

FACULDADES INTEGRADAS DE ARACRUZ
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA

HENRIQUE REALI CANI
HÉRICLES FAVARATO BOTAN
RAFAEL MENEZES DEOLINDO
VITOR BITTI FALCÃO

**ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DO APORTE TÉRMICO NAS PROPRIEDADES
MECÂNICAS E MICROESTRUTURAIS EM JUNTA SOLDADA PELO PROCESSO
GTAW – AÇO SAF 2205 (DUPLEX)**

ARACRUZ

2019

HENRIQUE REALI CANI
HÉRICLES FAVARATO BOTAN
RAFAEL MENEZES DEOLINDO
VITOR BITTI FALCÃO

**ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DO APORTE TÉRMICO NAS PROPRIEDADES
MECÂNICAS E MICROESTRUTURAIS EM JUNTA SOLDADA PELO PROCESSO
GTAW – AÇO SAF 2205 (DUPLEX)**

Trabalho de conclusão de curso submetido
ao departamento de Engenharia Mecânica
da FAACZ – Faculdades Integradas de
Aracruz como parte dos requisitos
necessários para a obtenção do grau de
Bacharel em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Me. João Paulo Calixto
da Silva

.

ARACRUZ

2019

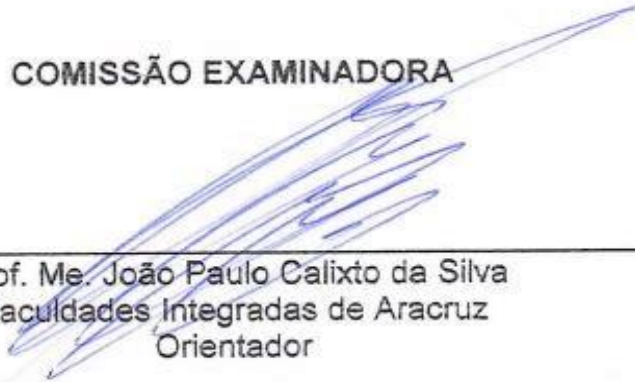
**HENRIQUE REALI CANI
HÉRICLES FAVARATO BOTAN
RAFAEL MENEZES DEOLINDO
VITOR BITTI FALCÃO**

**ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DO APORTE TÉRMICO NAS PROPRIEDADES
MECÂNICAS E MICROESTRUTURAIS EM JUNTA SOLDADA PELO PROCESSO
GTAW – AÇO SAF 2205 (DUPLEX)**

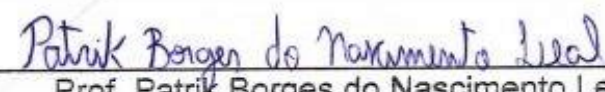
Trabalho de conclusão de curso submetido
ao departamento de Engenharia Mecânica
da FAACZ – Faculdades Integradas de
Aracruz como parte dos requisitos
necessários para a obtenção do grau de
Bacharel em Engenharia Mecânica.

Aprovado em 17 de junho de 2019

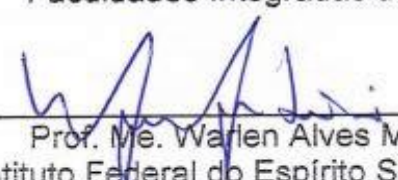
COMISSÃO EXAMINADORA



Prof. Me. João Paulo Calixto da Silva
Faculdades Integradas de Aracruz
Orientador



Prof. Patrik Borges do Nascimento Leal
Faculdades Integradas de Aracruz



Prof. Me. Warlen Alves Monfardini
Instituto Federal do Espírito Santo - Aracruz

DECLARAÇÃO DO AUTOR

Declaro, para fins de pesquisa acadêmica, didática e técnico-científica, que este Trabalho de Conclusão de Curso pode ser parcialmente utilizado, desde que se faça referência à fonte e ao autor.

Aracruz, 17 de junho de 2019.

HENRIQUE REALI CANI
HÉRICLES FAVARATO BOTAN
RAFAEL MENEZES DEOLINDO
VITOR BITTI FALCÃO

Resumo

O objetivo desse trabalho é avaliar o efeito do aporte térmico sobre a morfologia da austenita do aço duplex SAF 2205, além de identificar quais são os parâmetros ideais de soldagem que proporciona um equilíbrio das frações volumétricas de ferrita e austenita. Os materiais analisados são de aço inoxidável duplex SAF2205, soldadas pelo processo de soldagem GTAW variando o aporte térmico em aproximadamente 1,2 1,6 e 2,0 kJ/mm. Após a soldagem, os corpos de prova foram preparados para a análise metalográfica e de microdureza da morfologia de austenita formada. Os resultados mostraram a presença da austenita alotriomórfica de contorno de grão, a austenita de Widmanstätten e a austenita intragranular. Foi verificado que o aporte térmico que menos alterou o balanceamento das fases ferrita e austenita foi o de 1,2 kJ/mm, concluindo que se deve utilizá-lo quando o objetivo for manter a proporção volumétrica das fases no aço duplex SAF2205.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01- Esquema de Soldagem Tig.....	15
Figura 02- Aço Duplex já cortados.....	18
Figura 03- Detalhe ilustrativo do Chanfro.....	19
Figura 04- Fresadora Clever VH 1.....	19
Figura 05- Corpo de Prova.....	20
Figura 06- Soldagem TIG.....	21
Figura 07- Lixamento, Polimento e Ataque das Amostras.....	21
Figura 08- Microscópio óptico Faacz Olympus, Baquelite Corpo de Prova.....	22
Figura 09- Lixadeira, Baquelite, embutidora.....	22
Figura 10- Perfil de microdureza especificado pela norma N-0133.....	23
Figura 11- Máquina de Ensaio de Microdureza.....	23
Figura 12- Micrografia C1 Interface.....	24
Figura 13- Morfologia de Austenita comparação.....	24
Figura 14- Microestrutura C2 Interface.....	26
Figura 15- Morfologia de Austenita comparação.....	26
Figura 16- Microestrutura C3 Interface.....	27
Figura 17- Morfologia de Austenita comparação.....	27
Figura 18- Perfil Microdureza C1.....	29
Figura 19- Perfil Microdureza C2.....	30
Figura 20- Perfil Microdureza C3.....	30

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Composição química do aço duplex UNS S31802 (SAF 2205)	13
Tabela 2- Composição química do eletrodo ER2209.....	19
Tabela 3- Aporte Térmico nos corpos de Prova.....	19

SUMÁRIO

1- INTRODUÇÃO.....	9
2- OBJETIVOS.....	11
2.1- OBJETIVOS GERAIS.....	11
2.2- OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	11
3- REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	12
3.1- AÇOS INOXIDÁVEIS DUPLEX (AID)	12
3.1.2- APORTE TÉRMICO PARÂMETROS DE SOLDAGEM.....	13
3.2- PROCESSOS DE SOLDAGEM TIG.....	15
3.3- FASE SIGMA.....	15
3.4- MICROGRAFIA.....	16
3.5- ZONA TERMICAMENTE AFETADA.....	17
4- MATERIAIS E MÉTODOS.....	18
4.1- METAL BASE.....	18
4.2- METAL DE ADIÇÃO.....	18
4.3- PREPARAÇÃO E SOLDAGEM DAS AMOSTRAS.....	19
4.3.1- CORPO DE PROVA.....	19
4.3.2- PROCESSO DE SOLDAGEM TIG.....	20
4.4- MICROGRAFIA.....	21
4.5- MICRODUREZA.....	23
5- RESULTADOS	24
5.1- MICROGRAFIA.....	24
5.1- MICRODUREZA.....	28
6- CONCLUSÃO.....	31
7- REFERÊNCIAS.....	33
ANEXO A	
ANEXO B	

1 INTRODUÇÃO

Os aços inoxidáveis duplex (AID) vêm se apresentando como uma excelente alternativa para aplicações em que alta resistência à corrosão e alta resistência mecânica são requeridas. Sua principal aplicação é em duto na área de petróleo e gás. Apesar do petróleo ser considerado um produto finito, sua produção continua em ritmo forte, e isso inclui o Brasil; da mesma forma ocorre com o gás natural. (FONSECA PINHEIRO E SILVA 2016)

No aço duplex há um balanceamento entre frações volumétricas próximo a 50% para cada uma das fases que são a fase austenítica e ferrítica. (FONSECA PINHEIRO E SILVA 2016)

Aços duplex são recomendados onde há necessidade de materiais soldáveis com maior resistência à corrosão e também resistência mecânica; para atender essas especificações; os aços inoxidáveis duplex apresentam excelentes propriedades para tal demanda. (CARDOSO 2012).

