

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**

**DIOGO ALEXANDRE WAVGENHAK  
SEBASTIÃO VANIR CORREA DE MELO**

**ESTUDO COMPARATIVO DOS PROCESSO DE SOLDAGEM MAG C E MAG M  
EM FUNILARIA AUTOMOTIVA**

**GUARAPUAVA**

**2022**

**DIOGO ALEXANDRE WAVGENHAK  
SEBASTIÃO VANIR CORREA DE MELO**

**ESTUDO COMPARATIVO DOS PROCESSO DE SOLDAGEM MAG C E MAG M  
EM FUNILARIA AUTOMOTIVA**

**COMPARATIVE STUDY OF MAG C AND MAG M WELDING PROCESSES IN  
AUTOMOTIVE WORKSHOPS**

Trabalho de conclusão de curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Tecnólogo em Manutenção Industrial, da coordenação do curso de Tecnologia em Manutenção Industrial, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.  
Orientador(a): prof. <sup>a</sup> Dra. Carla Dantas da Silva  
Coorientador(a): Lucas Franco Wrege

**GUARAPUAVA**

**2022**



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

Esta licença permite download e compartilhamento do trabalho desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es), sem a possibilidade de alterá-lo ou utilizá-lo para fins comerciais. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

**DIOGO ALEXANDRE WAVGENHAK  
SEBASTIÃO VANIR CORREA DE MELO**

**ESTUDO COMPARATIVO DOS PROCESSO DE SOLDAGEM MAG C E MAG M  
EM FUNILARIA AUTOMOTIVA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Tecnólogo em Manutenção Industrial, da coordenação do curso de Tecnologia em Manutenção Industrial, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. (UTFPR).

Data de aprovação: 25/novembro/2022

---

Carla Dantas da Silva  
Doutora em Ciência e Engenharia de Materiais  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

---

Viviane Teleginski Mazur  
Doutora em Ciências e Tecnologias Espaciais  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

---

Aldo Przybysz  
Doutor em Química dos Recursos Naturais  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

**GUARAPUAVA**

**2022**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecemos a nossa orientadora professora Dra. Carla Dantas da Silva pela sabedoria com que nos guiou nesta trajetória.

Nossos agradecimentos também ao técnico do laboratório de mecânica Lucas Franco Wrege que nos auxiliou nos ensaios realizados.

Gostaríamos de deixar registrado também, o nosso reconhecimento à nossa família, pois acreditamos que sem o apoio deles seria muito difícil vencer esse desafio.

Enfim, a todos os que por algum motivo contribuíram para a realização desta pesquisa.

## RESUMO

O presente estudo propõe um estudo comparativo dos processos de soldagem MAG C e MAG M no ambiente automotivo. Neste contexto, o processo de soldagem MAG será utilizado para avaliar o cordão de solda em chapas de automóveis de aço carbono SAE 1020 utilizando um arame AWS A5.18 ER70S-6 de diâmetro 1,0mm para o processo MAG C e 0,8mm para o processo MAG M, com o intuito de analisar o desempenho dos dois processos através do metal base do aço e reduzir deformações na chapa. Para este estudo serão utilizadas duas amostras, uma para cada processo, de uma peça retirada de um automóvel, que serão cortadas e preparadas para serem soldadas pelos processos MAG, e em cada amostra serão definidos os parâmetros de corrente e de tensão de solda com velocidade constante. Para cada amostra soldada serão realizados ensaios por líquidos penetrantes e ensaios de dureza sucedido por uma análise microestrutural por metalografia.

Palavras-chave: soldagem MAG; sistemas automotivos; ensaios mecânicos; aço SAE 1020.

## **ABSTRACT**

The present study proposes a comparative study of the MAG C and MAG M welding processes in the automotive environment. In this context, the MAG welding process will be used to evaluate the weld bead in SAE 1020 carbon steel car sheets using an AWS A5.18 ER70S-6 wire with a diameter of 1.0mm for the MAG C process and 0.8mm for the MAG M process, in order to analyze the performance of the two processes through the base metal of the steel and reduce deformations in the plate. For this study, two samples will be used, one for each process, of a part taken from an automobile, which will be cut and prepared to be welded by the MAG process, and in each sample the parameters of current and voltage of welding with speed will be defined. constant. For each welded sample, liquid penetrant tests and hardness tests will be carried out, followed by a microstructural analysis by metallography.

Keywords: MAG welding; automotive systems; mechanical tests; SAE 1020 steel.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Figura 1 Micrografia do aço 1020, (a) Ampliação de 40x; (b) Ampliação de 400x. ....	16
Figura 2 - Esquema de um processo de soldagem .....	17
Figura 3 - Processo de soldagem MAG .....	17
Figura 4 - Regiões de uma solda. ....	23
Figura 5 - Amostras cortadas.....	24
Figura 6 - Aplicação do líquido penetrante.....	26
Figura 7 - Pontos nos foi medido a dureza das amostras (a) MAG M e (b) MAG C .....	27
Figura 8 - Ensaio por líquido penetrante na amostra MAG M .....	29
Figura 9 - Ensaio por líquido penetrante na amostra MAG C.....	29
Figura 10 - Micrografia da amostra MAG C (a) Metal base e ZTA (b) Cordão de solda.....	32
Figura 11 - Micrografia da amostra MAG M.....	33
Gráfico 1 – Perfil de dureza das amostras MAG M e MAG 2.....	31

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – composição do aço SAE 1020 em porcentagem de massa. ....	15
Tabela 2 - Gases de proteção para transferência.....	20
Tabela 3 - Propriedades mecânicas dos arames de classe AWS A5.18 .....	22
Tabela 4 - Parâmetros utilizados nos processos de soldagem das amostras...	25
Tabela 5 - Valores obtidos no microdurômetro para a amostra MAG M .....	30
Tabela 6 - Valores obtidos no microdurômetro para a amostra MAG C .....	31



## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Ar	Argonio
ASW	American Welding Society
C	Carbono
GMAW	Gas Metal Arc Welding
He	He
H <sub>2</sub> O	Água
LF	Linha de Fusão
MAG	Metal Active Gas
MAG C	Metal Active Gas CO <sub>2</sub>
MAG M	Metal Active Gas Mistura
MB	Metal Base
Mn	Manganês
MS	Metal de Solda
N <sub>2</sub>	Nitrogenio
O <sub>2</sub>	Oxigenio
P	Fosforo
S	Enxofre
ZAE	Society Automotive Engineers
ZAC	Zona Afetada pelo Calor
ZF	Zona Fundida
ZTA	Zona Termicamente Afetada

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>11</b>
<b>1.1</b>	<b>Objetivos</b> .....	<b>12</b>
1.1.1	Objetivo geral .....	12
1.1.2	Objetivos específicos .....	12
<b>1.2</b>	<b>Justificativa</b> .....	<b>12</b>
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTACAO TEORICA</b> .....	<b>14</b>
<b>2.1</b>	<b>Definições do aço</b> .....	<b>14</b>
<b>2.2</b>	<b>Aço SAE 1020</b> .....	<b>15</b>
<b>2.3</b>	<b>Soldagem</b> .....	<b>16</b>
<b>2.4</b>	<b>Processos de soldagem</b> .....	<b>18</b>
2.4.1	Parâmetros de soldagem .....	20
<b>2.5</b>	<b>Arame AWS A5.18 ER70S-6</b> .....	<b>21</b>
<b>2.6</b>	<b>Zona termicamente afetada (ZTA)</b> .....	<b>22</b>
<b>3</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	<b>24</b>
<b>3.1</b>	<b>Local do experimento</b> .....	<b>24</b>
<b>3.2</b>	<b>Obtenção de materiais</b> .....	<b>24</b>
<b>3.3</b>	<b>Processo de soldagem utilizado</b> .....	<b>25</b>
<b>3.4</b>	<b>Análise e inspeção de solda</b> .....	<b>26</b>
<b>3.5</b>	<b>Ensaio por líquidos penetrantes</b> .....	<b>26</b>
<b>3.6</b>	<b>Perfil de micro dureza</b> .....	<b>27</b>
<b>3.7</b>	<b>Ensaio metalográfico</b> .....	<b>27</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSOES</b> .....	<b>29</b>
<b>4.1</b>	<b>Ensaio por líquidos penetrantes</b> .....	<b>29</b>
<b>4.2</b>	<b>Ensaio de dureza</b> .....	<b>30</b>
<b>4.3</b>	<b>Ensaio metalográfico</b> .....	<b>31</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES</b> .....	<b>34</b>
<b>6</b>	<b>SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS</b> .....	<b>35</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A soldagem tornou-se um dos principais processos de produção industrial metal mecânica ao longo dos últimos anos, sendo o principal processo de ligação de componentes, especialmente os metálicos, tendo assim uma crescente importância dentro do desenvolvimento industrial em geral (OLIVEIRA, 2013).

