

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
ENGENHARIA MECÂNICA

ELCIO FARIA PIMENTA FILHO

**INFLUÊNCIA DOS PARÂMETROS DE SOLDAGEM NA SOLDAGEM COM
ARAME TUBULAR 410NiMo**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CORNÉLIO PROCÓPIO
2018

ELCIO FARIA PIMENTA FILHO

**INFLUÊNCIA DOS PARÂMETROS DE SOLDAGEM NA SOLDAGEM COM
ARAME TUBULAR 410NiMo**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado ao curso de Engenharia Mecânica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel.

Orientador: Prof. Dr. Celso Alves Correa
Co-orientadora: Prof. Dr^a. Émillyn Ferreira Trevisani Olivio.

CORNÉLIO PROCÓPIO
2018



**Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Cornélio Procópio
Departamento Acadêmico de Mecânica
Curso de Engenharia Mecânica**



FOLHA DE APROVAÇÃO

Elcio Faria Pimenta Filho

**Influência dos parâmetros de soldagem na soldagem com arame tubular
410NiMo**

Trabalho de conclusão de curso apresentado às **19:30hs** do dia **06 de dezembro de 2018**, como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro Mecânico no programa de Graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. O candidato foi arguido pela Banca Avaliadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Avaliadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Dr. Celso Alves Correa (Orientador)

Prof. Dra. Émillyn Ferreira Trevisani Olivio (Coorientador)

Prof. Dra. Émillyn Ferreira Trevisani Olivio (Membro)

Prof. Genesio Lopes Silva (Membro)

“A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso”

Agradeço...

Primeiramente a Deus, por toda coragem e discernimento em todos os momentos. Também à Mãe Três Vezes Admirável de Schoenstatt que, como minha intercessora, deu-me abrigo e clareza perante os desafios encontrados.

Aos professores da Universidade Tecnológica Federal do Paraná que, de alguma forma, conseguiram transmitir não só conhecimento técnico, mas experiências de vida que contribuíram de forma direta para minha formação como pessoa e profissional.

Ao meu Orientador Prof. Dr. Celso Alves Correa, e a Coorientadora Prof. Dr.^a. Emillyn Ferreira Trevisani Olivio por todo conhecimento e paciência tornando esse trabalho possível.

Aos meus pais, minha irmã, meus primos, meus familiares e minha namorada, exemplos de pessoas que sempre me apoiaram, confortaram e ajudaram nos momentos de fraquezas e nas horas necessárias, como também compartilharam de momentos de felicidade durante minha trajetória acadêmica.

Aos meus companheiros de trabalho na SEMEQ, que forneceram tempo e conhecimento para me ajudar nos primeiros passos de vida profissional, tornando a experiência positiva e proveitosa.

Aos amigos que participaram e contribuíram nessa jornada intensa e desafiadora, compartilhando momentos importantes e marcantes.

Aos membros da banca: João Roberto Sartori Moreno e Paulo César Moselli, pela paciência e orientação do projeto.

FARIA PIMENTA FILHO, Elcio. **Influência dos parâmetros na soldagem com arame tubular.** 2018. 30 f. Trabalho de Conclusão de Curso 2 – Engenharia Mecânica. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Cornélio Procópio, 2018.

RESUMO

Este trabalho tem por objetivo estudar a morfologia do cordão de solda variando-se a velocidade de soldagem e o ângulo de ataque da tocha de soldagem. O intuito na soldagem de revestimento é determinar a maior largura e reforço para a diminuição da quantidade de passes utilizadas. Para realização do experimento foram utilizados corpos de prova: ABNT 1020 de dimensões 40X6,35X210mm, metal de adição o arame tubular 410NiMo com 1,2mm de diâmetro. Os parâmetros mantidos constantes durante a soldagem foram, a corrente convencional 200A - CCEP, o gás utilizado foi argônio e 2% de oxigênio, a vazão de 12l/min, velocidade de alimentação do arame 8,0m/min, distância do bico de contato peça 35mm. Para obter os resultados foi feita a macrografia do cordão da solda, utilizando um microscópio Dino Lite, com ampliação de 50x. O melhor resultado de largura foi obtido na velocidade de soldagem 300 mm/min e ângulo de tocha em -10 graus, apresentando valor de 8,434 mm de largura. O melhor resultado de reforço foi obtido na velocidade de soldagem 300 mm/min e ângulo de tocha em +10 graus, apresentando o valor de 4,293 mm de reforço. O melhor resultado de penetração foi obtido na velocidade de soldagem 400 mm/min e ângulo de tocha em +10 graus, apresentando valor de 2,033 mm de penetração.