No Brasil o crescimento do aço Duplex foi evidente a partir dos anos 90. Este material também é utilizado em alguns equipamentos de plataformas devido a suas excelentes propriedades. Segundo a ABINOX (associação Brasileira de Aços Inoxidáveis), em 2018 cerca de 50 megatoneladas de aço foram produzidos no mundo, dentre eles uma considerável produção de aço duplex.

Por isso são grande importância suas propriedades, e os parâmetros ideais de soldagem que influenciam na morfologia microestrutural podendo alterar essas propriedades. Pois se a soldagem não for a ideal para o trabalho podem ocorrer perdas quanto a resistência do aço, tão importantes para manter a estabilidade de ferrita e austenita. Com uma soldagem ideal, deve-se obter um controle de parâmetros de soldagem para a junta possuir níveis aceitáveis de dureza e tenacidade para que possa evitar tratamentos térmicos pós soldagem. Proporcionando redução dos custos pois diminuiria tempo de parada e minimizaria falhas.

Este trabalho visa verificar os efeitos do aporte térmico na junta soldada do aço inoxidável duplex SAF 2205 ou UNS S31803, visando aprimorar a soldagem e melhorar a propriedade do aço sem alterar sua estrutura. O Processo utilizado será o GTAW- (Tungsten Inert Gas). Através da verificação do aporte térmico serão observadas as diferenças microestruturais e mecânica do material.

As juntas soldadas do aço inoxidável duplex SAF 2205, unidas pelo método convencional sem pré-aquecimento, serão submetidas a testes variando o aporte térmico com os valores de 1,0 kJ/mm, 1,5 kJ/mm e 2,0kJ/mm através da mudança da intensidade de corrente, a fim de checar qual o aporte térmico causará menor mudança na composição do material, para isso os ensaios de micrografia e microdureza são essenciais.

2 OBJETIVOS.

2.1 OBJETIVOS GERAIS

Estudar a influência do aporte térmico da soldagem GTAW na microestrutura e nas propriedades mecânicas na soldagem do aço SAF 2205.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Calcular o aporte térmico de cada procedimento e através do ensaio de micrografia verificar as diferenças microestruturais na Zona Fundida e Zona Termicamente Afetada.
- Determinar o perfil de dureza ao longo da seção soldada, através do ensaio de microdureza Vickers.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 AÇOS INOXIDÁVEIS DUPLEX (AID)

A indiscutível resistência à corrosão e a excelente combinação de propriedades mecânicas dos aços inoxidáveis duplex podem ser prejudicadas se os corretos procedimentos de soldagem não forem respeitados.

Segundo ao Laboratório do Centro Educacional Inaciana, o aço duplex mais comum utilizado é o SAF 2205, este possui uma ampla aplicação em indústrias químicas, petroquímicas e de papel celulose.

O AID é uma liga baseada no sistema Fe-Cr-Ni. A composição química dessa liga e o tratamento térmico aplicado são ajustados de modo que a sua microestrutura seja composta de 50% de ferrita e 50% de austenita (ZAMPROGNO 2010).

Dentre algumas características importantes dos AID pode-se destacar a condutividade térmica que é maior do que nos aços inoxidáveis austeníticos, a qual em conjunto com a baixa expansão térmica os torna bons candidatos à utilização em trocadores de calor.(NUNES, ALVES JUNIOR, MIRANDA et. al. 2011).

De uma forma geral, os aços inoxidáveis são ligas ferrosas com conteúdo mínimo de 12% em peso de Cr, podendo possuir outros elementos em sua composição. É considerado inoxidável devido à resistência à corrosão em meios aquosos na presença de inúmeros agentes orgânicos e minerais agressivos, sendo sua resistência à corrosão atmosférica um caso particular, e a altas temperaturas (Castro, 1975).

Geralmente em algumas aplicações dos aços duplex necessitam um processo de soldagem. Para tentar eliminar as alterações microestruturais que ocorrem devido a este processo são necessários alguns cuidados. Os processos de soldagem a arco, qualquer um deles podem ser utilizados para soldagem em AID. Outros processos como os que utilizam uma fonte de alta densidade, como feixe de elétrons ou laser, possuem um limite em sua utilização, devido à alta velocidade de resfriamento da junta soldada impossibilitam a precipitação da austenita. (EL-BATAHGY 2011).

Os ciclos térmicos de soldagem geralmente fazem ocorrer algumas alterações nas fases de austenita e ferrita e com isso suas propriedades são alteradas. Além disso, algumas fases intermetálicas que são prejudiciais ao material poder surgir em sua composição, são elas a fase chi, carbonetos e fase sigma. A fase sigma aparece com mais frequências nos AID; e ela é indesejável por ser quebradiça devido ao seu alto índice de dureza, o que prejudica suas propriedades mecânicas também diminui a resistência à corrosão do material devido à perda de cromo para fase sigma (PEREIRA 2009).

A composição química do aço inoxidável duplex abaixo conforme tabela:

Tabela 01 – Composição química do aço duplex UNS S31802 (SAF 2205)

AISI/UNS	% c	%si	%mn	%cr	%ni	%mo	%n	microestrutura
S 31802	0,03	1	2	22	5,5	3,2	0,18	Duplex

Fonte: adaptado da UNS: Unified Numbering System AISI ; American Iron and Steel Institute 2000

3.1.2 - APORTE TÉRMICO E PARÂMETROS DE SOLDAGEM

Na soldagem de AID's um parâmetro fundamental de controle é o aporte térmico, uma vez que quanto maior, menor a taxa de resfriamento. É recomendado utilizar aporte térmico entre 0,5 kJ/mm e 2,5 kJ/mm para a soldagem de aços inoxidáveis duplex e entre 0,2 kJ/mm e 1,5 kJ/mm para os aços inoxidáveis super duplex (AISD). (GNANASUNDARAM, B.R., NATARAJAN, M 2014)

Além da busca da energia de soldagem próxima do ideal, deve-se ainda considerar o fato de que, na soldagem multipasse, a junta é submetida a vários ciclos térmicos. Isto significa que a região soldada passa por aquecimentos e resfriamentos consecutivos, comumente pouco controlados. Tais variações de temperatura podem modificar a microestrutura original e, conseqüentemente, afetar o desempenho da junta, modificando suas propriedades. O reaquecimento repetido da ZF e da ZTA pode levar à precipitação de nitretos e fases intermetálicas, como a fase sigma e fase R. (NUNES, 2011, LONDOÑO 1997)

Uma grande importância tem sido dada a este tema pela comunidade científica e pelos produtores destes aços, principalmente no caso dos AID. Já existem pesquisas que têm verificado as mudanças microestruturais acontecidas na zona afetada pelo calor submetida à temperatura elevada, e seu efeito no desempenho da junta soldada, já que esta região é de difícil controle. (NUNES 2011)

O balanço de fase também depende do aporte térmico do processo utilizado no processo de soldagem. O nível de energia de soldagem influi diretamente na taxa de resfriamento e por consequência, a temperatura efetiva abaixo da qual cessa a transformação ferrita-austenita (MUTUPHANDI et al., 2003).

Altos níveis de energia resultam em resfriamento mais lento, por outro lado, essas condições tendem a produzir crescimento de grão, ampliação da zona afetada pelo calor e precipitação de fases intermetálicas. (ZAMPROGNO, 2010)

Um dos principais problemas na soldabilidade desses aços é o surgimento de trincas induzidas pelo hidrogênio, que é um agente fragilizante. Há também perda de tenacidade, tanto na Zona Termicamente Afetada, como na Zona Fundida, na soldagem desses aços. O aporte térmico elevado também contribui para esses efeitos. (SOUZA, M., PARDAL, J. 2014)

PEREIRA 2009, mostra em sua tese que o efeito da soldagem sobre as frações volumétricas das fases no metal de base foi baixo e que no metal de solda houve uma tendência de queda na quantidade de ferrita com o aumento da energia de soldagem. Houve também um aumento no reforço e na penetração do metal de adição quando se empregaram altas energias de soldagens.

Devido aos ciclos térmicos aos quais o material é submetido durante um processo de soldagem, há uma tendência de desbalanceamento de sua microestrutura. A soldagem também expõe o material a faixas de altas temperaturas, nas quais ocorre a precipitação de compostos intermetálicos (fase sigma, fase chi, nitretos de cromo, carbonetos de cromo entre outros) de efeitos danosos ao material, um estudo microestrutural das morfologias das fases de ferrita e austenita no aço duplex mostra se essas fases prejudiciais podem estar presentes nessas fases. (MENEZES, J.W.A 2005)

3.2 PROCESSO DE SOLDAGEM TIG (GTAW)

De acordo com BRANDI (2004), Este processo utiliza um arco elétrico como fonte de calor. A proteção é feita com gás inerte. A soldagem pode ser feita ou não com metal de adição, manual ou automática, no caso do estudo que será feito utilizaremos a soldagem TIG manual com metal de adição. Em modo geral esse tipo de soldagem é excelente para ligas de titânio, alumínio Aços Inoxidáveis entre outros.