Na fabricação e recuperação de peças e equipamentos são utilizados diferentes tipos de processos que são abrangidos pelo termo “soldagem”, no qual é considerado um processo de união, porém, hoje, muitos processos de soldagem ou variantes são aplicados para deposição de material sobre uma superfície, com a finalidade de recuperar componentes desgastados ou para formar um revestimento com características especiais. Esse método de união tem importante aplicação desde a indústria microeletrônica até a fabricação de navios e outras estruturas com centenas, ou milhares, de toneladas de peso. A soldagem é utilizada na fabricação de estruturas simples, como grades e portões, assim como em componentes encontrados em aplicações com elevado grau de responsabilidade, como nas indústrias química, petrolífera e nuclear, entre outros (VILLANI, 2016).

A soldagem é uma tecnologia fundamental em diversas aplicações na indústria, principalmente no ramo automobilístico, inclusive no que diz respeito ao reparo de automóveis. Nas oficinas de lataria e pintura de automóveis utilizava-se muito o processo oxi-acetileno, entretanto, esse tipo de soldagem vem sendo substituído pelo processo MAG (Metal Active Gas) também conhecida como GMAW (Gas Metal Arc Welding). Esse processo tem como característica uma alta produtividade quando comparado a outros métodos, fazendo com que seja empregado tanto em pequenas empresas quanto a grandes indústrias (FAVARETTO, 2020).

Quando é necessário a recuperação da lataria de um veículo avariado, existem muitos processos envolvidos e a soldagem é um deles. Essa lataria, em sua grande maioria, é formada pelo aço SAE 1020 e possui uma espessura razoavelmente pequena. Tendo isso em vista, o processo MAG é um grande aliado na soldagem desse tipo chapa, pois produz uma ZTA pequena e uma menor deformação, além de possuir um custo menor em relação ao processo oxi-acetileno, por exemplo.

Mesmo sendo um processo de aplicação mais simples, a soldagem MAG ainda envolve diferentes fatores: especificação e diâmetro do arame, mistura e vazão

de gás e variações de tensão e corrente elétrica. Para cada aplicação esses fatores devem ser combinados de maneira específica para obter o resultado desejado. Um exemplo disso é o caso da soldagem na lataria de veículos onde a variação dos parâmetros de soldagem pode gerar aquecimento indesejado, danificando a peça soldada, ou gerar respingos da solda atingindo outros componentes e causando estragos. Por isso a combinação dos parâmetros deve ser precisa a fim de manter a qualidade e evitar possíveis prejuízos.

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.1 Objetivo geral**

O objetivo geral deste trabalho é comparar o desempenho dos processos de soldagem MAG C e MAG M na lataria de veículos, fixando parâmetros de soldagem para cada processo e analisando qual processo se destaca e oferece uma melhor qualidade dos trabalhos nesse tipo de chapa.

### **1.1.2 Objetivos específicos**

- ✓ Comparar os efeitos dos processos de soldagem MAG C e MAG M no aço SAE 1020;
- ✓ Caracterizar a microestrutura das zonas termicamente afetadas (ZTA's), dos cordões de solda e do metal base para os dois processos;
- ✓ Analisar as amostras soldadas utilizando os ensaios não destrutivos (inspeção visual e líquidos penetrantes) e os ensaios destrutivos (microdureza e metalografia) na região das amostras soldadas.

## **1.2 Justificativa**

Quando o assunto é restauração ou conserto de automóveis variados, a soldagem é inevitável. A grande maioria das oficinas utiliza o processo oxi-acetileno, porém, esse processo possui um custo um pouco elevado e exige muito cuidado pois, as chances de acontecer algum acidente é muito grande. Por isso, algumas oficinas optam por investirem no processo MAG. Quando isso acontece, o investimento é feito apenas na compra do equipamento, deixando de lado a parte de treinamento. Essa falta de treinamento faz com que a utilização desse processo seja feita de maneira

incorreta e ineficiente. Esse tema é pouco discutido e a consequência disso é que a aplicação do processo MAG em oficinas de recuperação automotiva é feita, geralmente, de maneira intuitiva, não possuindo um padrão dos parâmetros de soldagem e, geralmente, sem o conhecimento do tipo de processo utilizado.

Diante disso, esse trabalho visa analisar o processo de soldagem MAG na restauração da lataria de veículos, mais especificamente os processos MAG C e MAG M buscando avaliar o desempenho nesse tipo de trabalho, auxiliando os profissionais da área e possíveis trabalhos futuros.

## 2 FUNDAMENTACAO TEORICA

### 2.1 Definições do aço

O aço pode ser determinado como uma liga ferro carbono composta de normalmente 0,008% até 2,11 % de carbono, além de elementos residuais consequentes do processo de fabricação. O limite de 0,008% representa a solubilidade máxima do carbono no ferro considerando-se temperatura ambiente, enquanto o limite superior de 2,11 % refere-se à máxima quantidade de carbono que se dissolve no ferro a 1140°C (CHIAVERINI, 2008).

Os aços são ligas ferro-carbono que podem conter concentrações apreciáveis de outros elementos de liga; existem milhares de ligas com diferentes composições e/ou tratamentos térmicos. As propriedades mecânicas são sensíveis ao teor de carbono, que normalmente é inferior a 1,0% (JUNIOR, 2020).

Alguns dos aços mais comuns são classificados de acordo com a concentração de carbono, nos tipos com baixo, médio e alto teor de carbono. Também existem subclasses dentro de cada grupo, de acordo com as concentrações de outros elementos de liga. Os aços-carbono comuns contêm apenas concentrações residuais de impurezas além do carbono, e um pouco de manganês. Nos aços-liga, mais elementos de liga são intencionalmente adicionados em concentrações específicas (JUNIOR, 2020).

Aços com baixo teor de carbono são aqueles produzidos em maiores quantidades, esses aços contêm em geral menos que aproximadamente 0,25%, dentre todos os aços, os mais baratos de produzir, sendo aplicados em formas estruturais, chapas para tubulações, carcaças de automóveis etc. Os aços de médio carbono possuem entre 0,25 % e 0,60 % de concentração de carbono, são mais resistentes que os aços de baixo carbono, porém com uma perda de ductilidade e tenacidade. Estes aços são utilizados em engrenagens, virabrequins, rodas e outros componentes estruturais que necessitam de alta resistência mecânica (JUNIOR, 2020).

Aços de alto carbono são compostos de uma quantidade considerável de carbono variando entre 0,60 % e 1,4 %, são os mais duros e com maior resistência mecânica, porém perdem em ductilidade quando comparado aos aços com menos carbono. Suas aplicações incluem as rodas de trens e os trilhos de ferrovias, engrenagens, virabrequins e outras peças de máquinas e componentes estruturais de

alta resistência que exigem uma combinação de alta resistência, resistência à abrasão e tenacidade (JUNIOR, 2020).

