeitos na qualidade da solda. (Contrera, 2019).

6 CONCLUSÃO

As grandes indústrias têm constantemente procurado melhorias nos processos de soldagem. Entretanto, as mesmas têm notado que as soldagens acabaram entrando no mercado para revolucionar em diferentes segmentos, como montagem, fabricação, e até mesmo nas mais diversas linhas de produção.

Para evitar defeitos de soldagem e melhorar a qualidade, é importante selecionar os materiais e processos apropriados para a aplicação na fase de projeto de soldagem. Porém, mesmo que o projeto seja adequado, os defeitos produzidos durante a soldagem terão grande influência na qualidade.

Sendo assim, conclui que, se tiver a repetitividade dos componentes e se seguir as documentações com EPS e instrução de trabalho corretamente, se tem um processo robusto, confiável e de qualidade.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, U. S. **Preparação de um motor de combustão interna ciclo Otto com foco em provas de automobilismo recreativo**. TCC apresentado à Faculdade Presidente Antônio Carlos de Conselheiro Lafaiete, 2018.

AVENTA. **Infográfico história da soldagem**. 2019. Disponível em: <https://aventa.com.br/novidades/infografico-historia-da>- Acesso em: 15 out. 2023.

BONET, J. **Historia de la soldura**. 2023. Disponível em: <https://joanbonetm.wordpress.com/2019/06/18/historia-de-la-soldadura/#:~:text=Los%20primeros%20ejemplos%20de%20soldadura,a%20soldar%20trozos%20de%20hierro>. Acesso em: 13 out. 2023.

BRANDI, S. D. **Soldagem: Processos e metalurgia**, São Paulo, Editora Blucher, 2012

COSTA, T. F. **Aplicação de processo MAG curto circuito convencional e controlado na soldagem de dutos de aço carbono**. Dissertação de Mestrado de Engenharia Mecânica. Universidade Federal de Uberlândia – MG. 2015.

CONTRERA, A. L.G. **Implantação do programa 5s no setor de solda em uma empresa do ramo metalúrgico**. Marília. Curso de Engenharia de Produção da Fundação de Ensino “Eurípides Soares da Rocha”, mantenedora do Centro Universitário Eurípides de Marília –UNIVEM. 2019

DEMO, P. **Metodologia para quem quer aprender**. São Paulo: Atlas, 2012.

FACHIN, O. **Fundamentos de metodologia**. 6. ed. São Paulo: Saraiva, 2017.

FELISBERTO, L. H. **Estudo de melhoria de desempenho de um motor de combustão interna ciclo Otto com foco em aumento de potência: o caso do veículo Ford Corcel 1, ano de fabricação 1975**. Monografia (Graduação em Engenharia Mecânica) - Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2021

GIL, A. C. **Como fazer pesquisa qualitativa** / Antonio Carlos Gil. – 1º ed. – Barueri (SP). Atlas, 2021

GOODYEAR. **Catalisador: o que é, para que serve e como reparar em caso de avaria**. 2023. Disponível em: <https://www.abcpneus.net/catalisador-o-que-e-para-que-serve-e-como-reparar-em-caso-de-avarria> Acesso em: 10 out. 2023

HARRIS, D. M.- **Welding Fume Extraction, a Guide to Equipment Selection; Metal Construction**, v.14, nº, 4, 2016, p.186-91.

HOFFMANN, S. B., **Análise de veículo movido por um motor de combustão interna de ciclo Otto Aspirado e sobrealimentado**. Trabalho de conclusão de curso apresentado à Universidade de Caxias do Sul, 2019

KIM, Y. S; EAGAR T. W. Analysis of Metal Transfer in Gas Metal Arc Welding. **Journal. Welding Research Supplement**. Volume 72, nº6, p.269-278, AP 1993 KIM e EAGAR (2015)

LINCOLN. **Technology gets to the root of pipe welding**. 2020. Disponível em: www.lincolnelectric.com. Acesso em: 1 nov. 2023

LOPES, F. E; SANTOS, F. S. **Estudo sobre a evolução dos processos de união da indústria automobilística**. Monografia – Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG. Departamento de Engenharia Mecânica. 2020.

MACHADO, I. G. **Soldagem e Técnicas. Conexas – Processos**. Livro, Porto Alegre, 2016

MARCONI, M. A; LAKATOS, E. M. **Metodologia do Trabalho Científico**. 9° ed. São Paulo: Editora: Atlas, 2021

MACHADO FILHO, M. C. **Concepção e avaliação experimental de uma bancada estacionária para a análise do rendimento térmico de radiadores de veículos pesados**. 2021. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2021.

NORRISH, J. **Advanced welding process**. IOP Publishing LTD. ISBN: O: 85274 – 325-4. 2022.

PINTO, A. C. L.; OKADA, R. H. A importância da automação no sistema de soldas da indústria automotiva. **Revista Interface Tecnológica**, [S. l.], v. 19, n. 2, p. 1030–1042, 2022. DOI: 10.31510/infa.v19i2.1553. Disponível em: <https://revista.fatectq.edu.br/interfacetecnologica/article/view/1553>. Acesso em: 10 nov. 2023.

SANTOS, R. P. G. **Uma avaliação comparativa dos processos MIG/MAG e eletrodo tubular em termos de Capacidade produtiva, geração de fumos e de respingos**. Dissertação de Mestrado do curso de Engenharia Mecânica. Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia/MG. 2016.

SITWARE. **Diagrama de Ishikawa: o que é e como fazer?** 2023. Disponível em: <https://www.siteware.com.br/metodologias/diagrama-de-ishikawa/> Acesso em: 10 nov. 2023.

SCOTTI, A; PONOMAREV, V; **Soldagem MIG/MAG: Melhor Entendimento, Melhor Desempenho**. São Paulo. Artliber Editora. 2018.

SCOTTI, A. *et al.* **Mapeamento da transferência metálica em MIG com ao inoxidável**. XXIV. Fortaleza. CE. 2014.

SUBAN, M; TUSEK, J. Dependence of melting rate in MIG/MAG welding on the type of shielding gas used. **Journal of Materials Processing Technology**. 2017.

VILARINHO, L. O. **As dimensões do arco elétrico**. Soldagem&Inspeção. Vol. 14. Nº 3. 2019.