A proteção da poça de fusão e do arco contra a contaminação pela atmosfera é feita por uma nuvem de gás inerte ou mistura de gases inertes. Os gases mais utilizados são o argônio e o hélio, ou uma mistura de ambos, entretanto o argônio é o mais utilizado, principalmente devido ao menor custo e maior disponibilidade, além de outras vantagens. (PEREIRA 2009).

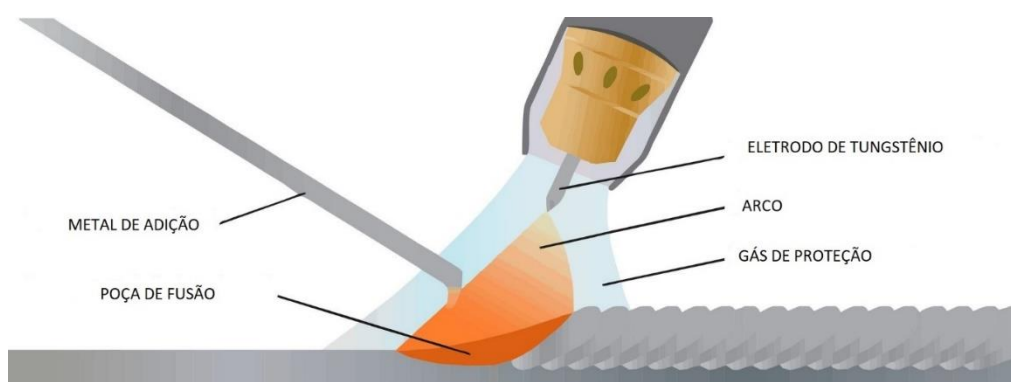


Figura 01 – Esquema de soldagem TIG **Fonte:** Adaptado “O soldador” Ricardo Gomes (2017)

3.3 FASE SIGMA (σ)

A fase σ é formada nos aços duplex, esta fase é muito estudada para encontrar meios de não ocorrer sua formação, esta fase aparece no aço que é um composto de Fe, Mo e Cr. Que possui alta dureza. Pode se observar o seu surgimento um aumento brusco da dureza e grande perda da ductilidade, principalmente ao submeter o material a temperatura ambiente. (Londoño, 1997)

Esta fase possui uma estrutura cristalina tetragonal, com 30 átomos por célula. Apresenta certa ordem, isto é, lugares cristalográficos específicos são preferidos por átomos de determinados componentes. Isto explica sua elevada dureza (900-1000 Vickers) e a fragilidade na temperatura ambiente, devido à dificuldade para gerar discordâncias móveis. (SOUZA 2009)

Por isso além de buscar uma energia de soldagem ótima, deve se considerar o fato de que na soldagem multipasse, a junta é submetida a vários ciclos térmicos. Isto significa que a região soldada passa por aquecimentos e resfriamentos consecutivos, comumente poucos controlados. Tais variações de temperatura. Podem modificar a microestrutura original e, conseqüentemente, afetar o desempenho da junta, modificando suas propriedades. O reaquecimento repetido da Zona Fundida (ZF) e da Zona termicamente afetada (ZTA) pode levar a precipitação de nitretos e fases intermetálicas como a Fase Sigma.

3.4 MICROGRAFIA

Colpaert (1998) diz que a técnica de micrografia pode ser dividida nas seguintes partes:

- Escolha da seção a ser estudada;
- Realização de polimento, na superfície plana;
- Exame ao Microscópio para observação das ocorrências visíveis sem ataque;
- Ataque da Superfície por um reagente químico adequado;
- Exame ao microscópio para verificar a textura;
- Fotografias para documentação;

Segundo a Fonseca, Pinheiro e Silva em seu artigo onde é estudado a morfologia da austenita e a quantidade de fases em chapas de aço SAF 2205, mostra que no mesmo aço soldado com diferentes parâmetros, no caso a mudança do aporte térmico apresentou diferentes morfologias de austenita nos corpos de prova, durante o processo de sua pesquisa foi possível verificar que quanto maior o aporte térmico maior será a molhabilidade do cordão de solda, resultando maior espessura do mesmo, o maior aporte térmico também reduziu a velocidade da soldagem. As principais morfologias encontradas nesta pesquisa foram a austenita de widmanstätten, alotriomórfica e intragranular.

MU-THUPANDI mostra que a austenita com morfologia Widmanstätten nucleia nos contornos de grão da ferrita ou da austenita alotriomórfica pré-existente e desenvolve-se ao longo de planos específicos da matriz como placas paralelas. Já a austenita alotriomórfica de contorno de grão pode ser descontínua para velocidades elevadas

de resfriamento, e à medida que a velocidade de resfriamento reduz, esta se torna cada vez mais contínua.

ZAMPROGNO diz em sua pesquisa que ocorreram as mesmas formação de austenita secundária tanto na ZTA quanto na zona fundida. Porém o autor não subdividiu a austenita secundária da primária, ele apenas observou o percentual de austenita e ferrita e concluiu que o aporte térmico influenciou da seguinte forma, quanto maior a energia de soldagem o maior o favorecimento de austenita em todas as formas e menor ocorrência de ferrita.

3.5 ZONA TERMICAMENTE AFETADA

Durante o aquecimento dos metais pelos processos de soldagem por fusão, há a união dos metais onde, a microestrutura original e as propriedades do metal na região próxima do metal de solda são modificadas devido a fusão localizada destes materiais, seguido por um rápido resfriamento sob condições de restrição imposta pela geometria da junta. Esta parte transformada do metal de base, que não chega a ser fundida, é usualmente conhecida como zona termicamente afetada (ZTA) (SILVA, 2010).

De acordo com o tipo de metal que está sendo soldado, os efeitos dos ciclos térmicos poderão ser os mais variados. O processo e procedimento de soldagem e tipo de metal de base, a ZTA pode apresentar diversas características, pois são influenciadas por esses fatores, isto é, dos ciclos térmicos da repartição térmica. (MARQUES, MODENESI e BRACARENSE, 2005).

Nos aços duplex, o balanço estrutural na ZTA é determinado pelas condições de resfriamento e aquecimento, pela temperatura máxima atingida pelo tempo de permanência nessa temperatura, isto é, devido ao ciclo térmico de soldagem na sua partição. Temos algumas consequências de fatores tais como espessura do material, energia de soldagem, temperatura de pré-aquecimento e temperatura de interpassse no caso vamos nos aprofundar principalmente na energia de soldagem onde também chamamos de aporte térmico.

A ZTA pode ser dividida em duas regiões uma região é onde recebe mais calor e a outra é onde recebe menos calor e isso influencia diretamente na constituição da microestrutura de uma soldagem. Pereira em sua tese demonstra através de micrografias que a ZTA mostrou que o efeito da soldagem sobre frações volumétricas das fases do metal de solda houve uma tendência de queda, na quantidade de ferrita com o aumento da energia da soldagem. Houve também um aumento no reforço e na penetração do metal de adição quando se empregaram altas energias de soldagem.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 METAL BASE

O metal base utilizado é o aço SAF 2205, também conhecido como UNS S31803, em perfil de chapa, foram 10 peças que foram utilizadas com corpo de prova com as dimensões de 125x40x10mm. O Metal base foi cedido pela empresa NCS Industrial, situada no município de João Neiva-ES.



Figura 02 - Aço Duplex SAF 2205 já cortados **Fonte:** Arquivo pessoal, 2018.

4.2 METAL DE ADIÇÃO

O metal de adição que apresenta em seu depósito uma estrutura austeno-ferrítico, conhecido como Duplex, possuindo grandes propriedades mecânicas e excelente resistência à corrosão. Atende a Norma AWS A5.9 ER 2209. Metal de adição cedido por empresa de metal mecânica localizada em João Neiva.

CONSUMIVEL	VARETA	COMPOSIÇÃO QUÍMICA (%PESO) (Fe BALANÇO)								
		Cr	Ni	Mo	Mn	Si	N	C	P	S
ER 2209	2,4 3,2	23	8,63	3,07	1,51	0,47	0,17	0,009	0,018	0,001

Tabela 02 – Composição química do eletrodo ER2209 **Fonte:** EC CastoTIG 2209 2017

4.3 PREPARAÇÃO E SOLDAGEM DAS AMOSTRAS

4.3.1 Corpo de prova

A partir das amostras foram preparados 10 corpos de prova em formato de barras com 125x40x8mm a fim de que destes 10 corpos de provas fossem escolhidos 3 para análise, enquanto os outros corpos foram para testes e soldagens iniciais, no caso foram utilizados para ajustes de parâmetros para um procedimento ideal. Com ângulo de 30°, conforme a ASME IX. De acordo com a EPS cedida por uma empresa de metal Mecânica, Situada em Aracruz (ANEXO A).