Já os aços ligas, além de ferro e carbono, possuem outros elementos de liga ou apresentam elementos residuais em teores acima dos considerados normais, ou seja, mais elementos de liga são adicionados intencionalmente ao aço, em concentrações específicas (SILVA, 2019).

## 2.2 Aço SAE 1020

O aço SAE 1020 (Society Automotive Engineers) é um aço de baixo teor de carbono, constitui o mais importante grupo de materiais utilizados na engenharia e na indústria. De fato, as propriedades mecânicas desses aços, e na maioria das vezes sem qualquer tratamento térmico, são suficientes para atender qualquer aplicação prática e sua formação química é basicamente composta por carbono (C), manganês (Mn), fósforo (P) e enxofre (S), a composição é apresentada na Tabela 1 (CHIAVERINI, 2008).

**Tabela 1 – composição do aço SAE 1020 em porcentagem de massa.**

C %	Mn %	P max. (%)	S Máx. (%)
0,18 – 0,23	0,30 - 0,60	0,030	0,050

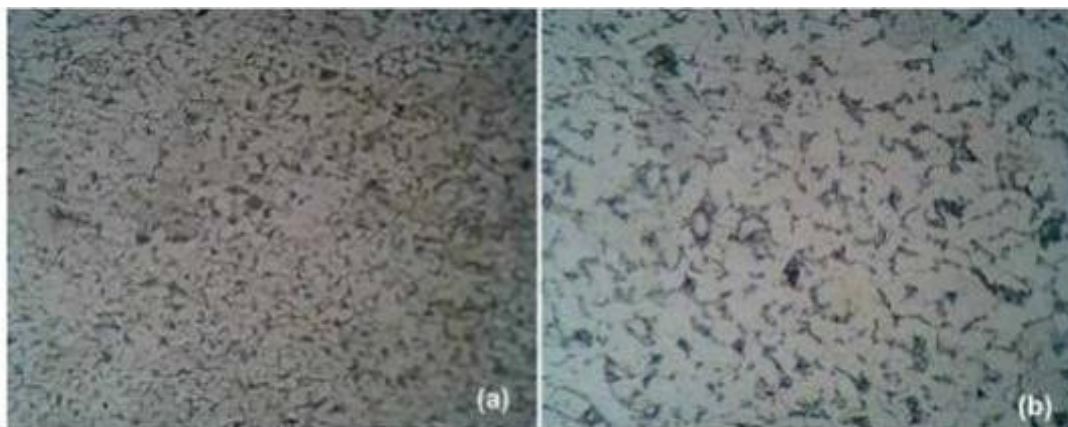
**Fonte: Gerdau (2016).**

O aço 1020 é considerado o melhor em aplicação na indústria metalúrgica, devido ao seu custo baixo e características elevadas de plasticidade e soldabilidade, porém, por ser baixo teor de carbono é constituído principalmente de ferrita o que acarreta menor resistência mecânica e tenacidade, suas principais aplicações são: engrenagens, eixos, tubos, porcas e peças para máquinas em geral (MORAES, 2021).

A microestrutura de um aço SAE 1020 é constituída de fases perlita (se caracteriza namistura de duas fases, ferrita e cementita, que apresentam ductilidade e alta dureza, respectivamente. A conjugação dessas duas fases propicia ao material uma elevada dureza, alta resistência mecânica, à fadiga, ao desgaste e uma tenacidade à fratura intermediária) e ferrita (sua morfologia característica baseada no resfriamento, quando esse ocorre de maneira lenta, os grãos apresentam forma equiaxial, e quando ocorre mais severamente, apresentam forma de agulhas, em

materiais com elevada taxa normalmente tem baixa dureza), representadas pelos grãos escuros e claros ilustrados na Figura 1 (a) e (b) (DIAS, 2018).

**Figura 1- Micrografia do aço 1020, (a) Ampliação de 40x; (b) Ampliação de 400x.**



Fonte: DIAS (2018).

### **2.3 Soldagem**

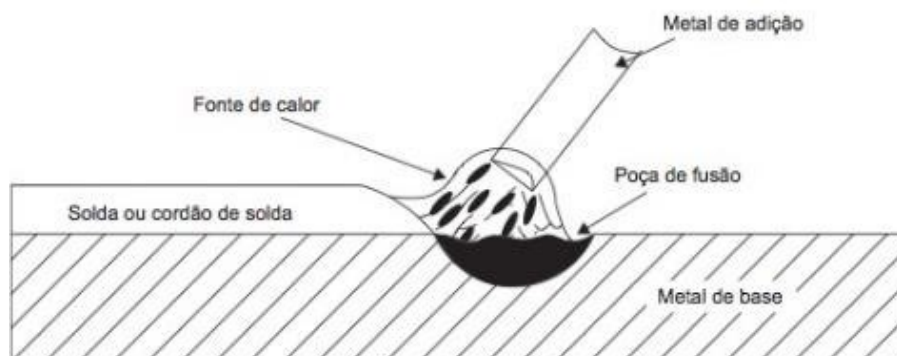
Soldagem é o termo utilizado para informar a operação de um processo de soldagem, independentemente do tipo, que tem a função de unir peças, e solda é o termo utilizado quando a operação é finalizada e o resultado gera um cordão de solda fundido com diluição parcial entre as peças (DOS SANTOS, 2015).

Compreende-se como metal base a peça que será soldada e metal de adição o material que será depositado no momento da soldagem, para ser diluído e compor a solda, classificam como metal base a peça que será soldada e metal de adição o material que será depositado no momento da soldagem, para ser diluído e compor a solda (DOS SANTOS, 2015).

Ainda segundo Dos Santos (2015), quando se aproxima a fonte de calor que gera uma região de metal fundido, e o soldador ou operador de solda adiciona o metal de adição, que também se funde e mistura com o metal base já fundido, ocorre a formação de uma região chamada de poça de fusão como representa a Figura 2.



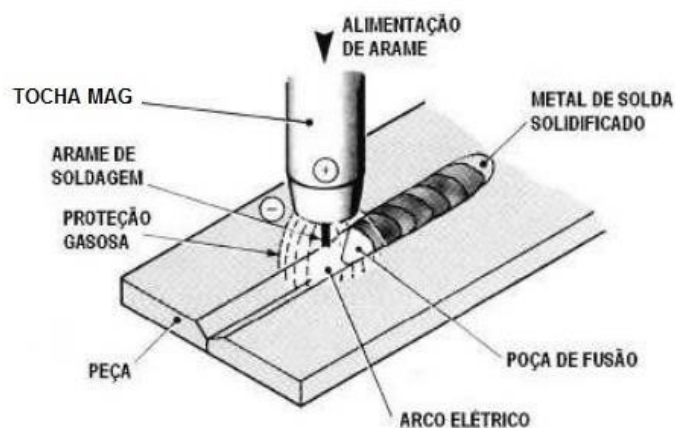
**Figura 2 - Esquema de um processo de soldagem**



Fonte: DOS SANTOS (2015).

No processo de soldagem o eletrodo consumível (arame) é mantido através do centro do bocal de solda, quando o eletrodo é aproximado da peça, um arco é produzido no qual faz a ponta do eletrodo fundir e unir os lados da cavidade em V entre as duas chapas representado na Figura 3.

**Figura 3 - Processo de soldagem MAG**



Fonte: MOREIRA (2008).

O processo MAG é um dos mais utilizados segundo a American Welding Society (AWS) e consiste em um processo que utiliza um arco elétrico entre um eletrodo/arame contínuo e a poça de fusão sob uma proteção gasosa (BATISTA, 2018).

O termo GMAW (Gas Metal Arc Welding) corresponde à terminologia americana, e é a nomenclatura mais geral que pode ser utilizada para definir esse processo de soldagem, sem distinção de acordo com o tipo de gás de proteção utilizado, que pode ser um gás ativo ou inerte, ou mistura destes (BATISTA, 2018).

O processo GMAW (soldagem feita através da formação de um arco elétrico entre um arame alimentado automaticamente pelo equipamento e o metal base, em uma fonte de tensão constante), tem sido bastante utilizado devido à versatilidade do processo, sua facilidade de operação, rendimento e taxa de deposição superior a outros processos até então aplicados, atendendo os mais diversos materiais usualmente aplicados na indústria (OLIVEIRA, 2013).

## **2.4 Processos de soldagem**

O processo de soldagem vem ao longo do tempo consolidando seu espaço e sua importância no processo produtivo da indústria mundial.

No processo de soldagem a arco com proteção gasosa, a união das peças metálicas é gerada pelo aquecimento delas com o arco elétrico formado entre a peça e o eletrodo consumível sem revestimento. A região de solda é protegida contra contaminações atmosféricas, por meio do uso de um gás ou uma mistura de gases, que podem ser ativos ou inertes. Processo nomeado como Metal Active Gás (MAG) (RÖHSIG, 2019).

A soldagem MAG utiliza a energia do arco elétrico como fonte de calor, a qual conduz pelo próprio eletrodo ou arame sem revestimento, alimentado de uma maneira contínua até o metal de base. O calor gerado na reação funde a extremidade do eletrodo e se deposita em uma poça, que é gerada na superfície do metal de base (peça) para formar a solda (metal fundido). Esse processo pode ser definido como automático, quando o deslocamento da tocha é executado mecanicamente por um equipamento, ou semiautomático, quando o deslocamento da tocha é feito pelo operador (DOS SANTOS, 2015).

O ar atmosférico é expulso da região de soldagem por um gás de proteção com o objetivo de evitar a contaminação da poça de fusão. A contaminação é causada principalmente pelo nitrogênio ( $N_2$ ), oxigênio ( $O_2$ ) e vapor d'água ( $H_2O$ ) presentes na atmosfera. Como exemplo, o nitrogênio no aço solidificado reduz a ductilidade e a tenacidade da solda e pode causar fissuração. Em grandes quantidades o nitrogênio pode causar também porosidade. O oxigênio em excesso no aço combina-se com o carbono e forma o monóxido de carbono (CO), que pode ser aprisionado no metal, causando porosidade. Além disso, o oxigênio em excesso pode se combinar com outros elementos no aço e formar compostos que produzem inclusões no metal de solda. Quando o hidrogênio (H), presente no vapor d'água e no óleo, combina-se com

o ferro (Fe) ou com o alumínio (Al), resultará em porosidade e pode ocorrer fissuração sob cordão no metal de solda (MIG/MAG WELDING, 2003).

O processo de soldagem MAG M (Metal Active Gás - Mistura) utiliza uma combinação de gases para realizar a proteção da região do arco de solda. Essa mistura pode ser feita por dois ou mais tipos de gases e em variadas concentrações. De maneira análoga o processo MAG C (Metal Active Gás – 100% CO<sub>2</sub>) utiliza apenas o gás carbônico puro como proteção do arco. Diferentes tipos de metais requerem o uso de um determinado gás puro ou misturas específicas. É possível observar algumas dessas combinações na Tabela 2.

**Tabela 2 - Gases de proteção para transferência**

Metal	Gas de proteção	Espessura	Vantagens
Aço ligado	100% O <sub>2</sub>	< 3,2mm	Elevadas
	75% Ar + 25% O <sub>2</sub>	>3,2mm	velocidades de soldagem, respingos mínimos e cordão limpo, maior penetração.
Aço inoxidável	Ar 5 -10 % + O <sub>2</sub>		
	90% He 7,5% Ar 2,5% O <sub>2</sub>	-	Não afeta resistência a corrosão, ZAC pequena, distorção minimizada
Aço baixa liga	25% O <sub>2</sub> + 75% Ar	-	Tenacidade média, Arco estável, poucos respingos.
	100% Ar	-	Argônio melhor para chapa fina e argônio e hélio melhor para chapas espessas.
Alumínio, cobre, magnésio, níquel e suas ligas	Ar + He (várias concentrações)		

**Fonte: Autoria própria (2022).**

O tipo de gás utilizado depende muito do material a ser soldado e das exigências do processo. Um exemplo disso é quando a soldagem é feita em aço carbono de baixa liga. A espessura da chapa também irá influenciar, mas no geral a

mistura que mais comumente utilizada é 75% Ar e 25% CO<sub>2</sub>. Essa combinação oferece maior velocidade de soldagem, menor quantidade de respingos, maior regime de deposição. Isso acontece devido a maior estabilidade do arco em decorrência da quantidade de argônio na mistura. Quanto mais argônio a mistura tiver, as vantagens também aumentarão proporcionalmente, inclusive o custo também irá aumentar.

Ao contrário do que ocorre no processo MAG M, o processo MAG C possui menor velocidade de soldagem, maior quantidade de respingos e menor regime de deposição. A vantagem desse processo com relação a mistura é o custo que bem mais inferior, uma maior penetração no metal e é possível soldar peças contaminadas (oleosidade e ferrugem).

#### 2.4.1 Parâmetros de soldagem

A eficiência dos processos de soldagem pode se garantir através de um controle sobre os parâmetros utilizados, pois afetam o rendimento, qualidade e custo da junta soldada. A boa qualidade da junta soldada depende de uma boa penetração, taxa de aquecimento apropriada e correto perfil de solda. Estas características são afetadas pela corrente elétrica, tensão do arco elétrico, velocidade de soldagem e parâmetros do gás de proteção (FAVARETTO, 2020).

Os parâmetros que podem ser alterados durante o processo são: velocidade de soldagem, intensidade de corrente, tensão do arco, comprimento do arame livre, ângulo e distância do bocal, posição e direção de soldagem e a taxa de fluxo de gás (FAVARETTO, 2020).

Segundo Beltran (2019), os parâmetros de soldagem são:

- Tensão

É o fator determinante da largura do cordão de solda, no qual cordões de solda largos são alcançados com tensões altas já tensões baixas geram cordões estreitos e com maior penetração, sendo que o oposto é válido para tensões altas. A seleção da tensão de soldagem deve estar diretamente ligada à corrente de soldagem para que haja estabilidade do arco.

- Corrente

A corrente de soldagem atua diretamente sobre a taxa de fusão do arame, modo de transferência, penetração e reforço do cordão de solda. A corrente de soldagem está diretamente relacionada com a velocidade de alimentação

do arame. Se a velocidade de alimentação do arame é alterada, a corrente de soldagem se altera no mesmo sentido.

- Velocidade de soldagem

Influencia a energia de soldagem e, assim, a quantidade de calor cedida à peça. Velocidades de soldagem muito baixas, além de elevar o custo devido a maior taxa de deposição, podem causar problemas metalúrgicos. Velocidade de soldagem elevada resulta em menor penetração, reforço e largura do cordão. Velocidades excessivas provocam o aparecimento de mordeduras, falta de fusão e/ou falta de penetração do cordão de solda.

## 2.5 Arame AWS A5.18 ER70S-6

Os principais arames utilizados são os arames eletrodos, que são constituídos de metais ou ligas metálicas que possuem composição química, dureza, condições superficiais e dimensões bem controladas. Arames de má qualidade, em termos dessas propriedades citadas, podem produzir falhas de alimentação, instabilidade no arco e descontinuidades no cordão de solda (VILLANI, 2016).

Os arames para soldagem de aços, em geral, podem ter seção inteiramente metálica, chamados arames sólidos, ou ser do tipo tubular, formados por uma camada metálica fechada, tendo um enchimento interno. Este pode ser um fluxo convencional, similar ao usado na soldagem com eletrodos revestidos e, neste caso, chamado arame tubular ou então ser uma mistura de pós-metálicos (VILLANI, 2016).

A Tabela 3 mostra as propriedades mecânicas do arame AWS A5. 18 ER70S-6 (LINCOLN, 2020).