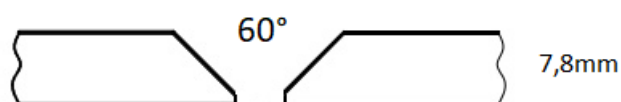


Figura 03 – Detalhe ilustrativo do chanfro **Fonte:** Os autores 2018

Para deixar os corpos de prova com as dimensões conforme a norma foi utilizada a fresadora modelo CLEVER VH-1 cedida pelo laboratório de mecânica da FAACZ.



Figura 04 – Fresadora CLEVER VH-1 **Fonte:** Arquivo pessoal, 2018.



Figura 05 – Corpos de Prova **Fonte** – Arquivo Pessoal 2018

4.3.2 Processo de soldagem TIG

O equipamento para soldagem GTAW foi a máquina para soldagem de Solda Inversora 200A Tig Mma 200S V8, que pertence a escola CEET “Talmo Luiz Silva”, soldador qualificado CINETE 1855. A soldagem dos corpos de prova se foi preparada com os seguintes parâmetros:

Corpo de Prova	Aporte Térmico (Kj/mm)	Tensão (V)	Intensidade de Corrente (A)	Velocidade de Soldagem(mm/s)
1	1,2375	11	120	1,05
2	1,58125	11	130	0,901
3	1,925	11	140	0,802

Tabela 03 – Aporte Térmico nos corpos de Prova **Fonte:** Os Autores,2018

A equação para cálculo de aporte térmico ou energia de Soldagem:

$$E=(V.I)/1000v$$

onde:

E = energia de soldagem em KJ/mm; V = tensão no arco, em V;

I = corrente de soldagem, em A; v = velocidade de soldagem, em mm/s.



Figura 06 – Soldagem TIG **Fonte:** Arquivo pessoal, 2018.

A soldagem dos corpos de prova foi realizada seguindo as condições descritas na EPS (ANEXO A). Para controlar a velocidade de soldagem foi cronometrado o tempo que o soldador levou para finalizar o chanfro, e de acordo com o tempo obtido para fazer uma soldagem, foi estipulado um limite para soldagem.

4.4 MICROGRAFIA

Para o ensaio de micrografia, as amostras foram lixadas, polidas, pressurizadas com baquelite e atacadas quimicamente com NaOH 20% a aplicação se deu NaOH em H₂O por 5 segundos a eletrolise foi feita com fonte regulada em 3 V, no laboratório de metalografia da “FAACZ” a fim de que revelasse a microestrutura da junta. O método de revelação da microestrutura que foi utilizado é próprio para aços, soldas e inox, conforme a AISI 660.



Figura 07 – Lixamento, polimento e ataque das amostras **Fonte:** Arquivo pessoal, 2018.

O microscópio que foi utilizado para testar o ataque químico e pré-visualização microestrutura foi o Microscópio Metalográfico Trinocular Invertido TNM-07T-PL – Opton com capacidade de aumento de 100 a 1000X onde se encontra no laboratório de metalografia da FAACZ. E a identificação das microestruturas feitas por meio de um sistema de captura de imagens integrado ao microscópio Olympus Trinocular CX 31 40x,100x,400x, que permitiu o registro das análises realizadas, esse por sua vez, cedido pelo laboratório de metalografia do IFES.



Figura 08 - Microscópio Óptico FAACZ, Microscópio Olympus, Corpos de prova Baquelite **Fonte:** Os Autores 2018

Para preparação dos corpos prova foi utilizado baquelite e pressurizado afim de manter o aço fixo para melhor aplicação de reagente químico e manuseio do corpo de prova. A embutidora PRE-30 S foi cedida pela Faculdade FAACZ, os corpos de provas também foram polidos na politriz Arotec APL-2 também cedida pela FAACZ.

A figura 9 mostra os itens para preparação de um corpo de prova para análise metalográfica através de micrografia.



Figura 09 – Lixadeira Arotec APL – 2, Baquelite para preparação de corpos de prova e embutidora PRE – 30 S, respectivamente. **Fonte:** Os Autores 2018

4.5 ENSAIO DE MICRODUREZA

Seguindo o mesmo procedimento que BOSQUETTI, et. al, 2015, foi realizado ensaio de microdureza Vickers, para chanfro em “V” da norma Petrobrás N-0133.

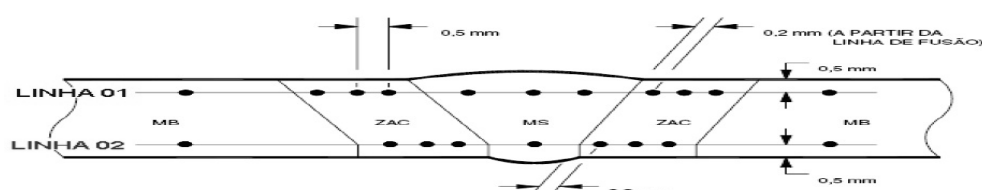


Figura 10 - Perfil de microdureza especificado pela norma N-0133 **Fonte:** BOSQUETTI, et. al, 2015.

A Microdureza Vickers trabalha com um penetrador de diamante, em formato de uma pirâmide tetragonal, onde o ângulo entre as faces opostas é de 136° . Por apresentar este formato, o penetrador incide em uma área consideravelmente pequena na superfície do material, possibilitando-se assim a avaliação da dureza em áreas 49 restritas, tais como: precipitados intermetálicos, grãos de uma fase, películas de revestimento, entre outras.

Para o ensaio de microdureza, as amostras que serão utilizadas, são as mesmas utilizadas no ensaio de micrografia. No ensaio de dureza os corpos de prova foram submetidos ao processo de microdureza vickers onde foi utilizada a máquina de ensaio Mitutoyo –Hardeness Testing Machine-HM – Patrimônio 002639 do laboratório de metalografia do Instituto Federal do Espírito Santo (IFES).



Figura 11 – Mitutoyo – Hardeness Testing Machine -HM – Máquina para realização de microdureza **Fonte:** Os Autores 2018

5 RESULTADOS

5.1 MICROGRAFIA

A figura 12 apresenta a micrografia do aço duplex SAF 2205 Corpo de prova (C1) onde o aporte térmico é de 1,2375 KJ/mm, análise da ZTA e ZF em comparação a micrografia Fonseca, Pinheiro e Silva 2016 na Figura 13 com aporte térmico de 1 kJ/mm.

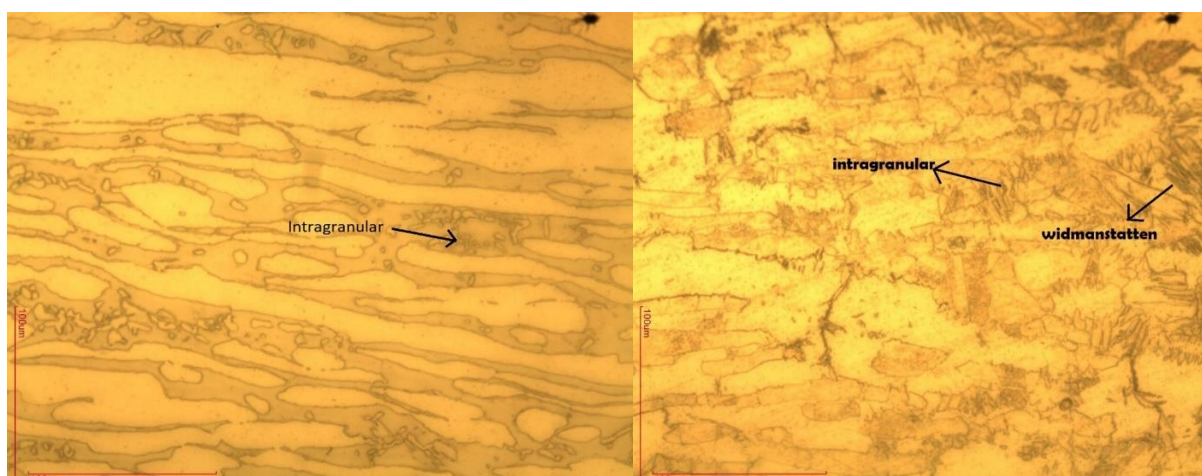


Figura 12 – Micrografia C1 – ZTA e ZF respectivamente, ocorrência de diferentes morfologias de austenita, no caso intragranular e widmanstätten. **Fonte:** Os Autores 2018