**Tabela 3 - Propriedades mecânicas dos arames de classe AWS A5.18**

Classificação AWS	Gás de proteção	Ensaio de tração		A (%)	Ensaio de impacto
		LR Ksi – MPa	LE Ksi – MPa		
<b>ER70S-3</b>	SG – C	70 - 480	58 – 400	22	27J a -20°C
<b>ER70S-6</b>	SG – C	70 – 480	58 – 400	22	27J a -30°C
<b>ER70S-G</b>	SG – C	70 – 480	58 – 400	22	–
<b>ER70C-6</b>	–	70 – 480	58 – 400	22	27J a -30°C
<b>ER70C-G</b>	–	70 - 480	58 – 400	22	–

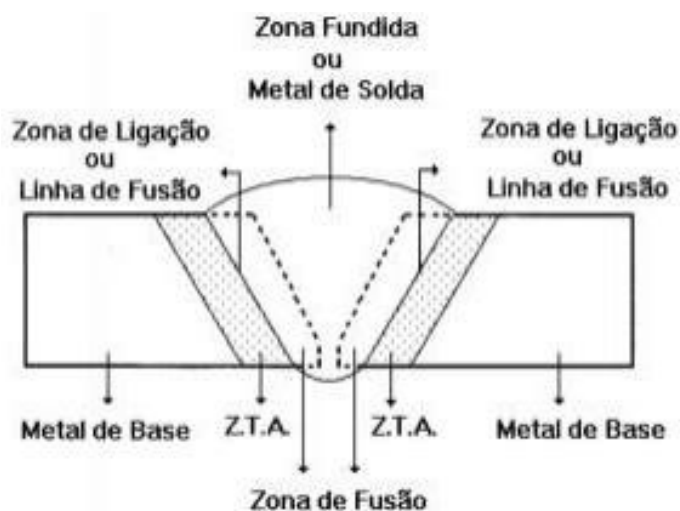
Fonte: LINCOLN ELETRIC (2020).

A especificação AWS A5.18 (American Welding Society) descreve uma classificação de eletrodo sólido ou composto, amplamente utilizado nos processos de soldagem GMAW (Gás Metal Arc Welding), para a soldagem de aço carbono.

## 2.6 Zona termicamente afetada (ZTA)

Durante a realização de uma solda por fusão podemos distinguir algumas regiões que são conhecidas como: zona termicamente afetada (ZTA), zona de ligação ou linha de fusão (LF), metal base (MB) e zona fundida ou metal de solda (MS), no qual é inserido o metal de adição. Como apresentada na Figura 4 (DIAS, 2018).

Figura 4 – Regiões de uma solda.



Fonte: DIAS (2018).

A Zona Termicamente Afetada (ZTA) é também conhecida por Zona Afetada pelo Calor (ZAC), região onde não ocorre a fusão do metal base, porém há alteração na microestrutura e/ou propriedades pelo ciclo térmico de soldagem. As características desta região podem variar em função do tipo de metal base e do ciclo térmico de soldagem (FAVARETTO, 2020).

As características da ZTA dependem fundamentalmente do tipo de metal de base e do processo e procedimento de soldagem, isto é, dos ciclos térmicos e da repartição térmica. De acordo com o tipo de metal que está sendo soldado, os efeitos do ciclo térmico poderão ser os mais variados. No caso de metais não transformáveis (por exemplo, o alumínio ou o cobre) no estado recozido, a mudança estrutural mais marcante será o crescimento de grão. Caso o material esteja encruado, a ZTA

apresentará, uma região recristalizada localizada um pouco mais afastada (FAVARETTO, 2020).

## MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.7 Local do experimento

Os procedimentos de soldagem, obtenção das amostras, e preparação para os ensaios foram realizados em uma oficina do ramo de funilaria e pintura automotiva da cidade de Guarapuava. O desenvolvimento experimental e as respectivas caracterizações foram realizadas no Campus de Guarapuava da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, mais especificamente no laboratório de ensaios de materiais

### 2.8 Obtenção de materiais

Para realizar os ensaios de soldagem obteve-se as chapas aço SAE 1020 de uma peça descartada de um veículo. Essas chapas foram cortadas de uma parte que foi descartada de um veículo. Foram retiradas quatro peças a fim de montar dois corpos de prova para a realização da soldagem, como pode ser observado na Figura 5.

**Figura 5 - Amostras cortadas**



**Fonte: Autoria própria (2022).**

As peças passaram por um processo de lixamento para a remoção da pintura no qual foi utilizado inicialmente uma esmerilhadeira elétrica 4"1/2 com um disco *flap* 60, após isso foi utilizado uma lixadeira roto orbital pneumática (hookit) usando uma sequência de lixas 80, 150, 320 e 800, respectivamente nessa ordem.



## 2.9 Processo de soldagem utilizado

A soldagem foi realizada por meio de dois processos MAG, um utilizando CO<sub>2</sub> puro (MAG C) e outro usando uma mistura de gases (MAG M). Foram utilizadas duas máquinas para a realização da soldagem. Uma na máquina Smarter itech Starmig-255 com arame ER70S-6 de 1,0 mm e a outra foi a máquina V8 Brasil MIG/MAG 250 com arame ER70S-6 de 0,8 mm.

Para realizar o processo de soldagem alguns parâmetros foram fixados em cada máquina, a fim de obter o melhor desempenho delas. Esses parâmetros foram diferentes em cada máquina, levando em consideração o tipo de gás utilizado e o máximo suportado pelas amostras, pois a espessura da chapa era inferior a 1 mm. Os parâmetros utilizados podem ser observados na Tabela 4.

**Tabela 4 - Parâmetros utilizados nos processos de soldagem das amostras**

	Velocidade do arame (m/min)	Tensão (V)	Corrente (A)	Vazão de gás (L/min)	Tipo de gás
<b>MAG C</b>	1,62	18	65	10	100%CO <sub>2</sub>
<b>MAG M</b>	2,8	16	60	10	75%Ar+25%CO <sub>2</sub>

Fonte: Autoria própria (2022).

Com isso, cada corpo de prova foi soldado por uma máquina, procurando sempre manter a sequência de soldagem, que no caso foi a solda ponto a ponto. Essa sequência também foi escolhida devido a espessura da chapa das amostras, pois em chapas muito finas é mais difícil realizar a solda com cordão contínuo e ininterrupto que gera mais calor e causará uma maior deformação, podendo ocasionar perfurações.

Após o processo de soldagem foi realizado um exame visual no cordão de solda dois corpos de prova a fim de identificar possíveis descontinuidades superficiais. Também foi observado a deformação das amostras.

Na sequência foi feito o lixamento do cordão das amostras. Inicialmente foi usado uma pedra de desbaste com a esmerilhadeira para que, logo em seguida, fosse usado o disco flap 60 para um acabamento intermediário. Por fim, foi usado a lixadeira pneumática com as lixas 80, 150, 320 e 800 para dar um melhor acabamento.

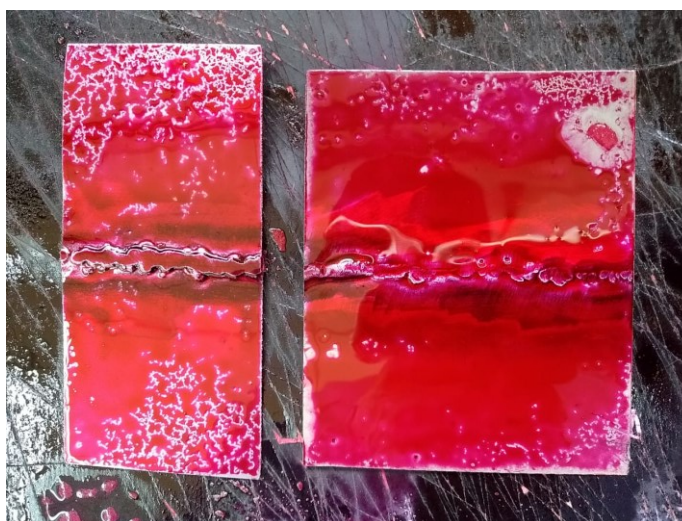
## 2.10 Análise e Inspeção de solda

Após a limpeza das amostras soldadas, elas foram separadas e devidamente preparadas para a análise e inspeção. Essa análise foi feita por meio dos ensaios por líquidos penetrantes e metalografia e perfil de micro dureza.