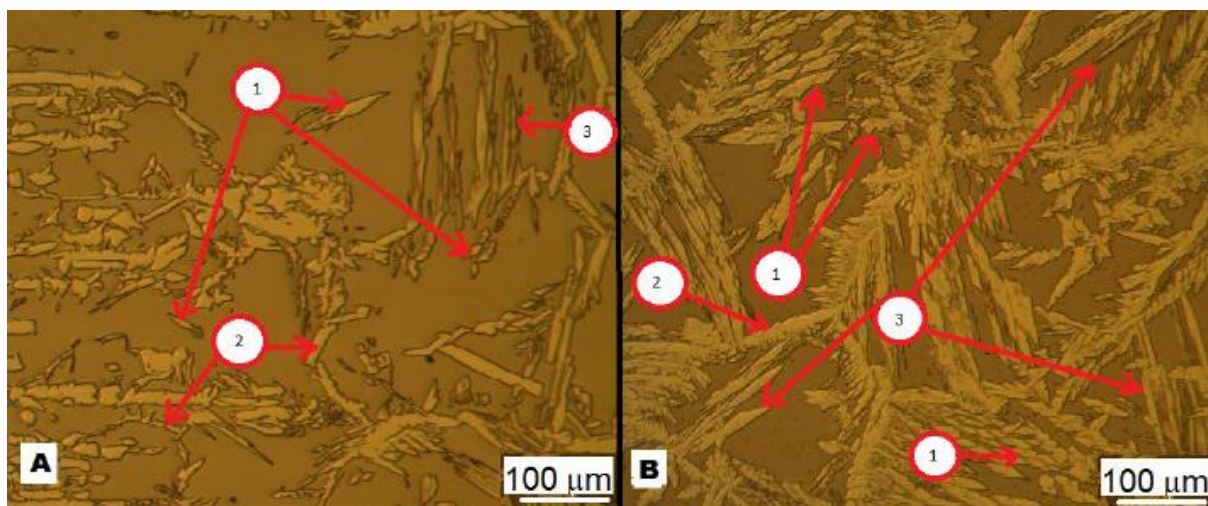


Figura 13 - Diferentes morfologias da austenita, em amostras soldadas com aporte térmico de 1,0kJ/mm na (a) ZTA e na (b) ZF **Fonte:** FONSECA, C. S.; PINHEIRO, I.P.; SILVA, S.N. revista Matéria, v.21, n.1, pp. 227 – 234, 2016.

As imagens mostram a variação nas fases da estrutura do aço, a figura 12 demonstra a variedade de fases secundárias no aço, isso se dá devido ao aquecimento na soldagem, no caso deste corpo de prova C1, onde o aporte térmico é baixo, as ocorrências destas fases são de baixo teor, no caso austenita intragranular e widmanstatten. Na figura 13 ocorreu a presença de 3 morfologias de austenita intragranular (1), austenita alotriomórfica (2) e Widmanstatten (3), essa ocorrência dessas fases em comparação com a imagem 13 se deu devido a variação da velocidade de resfriamento, segundo MUTHUPANDI, quanto maior a velocidade de resfriamento maior é a tendência de surgimento de austenita secundária.

O corpo de prova C2 representado na figura 14, é um comparativo entre a ZTA e ZF que mostra a variação da estrutura em C2 onde o aporte térmico é 1,5812 KJ/mm. Nestas imagens são visualizadas mudanças drásticas na microestrutura em comparação com o corpo C1. Segundo PINHEIRO onde conforme o aporte térmico aumenta a molhabilidade do cordão de solda aumenta e a microestrutura tanto da ZTA quanto da ZF sofre alterações na morfologia austenoferrítica. A figura 15 mostra a análise de PINHEIRO, FONSECA et al, onde o aporte térmico é de 1,5kJ/mm.

A zona de soldagem em C2 fica destacado a ocorrência de fases de austenita de widmanstatten, alotriomórfica e Intragranular, a estrutura da soldagem demonstra maior ocorrência de austenita de widmanstatten em comparação a C1. É mostrado a ZTA no Corpo de Prova C2, onde ocorre pouca variação no balanceamento de ferrita e austenita, há também um surgimento de austenita intragranular devido ao aquecimento da soldagem. Porém não há surgimento de fases intermetálicas prejudiciais a soldagem. Segundo ZAMPROGNO o aporte térmico influencia na quantidade e tipo de morfologia da austenita formada nas regiões de solda. Isto é observado na figura 15, de acordo com o aumento do aporte térmico maior será a morfologia de widmanstatten na austenita, na micrografia representada pela figura 15, são observados esses aumentos.

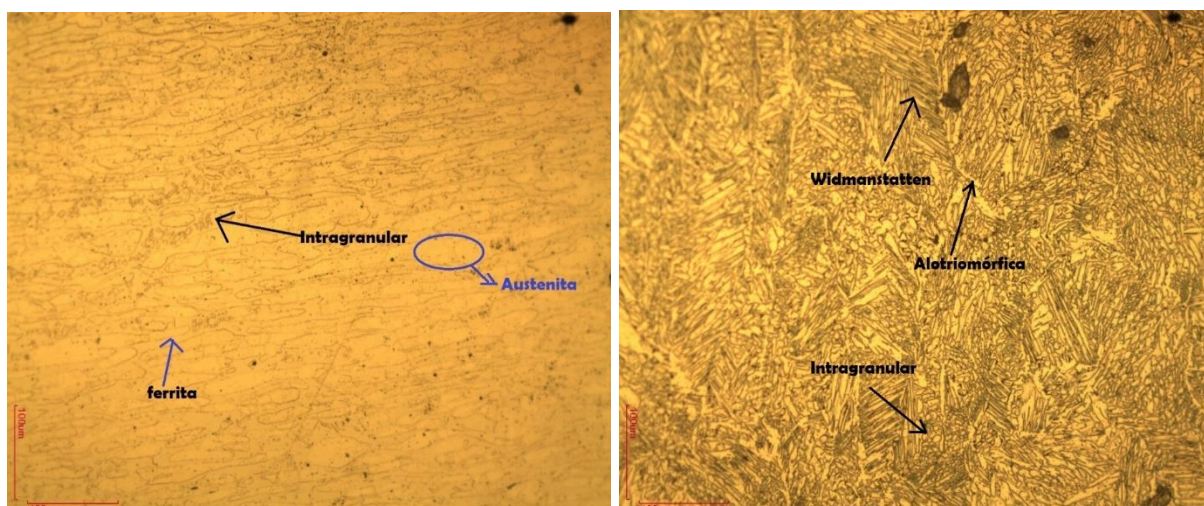


Figura 14 – Microestrutura C2, ZTA e ZF respectivamente, morfologias de austenitas diferentes ocorrentes nas duas fases, são elas, austenita intragranular de contorno de grão, austenita alotriomorfa e widmanstatten na ZF, na ZTA ocorre Intragranular. **Fonte:** Os Autores 2018

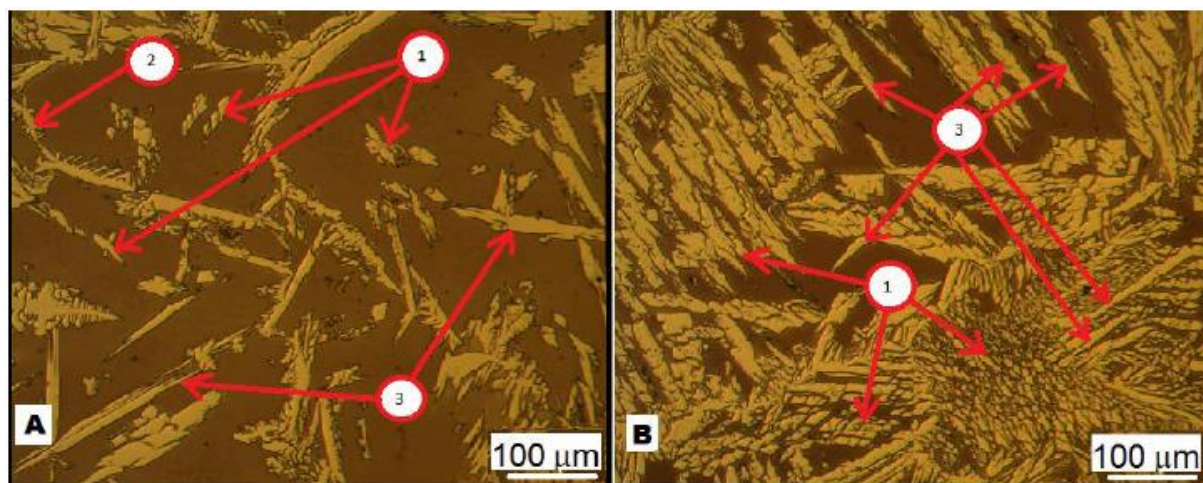


Figura 15: Diferentes morfologias da austenita, em amostras soldadas com aporte térmico de 1,5kJ/mm na (a) ZTA e na (b) ZF. FONSECA, C. S.; PINHEIRO, I.P.; SILVA, S.N. revista Matéria, v.21, n.1, pp. 227 – 234, 2016.

Na figura 16 existem na ZTA a ocorrência de widmanstatten, austenita intragranular e austenita alotriomórfica, já na zona fundida existe o surgimento em grande quantidade de austenita de windmanstatten e intragranular. O efeito da energia de soldagem multipasse, segundo a PEREIRA 2009, ZAMPROGNO 2010, quanto maior o aporte térmico maior é a tendência de surgimento de austenita secundária e também algumas fases intermetálicas como a fase chi, fase laves e fase sigma, especificamente no cordão de solda quanto maior o aporte térmico maior também será a molhabilidade da soldagem. No corpo de prova C3 foi revelada as seguintes microestruturas na interface. Há uma mudança brusca nas fases da ZTA e na ZF, o

aporte térmico deste corpo de prova é de 1,925 KJ/mm. Em comparação com a micrografia NUNES 2011, com um aporte térmico de 2,0 kJ/mm.



Figura 16 – Corpo de Prova C3, ZTA e ZF imagens micrográficas das estruturas ocorrência de austenita intragranular, alotriomórfica e widmanstätten **Fonte:** Os Autores 2018

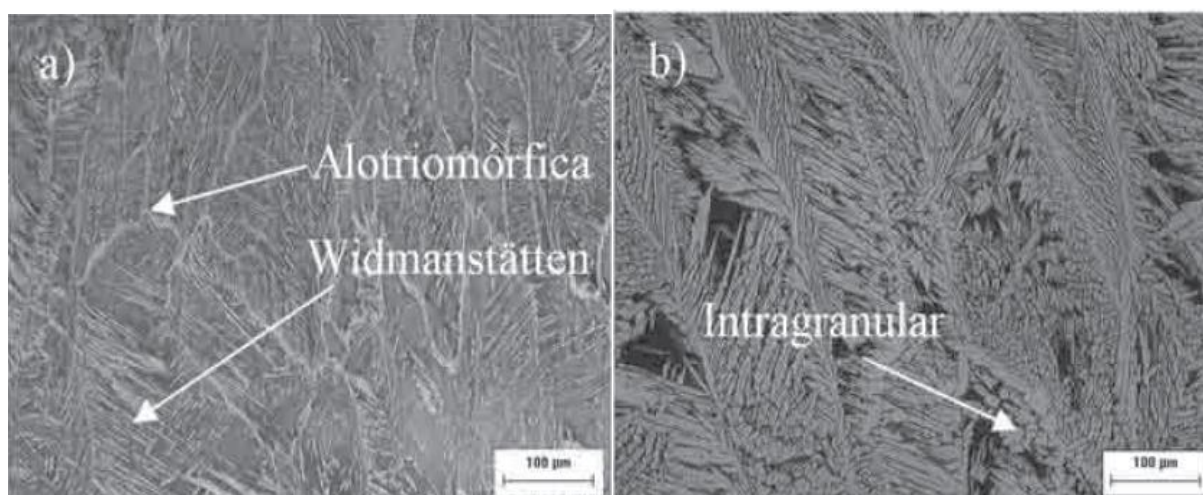


Figura 17 – Micrografia Nunes, a) ZTA Onde aparecem morfologias semelhantes a ZF do corpo de prova C3, b) Zona Fundida onde há grande ocorrência de austenita intragranular e Widmanstätten. **Fonte:** Soldag. insp. São Paulo, Vol.16, No. 2, p.156-164, Abr/Jun 2011

Na zona fundida há um grande desbalanceamento das fases, devido a grade ocorrência de surgimento de austenita intragranular, é importante se destacar que o aumento da intensidade de corrente é diretamente proporcional ao efeito da energia de soldagem e sequentemente há um aumento na morfologia das fases secundárias no corpo de prova C3 isso é destacado na figura 17. Comparado a micrografia de

NUNES 2011, são notadas algumas diferenças na ZTA, no corpo de prova C3 a ZTA ficou bem estabilizada o balanceamento de ferrita e austenita, na ZTA de Nunes há ocorrência de mais fases de austenita devido ao aquecimento da soldagem causado pelo tempo de soldagem onde foi feito um pré-aquecimento no corpo de prova, quanto maior o tempo de resfriamento mais fases secundárias de austenita são reveladas em micrografia.

Na zona termicamente afetada a situação muda; de acordo com MAGNABOSCO 2001, é afirmado que o principal fator para redução de resistência é a ocorrência de fase sigma, e analisando até agora os corpos de prova c1 c2 e c3 não foram apresentadas nenhuma constituinte que prejudica a resistência da soldagem. Nessa análise do corpo de prova c3 mostra que com o aumento da energia de soldagem há formação de austenita de diferentes formas, e em todos os corpos de prova na zona fundida o teor de ferrita é maior que na ZTA, ficou evidente também que com a intensidade de corrente mais alta a austenita é mais fina comparada aos outros corpos de prova, no caso, com um maior aporte térmico a austenita inicial se precipita e forma-se outros tipos de austenita, isso é evidente na tese de MAGNABOSCO 2001, No artigo de FONSECA 2016, e na tese de PEREIRA 2010.

Por fim analisando a micrografia dos corpos de prova, o corpo de prova c1 teve pouca variação na sua estrutura comparado ao c2 e c3, isso demonstra que o aporte térmico que mais atendeu a expectativa de poucas variações na morfologia da soldagem foi o c1 com 1,2375KJ/mm. A austenita aumenta quando o aço SAF 2205 é submetido a soldagem, isso se dá devido ao calor, que muda a microestrutura da zona fundida e da zona termicamente afetada.

5.2 MICRODUREZA

Os resultados dos testes de microdureza foram obtidos conforme Norma ASTM E 92, os corpos de prova foram submetidos a demarcações em pontos ao longo da seção.

Foram marcados nove pontos em HVx e HVy, com os seguintes resultados da variação de dureza vickers. Abaixo perfil de dureza referente ao corpo de prova C1. Mostrando a variação de C1 onde o maior valor em dureza registrado foi de 392 HV na zona fundida e a média de dureza no corpo de prova é de 363,58 HV.

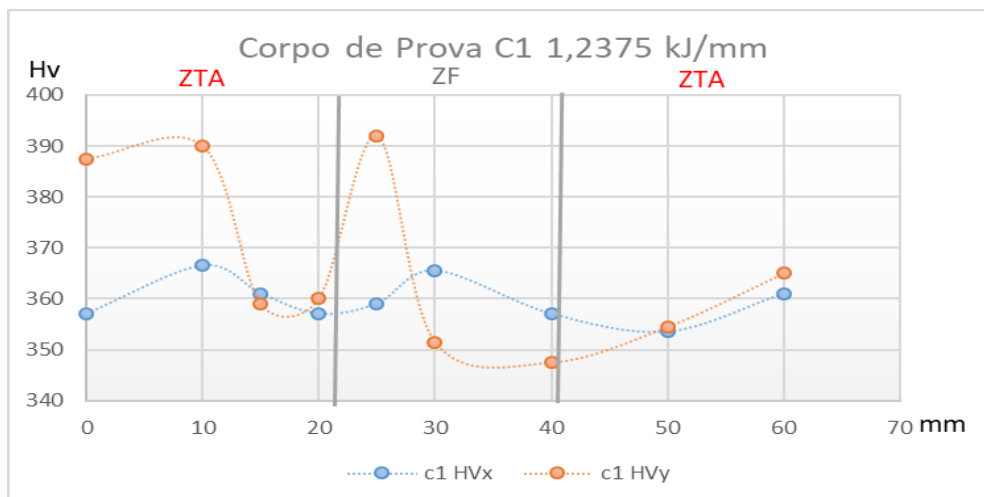


Figura 19- Perfil de Microdureza C1 **Fonte -** Os Autores 2018

Geralmente o metal base que é no caso o SAF 2205, sua dureza fica em torno de 290 a 310 HV, ARAGONÊS LEITE 2009 em sua tese de mestrado mostra isso, que quando o aço SAF é submetido a uma soldagem devido ao aquecimento a zona fundida e a ZTA muda sua dureza mas com os parâmetros corretos esse aumento de dureza não influencia na composição do aço, por ser pequeno esse aumento, no gráfico e na tabela anterior mostra que o valor máximo de dureza encontrada em C1 foi de 392 isso na Zona Fundida isso no eixo da vertical (Y), mas na seção horizontal (X) o valor é estável tanto na zona termicamente afetada quanto na zona fundida, isto se dá devido a posição de multipasse de soldagem. Destaca-se que não foi encontrada fase sigma no material isso mostra uma ótima soldagem a fase sigma eleva a soldagem a altos níveis de dureza entre 940 a 1000 HV.