## 2.11 Ensaios por líquidos penetrantes

Para o ensaio não destrutivo por Líquidos Penetrantes (marca Zyglo ZL-60D) primeiramente foi realizada a limpeza da superfície (área a ser analisada) das amostras, com água e sabão, posteriormente secadas para enfim, realizar a aplicação do líquido penetrante como é mostrado na Figura 6.

**Figura 6 - Aplicação do líquido penetrante.**



**Fonte: Autoria própria (2022).**

Foi aguardado o tempo indicado pelo fornecedor de 15 minutos e, em seguida, realizou-se a remoção com água corrente, secagem e aplicação do revelador (marca Spotcheck SKD-S2), o qual tem o objetivo de revelar as descontinuidades superficiais presentes na peça.

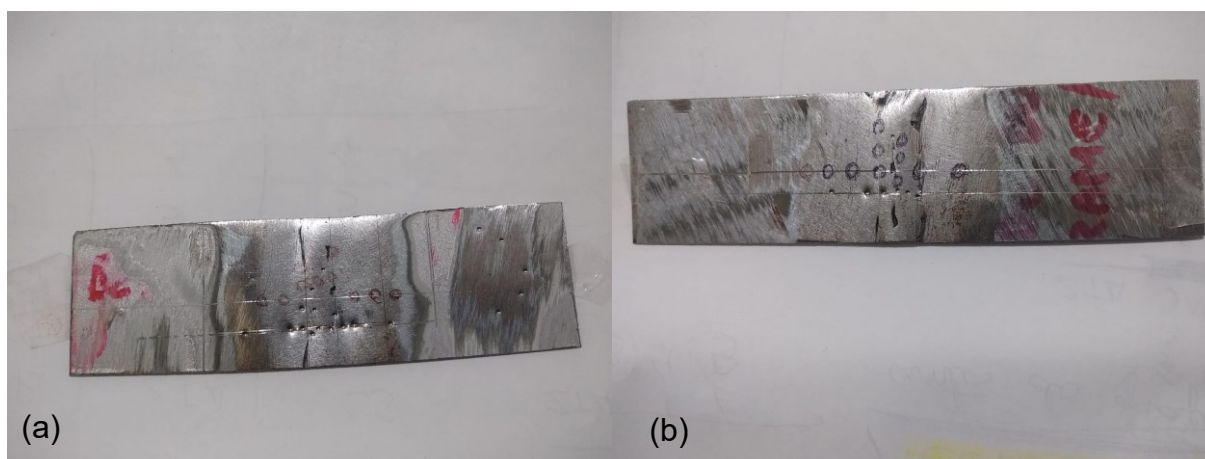
## 2.12 Perfil de microdureza

Neste ensaio foi medida a dureza de cada amostra, obtidas na escala HV (Hardnes Vickers) através do equipamento microdurômetro de Bancada marca Digimess.

Inicialmente foram realizadas medidas no durômetro convencional, mas devido a espessura fina das amostras não foi possível obter valores precisos e corretos. Tendo isso em vista, recorreremos ao microdurômetro para realizar as medidas.

As medidas foram realizadas em cinco pontos diferentes de cada amostra seguindo uma linha horizontal, como mostram as Figuras 7 (a) e (b).

**Figura 7 – Pontos nos foi medido a dureza da amostra (a) MAG M e (b) MAG C.**



Fonte: Autoria própria (2022).

### 2.13 Ensaios metalográficos

Para o ensaio metalográfico foi utilizada primeiramente uma cortadora metalográfica CM40/60 da marca Teclago, para realizar o corte das amostras e, posteriormente serem embutidas a quente através da Prensa Embutidora Metalográfica Manual EM30D ( $\varnothing$  30mm), sendo utilizada como material embutidor a baquelite.

Na etapa seguinte foi realizado o lixamento manual, as lixas usadas foram, nessa ordem de granulometria: 150, 220, 320, 360, 400 e por último uma lixa de 600. Para o lixamento automático foi utilizado uma Politriz automática com lixa 1200 da marca Teclago.

O polimento foi efetuado através da Politriz Lixadeira Metalográfica - PL02E, o qual foi utilizado um pano de polimento (flanela) com pasta de alumina, começando o polimento com alumina de 3 microns dando continuidade até 0,5 microns.

Na sequência foi realizado o ataque químico feito através do reagente Nital a 5% (95 ml de álcool etílico 5 ml de ácido nítrico concentrado) com o tempo de ataque

de 2,5 minutos. Por fim, para a limpeza da peça, foram utilizados água e álcool isopropílico.

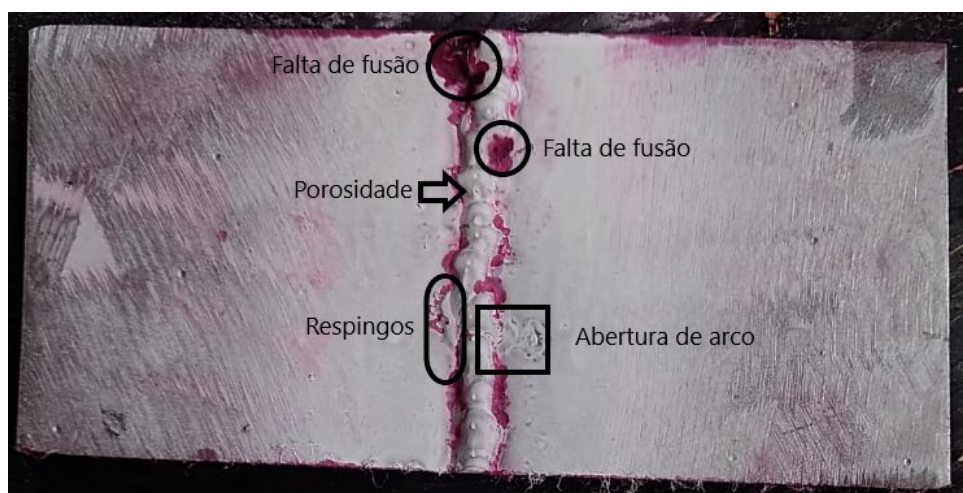
Após esse processo de preparação foram realizadas capturas de imagem no microscópio óptico da marca Olympus BX51 para realização da análise da micrografia, na qual foram utilizadas lentes de ampliação de 10x, 20x, 50x e 100x. Neste ponto foram realizadas a análise macroscópica do cordão de solda, análise da penetração e a análise da zona termicamente afetada entre o material base e a solda, estas foram feitas no microscópio óptico.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

#### 3.1 Ensaios por líquidos penetrantes

Na amostra soldada com o processo MAG M foram encontradas duas regiões com falta de fusão, um local com porosidade e um local com abertura de arco fora do eixo da junta soldada como mostra a Figura 8.

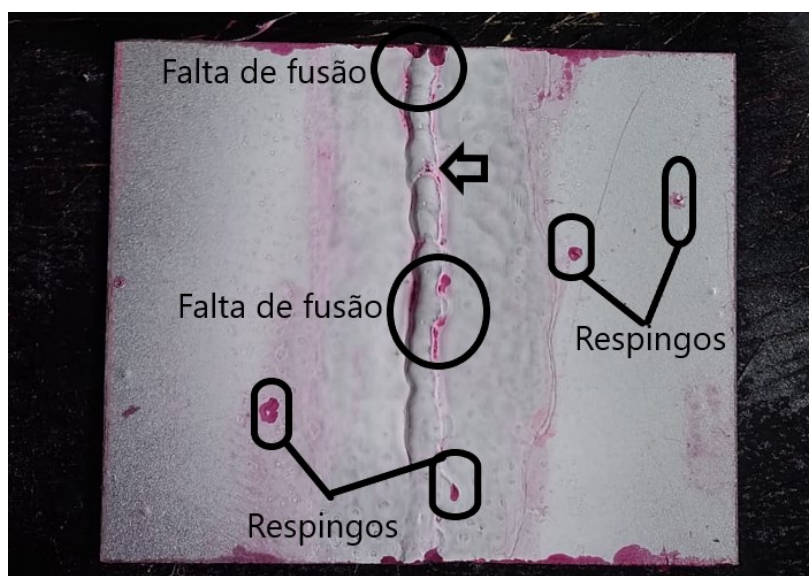
**Figura 8 - Ensaio por líquido penetrante na amostra MAG M**



Fonte: Autoria própria (2022).

Na Figura 9 mostra a amostra soldada no processo MAG C, e nela podemos observar quatro regiões com respingos, duas faltas de fusão e um local com porosidade.

**Figura 9 - Ensaio por líquido penetrante na amostra MAG C**



Fonte: Autoria própria (2022).

A falta de fusão pode ter acontecido devido ao distanciamento entre os pontos de solda, para corrigir essa falha basta diminuir a distância entre os pontos. Vale notar que essa falta de fusão ocorreu na zona de ligação (entre o cordão e o metal base). A porosidade ocorre devido a vento lateral que pode ser corrigido mudando o ambiente onde está sendo realizada a solda. A abertura do arco fora do eixo pode ser considerada uma descontinuidade, o correto seria efetuar as aberturas de arco somente na junta soldada.

Comparando as duas amostras é possível observar que a amostra MAG M não possui respingos e na amostra MAG C existem várias regiões com respingos. Isso ocorre devido a ação do CO<sub>2</sub> puro que, sendo um gás ativo, reage com o arco de solda. Esse tipo de evento não ocorre com tanta frequência quando a solda é feita utilizando alguma mistura de gás de proteção.

### 3.2 Ensaios de dureza

Os valores obtidos nos ensaios de dureza realizados na amostra soldada no processo MAG M, utilizando a escala Vickers, são demonstrados na Tabela 5.

**Tabela 5 – Valores obtidos no microdurômetro para a amostra MAG M**

<b>Ensaio</b>	<b>Metal Base (HV)</b>	<b>ZTA (HV)</b>	<b>Cordão de Solda (HV)</b>
<b>1</b>	85,2	109,7	156,7
<b>2</b>	79,7	110,1	140,2
<b>3</b>	82,3	108,2	153,0
<b>4</b>	87,5	116,7	158,3
<b>5</b>	78,1	113,5	137,8
<b>Média</b>	82,6	111,6	149,2
<b>Desvio padrão</b>	3,9	3,4	9,5

**Fonte: Autoria própria (2022).**

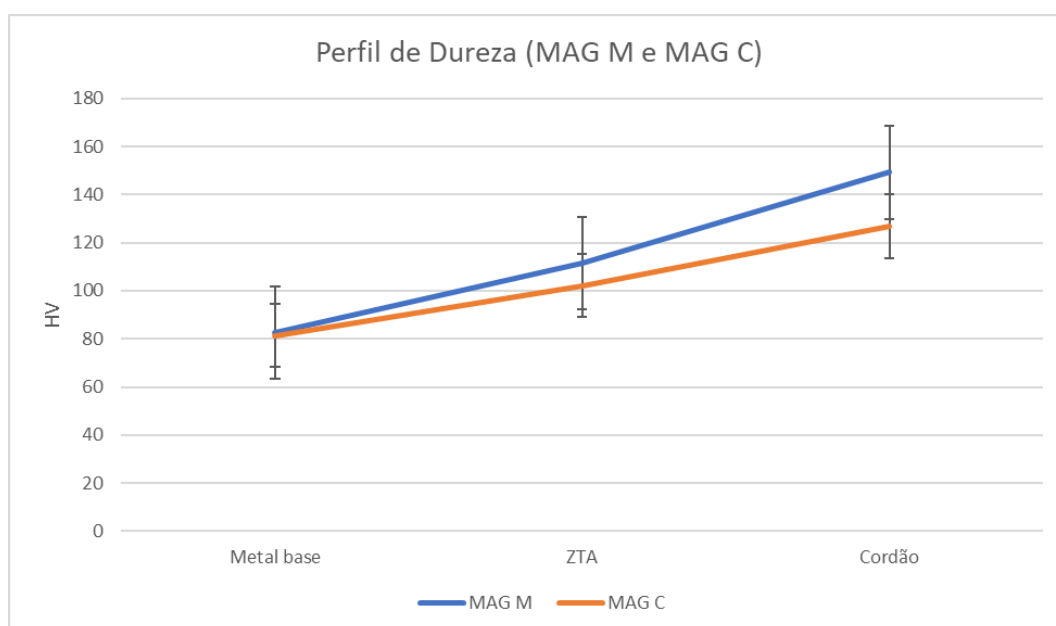
Na Tabela 6 são demonstrados os resultados obtidos do ensaio de dureza na amostra soldada no processo MAG C.

**Tabela 6 – Valores obtidos no microdurômetro para a amostra MAG C**

Ensaio	Metal Base (HV)	ZTA (HV)	Cordão de Solda (HV)
1	85,2	101,7	128,7
2	83,4	103,1	123,5
3	81,1	101,1	125,3
4	77,6	100,9	129,1
5	79,4	103,7	127,6
<b>Média</b>	81,3	102,1	126,8
<b>Desvio padrão</b>	3,0	1,2	2,4

Fonte: Autoria própria (2022).

Com os dados obtidos foi possível construir o perfil de dureza das amostras, demonstrados no Gráfico 1.

**Gráfico 1: Perfil de dureza das amostras MAG M e MAG C**

Fonte: Autoria própria (2022).

Na amostra MAG C é possível observar uma variação das médias realizadas entre o metal base e a ZTA. Isso se dá ao fato de que a espessura das amostras é extremamente fina, logo a sua dureza será menor.

De forma similar, na amostra MAG M também tivemos uma variação com relação as médias do metal base e da ZTA. Mas nesse caso, a dureza do cordão de solda foi muito maior. Essa dureza elevada do cordão de solda se dá ao fato da mistura de gases.



Comparando as duas amostras podemos observar um cordão de solda mais duro no processo MAG M. Já os demais valores não apresentaram variações tão elevadas devido ao fato de que os metais base de ambas as amostras eram o aço SAE 1020.

### 3.3 Ensaios metalográficos

A Figura 10 a seguir apresenta a micrografia do cordão de solda (a) e do metal base e ZTA e (b) da amostra soldada no processo MAG C. É possível observar o metal base e, onde se inicia e termina a ZTA. No metal base não houve alteração dos grãos devido a diminuição da temperatura. Na ZTA os grãos sofreram um aumento em função do aporte térmico mais elevado. No cordão de solda podemos visualizar uma possível microporosidade que, pode ter ocorrido por causa de diferença na corrente de ar no momento da execução da solda.