Na amostra c2 com os seguintes parâmetros 1,58125 KJ/mm foram apresentadas a seguintes ordens de dureza:

Isso mostra que os corpos de prova C1 e C2 estão muito próximos no quesito microdureza no caso entre eles não há grande influência do aporte tanto na ZTA quanto na zona fundida, observe a dureza ao longo do corpo de prova através do gráfico, no eixo x e y conforme mencionado anteriormente. É observado que em todos os pontos os dois corpos de prova se equipararam ficando com uma média de dureza razoável não fugindo muito da dureza inicial do aço SAF 2205. Vale ressaltar que o maior índice de dureza do corpo de prova C2 foi de 396 HV, esse valor no caso na Zona Fundida, a média de dureza de C2 é de 361,27 HV.

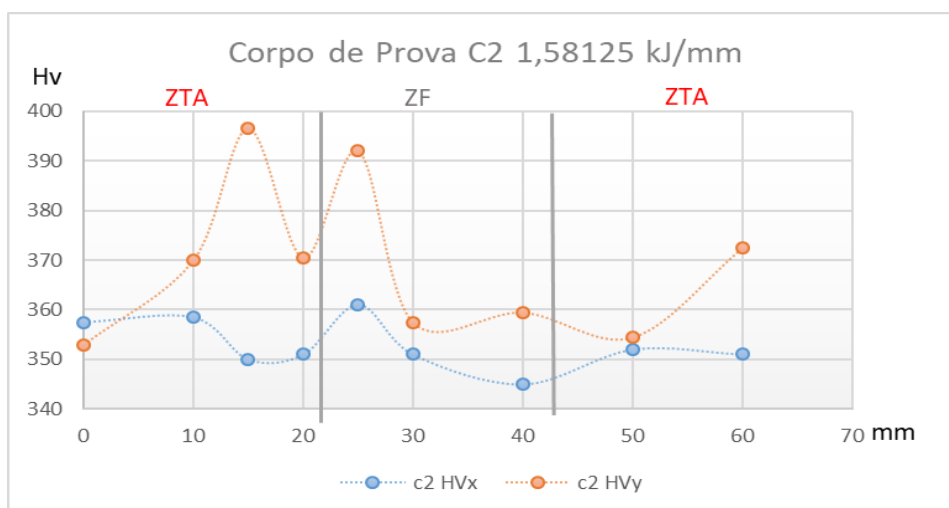


Figura 20- Perfil de Microdureza corpo de Prova C2 Fonte: Os Autores 2018

Conforme perfil mostrado também há poucas variações no nível de dureza do corpo de prova mais uma vez isso se dá devido ao aço SAF 2205 ser muito bem estabilizado em questão de fases, este aço é uma excelente escolha quando se é aplicado altas temperaturas como de uma soldagem por exemplo, devido a pouca mudança em suas propriedades.

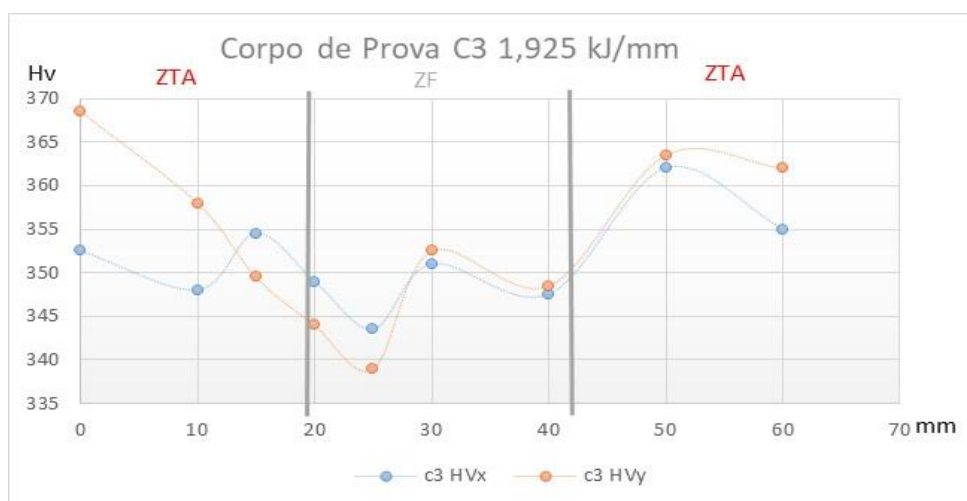


Figura 21 – Perfil de Microdureza C3 Fonte: Os Autores 2018

C3 também demonstrou o mesmo comportamento de C1 e C2 isso demonstra que a dureza do material se manteve independente do aporte térmico, também se observa que o fator fundamental para a escolha do aporte térmico ideal foram as análises de micrografia. O corpo de Prova C3 teve uma média de 352,69 HV ao longo da seção. O pico de dureza é de 370 HV na Zona Fundida.

6- CONCLUSÃO

Com todos os estudos realizados, nota-se muitas são as influências que os parâmetros de soldagem causam em uma junção no aço duplex, no caso do trabalho apresentado a microdureza nos corpos de provas analisados foram de pequena variação, ficando em média com resultados muito próximos, e por sinal, dentro de um padrão aceitável de variação. Um importante item para a escolha da energia de soldagem ideal, foi a micrografia, onde através das impressões micrográficas há certas variações no comportamento de soldagem. De acordo com as análises o aporte térmico ideal varia de acordo com a aplicação de soldagem, mas no geral e de acordo com a EPS utilizada, variando a intensidade de corrente, quanto maior o aporte térmico, maior é a mudança tanto na ZTA quanto na zona fundida, isto é, no caso de maiores energias de soldagem há um desbalanceamento de ferrita e austenita tendendo a aparecer diferentes tipos de austenita na soldagem, no caso austenita secundária. É bom frisar que nenhum aporte térmico apresentado gerou aparição de fases intermetálicas, ou seja, fases prejudiciais a resistência do aço SAF 2205.

No presente trabalho o aporte térmico ideal para uma boa soldagem apresenta um valor de 1,2 kJ/mm, isso mostrado através de cálculos e ensaios. Sendo que:

Dos objetivos mostrados foram analisados:

- Verificação do efeito na microestrutura da junta soldada, através do ensaio de micrografia. Conforme mencionado o aporte térmico analisado que menos alterou a microestrutura do aço SAF 2205 foi de 1,2 kJ/mm.
- Determinar o perfil de dureza ao longo da seção soldada, através do ensaio de microdureza Vickers. A dureza não influenciou drasticamente, se manteve em todos os níveis aceitáveis preservando a natureza primária do metal.

Sendo assim como sugestão para trabalhos futuros:

- Troca de método de soldagem como, Eletrodo Revestido, MIG, a fim de verificar qual método de Soldagem é mais apropriado para a escolha da energia ideal, verificando a microestrutura comparando micrografias com as desta pesquisa.
- Aplicar Metodologia deste trabalho em outros tipos de aços Duplex, como UNS S32404, UNS S311260, UNS 532760, para verificar se a Energia de soldagem ideal para manter as propriedades são a mesma deste trabalho, e aplicando a

mesma energia de soldagem em outros aços duplex ou superduplex a fim de verificar se irá ter morfologias prejudiciais a soldagem como fases intermetálicas indesejadas.

- Fazer análise dos corpos de provas em barras por meio de ensaio de tração, para verificar se o alongamento e o limite de escoamento do aço serão mantidos, testando também sua resistência mecânica.

7- REFERÊNCIAS

FEDELE, R.; BRANDI, S.D.; LEBRÃO S.G. **Soldagem Multipasse do Aço Inoxidável Duplex UNS S31803 Por Eletrodo Revestido**. Artigo publicado na Revista Soldagem & Inspeção – Ano 6. Nº 1 – Belo Horizonte 1999.

FONSECA, C.S. et al. **“Influência do aporte térmico sobre a morfologia da austenita e na quantidade das fases em chapas soldadas de aço inoxidável duplex SAF2205”**, ISSN 1517-7076 artigo 11694, pp. 227-234, 2016.

GNANASUNDARAM, B.R., NATARAJAN, M. **“Influences of the heat input on a 2205 duplex stainless steel weld”**, *Materials and Technology*, v.48, n.5, pp. 761–763, 2014.

MAEHARA, Y. OHMORI, Y. MURAYAMA, J. FUJINO, N. KUNITAKE, T. **Effects of alloying elements on phase precipitation in d-g duplex phase stainless steels**. Metal science v. 17 nov. 1983 p. 541-7.

MAGNABOSCO, R. **“Influência da microestrutura no comportamento eletroquímico do aço inoxidável UNS S31803 (SAF 2205)”** Tese de Doutorado. USP- São Paulo. 2001

MARQUES, P.V. MODENESI, P.J.; SANTOS, D.B. **Introdução à metalurgia da soldagem**. UFMG, Belo Horizonte, MG, 2012.

MARQUES, P.V. MODENESI, P.J.; SANTOS, D.B. **Introdução à metalurgia da soldagem**. UFMG, Belo Horizonte, MG, 2004.

MODENESI, P.J.; MARQUES, P.V.; BRACARENCE, A.Q. **Soldagem Fundamentos e Tecnologia**. 3. ed. Belo Horizonte, MG: Editora UFMG, 2005. 363 p.

MUTHUPANDI, V., BALA SNIRIVASAN, P., SESHADRI, S.K., SUNDARESAN, S., 2003, **“Effect of metal chemistry and heat input on the structure and properties of duplex stainless steel welds”**, Material Science and Engineering, Elsevier Science.

NUNES, E. B. **Propriedades Mecânicas e caracterização microestrutural na soldagem do aço inoxidável duplex UNS 31803 (SAF 2205)**. Tese de Mestrado Universidade Federal Ceará. **Fortaleza** 2009

NUNES, E.B. **“Propriedades mecânicas e caracterização microestrutural na soldagem do aço inoxidável duplex UNS S31803 (SAF 2205)”** Tese de Mestrado. Universidade federal do Ceará. Fortaleza, 2009

NUNES, E.B.; ALVES, F.N; MIRANDA H. C. et al. **“Efeito da Energia de Soldagem Sobre a Microestrutura e Propriedades Mecânicas da Zona Afetada Pelo Calor de Juntas de Aço Inoxidável Duplex”** Universidade Federal do Ceará – Fortaleza 2011

PADILHA, A.F., GUEDES, L.C. (1994) **Aços Inoxidáveis Austeníticos Microestrutura e Propriedades**. Hemus Ed. Ltda. 63-75.

PETROBRAS, N-133, “Soldagem”, Rev. H, 2010.

WAINER, E.; BRANDI, S.D.; MELLO, F.D.H. **Soldagem Processos e Metalurgia**. São Paulo, SP: Editora Edgard Blucher Ltda, 1992. 494 p.

ZAMPROGNO, E.B., et al. **“Influência da variação da energia de soldagem na formação da microestrutur-a do aço UNS S32304”**, In:VI Congresso Nacional de Engenharia Mecânica,10-1289, Campina Grande, Paraíba, Brasil, 18-21 agosto 2010

ANEXO A

Especificação de Procedimento de Soldagem (EPS)				WPS N°	
Welding Procedure Specification (WPS)				Sheet N°	
Norma de referência: ASME IX - ed. 2004	RQPS N°: R099	Revisão: 0	Date: 26/02/2005		
Code	PQS N°:	Review	Date:		
Processo de Soldagem: TIG (GTAW)	Tipo: MANUAL				
Welding Process	Type:				
Juntas (Joints) - QW 402					
Tipo de Chanfro: TOPO	Detalhes (Details)				
Joint Type					
Cobre-junta: Sim ☒ Não ☒					
Backing					
Material do mata junta: Metal de solda, metal de base, cerâmica, etc...					
Backing Type					
Observações: Detalhe das juntas conforme desenho de fabricação					
Remarks: Inserto consumível não-aplicável					
Metais de Base (Base Metals) - QW 403					
P N°: 10H	Grupo N°: 1	com P N°: 10H	Grupo N°: 1		
P Nr.	Group Nr.	to P Nr.	Group Nr.		
Especificação-Tipo e Grau: S31603 / S32205 (SAF 2205)					
Specification-Type and Grade					
com Especificação-Tipo e Grau: S31603 / S32205 (SAF 2205)					
to Specification-Type and Grade					
ou Análise Química e Propriedades Mecânicas: N/A					
or Chemical Analysis and Mechanical Properties					
com Análise Química e Propriedades Mecânicas: N/A					
to Chemical Analysis and Mechanical Properties					
Faixa de Espessura (Thickness Range)					
Metal de Base:	Chanfro: 1,6 a 7,8 mm	Filete: TODAS			
Base Metal	Groove	Fillet			
Metal de Solda Depositado:	Chanfro: GTAW ≤ 7,8 mm	Filete: TODAS			
Deposited Weld Metal	Groove	Fillet			
Faixa de Diâmetro de Tubo:	Chanfro: TODAS	Filete: TODAS			
Pipe Range Diameter	Groove	Fillet			
Outros: N/A					
Others					
Metais de Adição (Filler Metals) - QW 404					
F N°: GTAW : 6	Outros: N/A				
F Nr.	Others				
A N°: GTAW : 8	Outros: N/A				
A Nr.	Others				
Especificação SFA N°: GTAW : 5.9	Classificação AWS: GTAW : ER 2209				
Specification SFA Nr.	Classification AWS Nr.				
Dimensões dos Metais de Adição: Eletrodo: N/A					
Size of Filler Metals	Electrode				
	Arame: GTAW : Ø 2,4 mm e 3,25 mm				
	Wire				
Classificação Arame-Fluxo: N/A	Marca Comercial do Fluxo: N/A				
Wire-Flux Classification	Flux Trade Name				
Mata Junta Consumível: N/A					
Consumable Insert					
Outros: GTAW : VARETA SÓLIDA					
Others					
Posições (Positions) - QW 405			Pré-Aquecimento (Preheat) - QW 406		
Posição do Chanfro: Todas	Temp. Pré-Aquecimento(mín.): ≥ 18°C				
Groove Positions	Preheat Temperature				
Progressão de Soldagem: Vertical Ascendente	Temper. Interpassos (máx.): ≤ 152°C				
Welding Progression	Interpass Temperature				
Posições do Filete: Todas	Outros: N/A				
Fillet Positions	Others				

ANEXO B

Especificação de Procedimento de Soldagem (EPS)						WPS N°	
Welding Procedure Specification (WPS)						Sheet N°	
Tratamento Térmico Pós Solda (Postweld Heat Treatment)- QW 407							
Faixa de Temperatura:		N/A		Tempo de Permanência:		N/A	
Temperature Range				Holding Time			
Gás (Gas)- QW 408							
Gás de Proteção:		GTAW - ARGÔNIO 99,95%					
Shielding Gas							
Composição de Mistura:		N/A					
Mixture Composition							
Vazão:		GTAW : TOCHA 12 l/min / PURGA 14 l/min					
Flow Rate							
Gás de Proteção (Raiz):		NITROGÊNIO					
Gas Backing							
Características Elétricas (Electrical Characteristics)- QW 409							
Tipo e Diâmetro do Eletrodo de Tungstênio:		Tungstênio 2% toriado AWS Ewth-2 D 2,4 / 3,25 e 4 (mm)					
Type and Size of Tungsten Electrode							
Modo de Transferência do Metal para GMAW:		N/A					
Mode of Transfer Metal for GMAW							
Faixa de Velocidade de Alimentação do Arame:		N/A					
Wire Feed Speed Range							
Camadas de Solda Welding Alloys Brasil	Processo Process	Metal de Adição Filler Metal		Corrente Current		Tensão Tension V	Velocidade Speed cm/minuto
		Classe AWS AWS Class	Diam. Dia.	Polaridade Polarity	Faixa(A) Range		
INICIAL	GTAW	ER 2209	2,4 mm	CC-	93 - 114	10 - 11,3	5,0 a 15,0 cm/min
E							
SUB- SEQUENTES							
N/A							
Outros: Others							
Técnica (Technique)- QW 410							
RETILÍNEO / OSCILANTE							
Cordão Filetado ou Oscilado:							
String or Weave Bead							
Diâmetro do Orifício ou Bocal de Alimentação de Gás:							
Orifice or Gas Cup Size							
Limpeza Inicial e Entrepasse:							
Initial and Interpass Cleaning							
Método de Golvagem:							
Method of Back Gouging							
Distância entre o Bico de Contato e a Peça:							
Stickout							
Passe Múltiplo ou Simples:		MÚLTIPLO		Oscilação:		MAX 12 mm	
Multiple or Simple Pass				Oscillation			
Eletrodo Simples ou Múltiplo:		SIMPLES					
Multiple or Simple Electrode							
Outros: Others							
Prepared/Prepared		data: 26/04/05		Verificado/Verified		data: 26/04/05	
Juliano Devens Vidal Engenheiro Mecânico CREA: ES - 016248/D							