**Figura 10 - Micrografia na escala de 200  $\mu$ m da amostra MAG C (a) Cordão de solda (b) Metal base e ZTA**

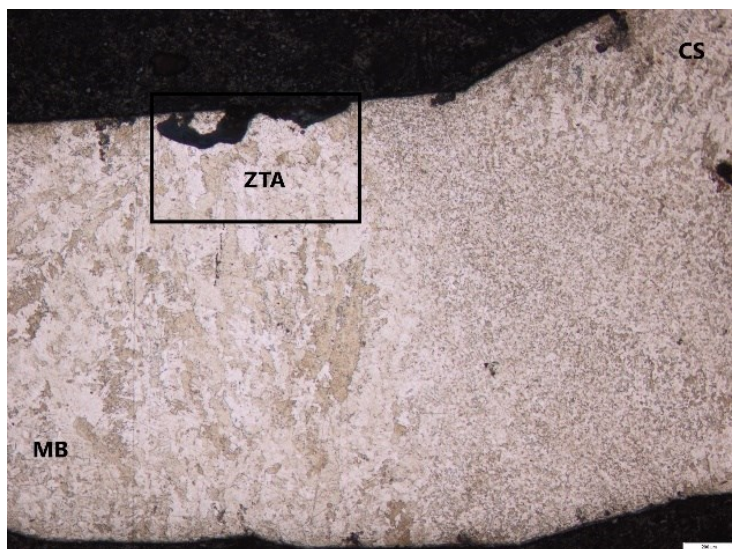


**Fonte: Autoria própria (2022).**

Na Figura 11 podemos ver a região onde não houve alteração dos grãos, que é onde fica o metal base. A área com uma granulação maior é onde fica a ZTA. Onde a granulação é menor temos o cordão de solda. Na região marcada como ZTA temos manchas mais escuras, que nada mais é do que a inclusão de baquelite no metal.



**Figura 11 – Micrografia na escala de 200  $\mu\text{m}$  da amostra MAG M com metal base e ZTA**



**Fonte: Autoria própria (2022).**

Comparando as Figuras 10 (a) e (b) com a Figura 11 não é possível observar nenhuma diferença expressiva que indique por qual processo foi realizado a soldagem em cada amostra. As diferenças entre os dois processos são melhores observadas macroscopicamente.

## 4 CONCLUSÕES

No ensaio realizado por líquidos penetrantes foi possível observar que a amostra soldada no processo MAG C apresentou mais imperfeições (respingos e porosidade) com relação a amostra MAG M. Nos resultados obtidos com o ensaio de dureza foi possível observar que a amostra MAG M apresenta uma ZTA mais dura e também um cordão de solda mais duro. Entretanto, no ensaio metalográfico não tivemos muitas diferenças entre as amostras, as diferenças entre os dois processos de mostram melhor de maneira macroscópica.

Durante os estudos realizados nas amostras soldadas nos processos MAG C e MAG M notou-se que ambos os processos são viáveis para a espessura do metal usado.

Quando se utiliza o CO<sub>2</sub> como gás de proteção em metais com espessura inferior a 1 mm é necessário que a solda seja realizada com baixos parâmetros a fim de evitar perfurações. Além disso, esse processo gera uma maior quantidade de respingos, um menor acabamento, menor velocidade de avanço. Entretanto, as vantagens em utilizar esse processo são um baixo custo, uma maior penetração, uma menor sensibilidade a pequenas contaminações.

No processo que utiliza a mistura e gases, no caso do trabalho o argônio e o gás carbônico, a maior desvantagem é o custo. Quanto maior for a quantidade de argônio na mistura, mais caro o processo irá se tornar. Quando o objetivo for melhor acabamento da solda, menor respingo, maior velocidade de soldagem o mais indicado seria 85% de argônio e 15% de gás carbônico.

No decorrer deste trabalho que tinha como objetivo comparar os dois processos, foi possível observar melhores resultados no processo de soldagem MAG M em chapas finas, enquanto o processo MAG C a princípio ganha apenas no custo, já que a penetração para chapas finas não é necessária, ou seja, grande parte do material depositado será removido para dar acabamento e acarretando um maior consumo de discos abrasivos e lixas. Também existe um menor regime de deposição devido a maior quantidade de respingos.

Dentro da recuperação de funilaria automotiva são utilizados outros processos de soldagem, mas quando o foco da solda é em específico a lataria do automóvel é possível concluir que, dentro do processo GMAW, a soldagem utilizando a mistura

(MAG M) traz mais benefícios, ou seja, menor quantidade de respingos, maior velocidade de soldagem e maior regime de deposição no cordão.

## 5 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Nesse trabalho definimos que, dentro do processo GMAW, o processo MAG utilizando uma mistura de gases é o mais indicado para soldagem de chapas finas. O próximo passo, visando o melhoramento da soldagem em funilaria automotiva, seria com relação as sequências (técnicas) de soldagem.

Geralmente a soldagem de chapas finas é a sequência de ponto a ponto, feita a fim de preencher todo o eixo da junta a ser soldada. Essa sequência é mais comum porque cordão contínuo fura facilmente.

Uma outra opção seria a sequência de soldagem “passe a ré”. Esta sequência é indicada para diminuir riscos de perfurações ou deformações em chapas finas, e também para facilitar as emendas, devido ao calor gerado no final do cordão de solda ser maior, que se localiza imediatamente no passo anterior à esquerda. Esta é uma forma de regredir o calor gerado, comparado com uma sequência progressiva contínua que eleva os riscos de fracasso nestas operações. Uma forma de minimizar esse risco seria o profissional ser bem qualificado e treinado para conhecer os recursos e os fundamentos desses processos que são versáteis.

## REFERÊNCIAS

BELTRAN, J. H. D; **Influência do metal de adição e do gás de proteção na soldagem mag de chapas de aço sae 1020**; Universidade federal do Rio Grande do sul escola de engenharia - curso de engenharia mecânica trabalho de conclusão de curso; Porto Alegre, 2019.

CHIAVERINI, V. **Aços e Ferros Fundidos**; Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais – ABM, 7º edição, 2008.

DIAS, F. R. **Caracterização da junta soldada de aço SAE 1020 com tratamento térmico pós soldagem**. 2018. 46 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Materiais) – Departamento Acadêmico de Engenharia de Materiais. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Londrina, 2018.

DOS SANTOS, C. E. F; **Processos de Soldagem - Conceitos, Equipamentos e Normas de Segurança**. Editora Saraiva, São Paulo, 2015.

FAVARETTO, L. **Análise das propriedades mecânicas de uma solda mag aplicada a aço de alta resistência e baixa liga**; Universidade do vale do taquari - univates curso de engenharia mecânica; Lajeado, 2020.

JUNIOR, W. D. C. RETHWISCH, D. G. **Ciência e engenharia de materiais: uma introdução**; 10ª edição, Grupo GEN, Rio de Janeiro, 2020.

KOSINSKI, G. **Análise do cordão de solda no processo de soldagem mag utilizando os aços sae 1020 e sae 1045**. Trabalho de Conclusão de Curso – Engenharia Mecânica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Guarapuava, 2021.

LINCON ELETTRIC. **CONSUMÍVEIS DE SOLDA**. Disponível em: <https://inspecaosoldagem.files.wordpress.com/2011/08/apostila-consumc3adveis-de-soldagem.pdf>. Acesso em: 31/05/2022.

MIG/MAG Welding, Svetsaren, vol. 58, nº2, 2003.

MORAIS, Alfredo. **Análise do comportamento da soldagem em aço SAE 1020**. 2021. 56 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Engenharia Mecânica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Guarapuava, 2021.

MOREIRA, H. S; **Estudo da influência dos parâmetros da soldagem MIG e da morfologia do cordão no comportamento a fadiga de juntas soldadas de um eixo traseiro veicular**; Dissertação (mestrado) – escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais, São Paulo, 2008.

OLIVEIRA, V. **Processos de alta produtividade GMAW: parâmetros não convencionais**. Especialização em Engenharia da Soldagem da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

RÖHSIG, T. et al; **Análise de solda em estrutura metálica pelo processo mig/mag**; Universidade Feevale, Revista de tecnologia e tendências Novo Hamburgo, 2019.

SILVA, S. K. C. **Análise da variação das propriedades microestruturais de um aço sae 1020 após tratamento de cementação em caixa**; Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais da Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019.

VILLANI, P. **Soldagem - Fundamentos e Tecnologia**; Elsevier Editora Ltda; Rio de Janeiro, 2016.