Palavras-chave: Arame tubular. Soldagem. Parâmetros de soldagem.

FARIA PIMENTA FILHO, Elcio. **Influence of welding's parameters in Flux-Cored Arc Welding**. 2018. 30 f. Undergraduate thesis – Mechanical Engineer. Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Cornélio Procópio, 2018.

ABSTRACT

The present work seeks a major understanding of weld's morphology varying welding speed and torch angle. With the goal of determining the higher width, higher reinforcement and lower penetration. For this experiment, it has been used specimen ABNT 1020 with dimensions of 40x6.35x210mm, which will be the objects of study. As addition metal, due to the specimen material, is 410NiMo 1,2mm diameter. Others conditions imposed consists in, standard current 200A – DCEP (direct current electrode positive), as gas is argon + 2% oxygen, flow of 12l/min, wire's source speed is 8.0 m/min, distance of contact is 35mm. It was used a Dino Lite microscope to obtain results, with 50x range. There are graphics and tables to help a better understating and interpretation of the results. The best width specimen was with 300 mm/min of welding speed and torch angle of -10 degrees, with values of 8,434 mm of width. The best reinforcement specimen was with 300 mm/min of welding speed and torch angle of +10 degrees, with value of 4,293 mm of reinforcement. The best penetration specimen was with 400 mm/min of welding speed and torch angle of +10 degrees, with value of 2,033 mm of penetration.

Keywords: FCAW. Welding. Welding parameters.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Evolução simplificada dos processos de soldagem.	11
Figura 2: Exemplificação da terminologia de processos de soldagem	12
Figura 3: Classificação simplificada dos processos de soldagem por fusão	13
Figura 4: Equipamentos utilizados na soldagem com arames tubulares.....	14
Figura 5: Exemplificação de soldagem com arame tubular	14
Figura 6: Parâmetros geométricos da solda.....	17

LISTAS DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Valores da média aritmética da largura das amostras	20
Gráfico 2: Valores da média aritmética de reforço das amostras	20
Gráfico 3: Valores da média aritmética da penetração das amostras	21

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Classificação da variação de parâmetros de soldagem	16
Tabela 2: Dados obtidos da largura da solda para cada corpo de prova.	18
Tabela 3: Dados obtidos da reforço da solda para cada corpo de prova.	18
Tabela 4: Dados obtidos da penetração da solda para cada corpo de prova.	19
Tabela 5: Valores de desvio padrão de cada condição do experimento	19

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	9
2 OBJETIVOS	10
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	11
3.1 Soldagem.....	11
3.2 Soldagem com Arame Tubular	13
3.3 Soldagem com eletrodo revestido.....	15
4 METODOLOGIA.....	16
5 RESULTADOS	18
6 CONCLUSÃO.....	22
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	23

1 INTRODUÇÃO

Entre engenharia e avanços tecnológicos há uma linha tênue que mostra uma progressão mútua. A fomentação da engenharia vem da necessidade da sociedade em alcançar melhores padrões de vida, como conforto, segurança e modernização. Esse fato se evidencia nas constantes tentativas de melhoria e aperfeiçoamento em todas as áreas da engenharia: desde técnicas antigas e consolidadas, até máquinas e dispositivos que seguem um padrão de desenvolvimento inimaginável.

Uma dentre as diversas áreas de desenvolvimento da engenharia é a soldagem, que se faz presente em muitos equipamentos e processos. Esta teve origem nos primórdios da civilização, sendo representada pela tentativa de junção de metais brutos, tais como o ouro, ou pela produção de armas, como espadas. Já a soldagem moderna teve sua criação e desenvolvimento acelerado no século XIX – durante a revolução indústria – devido às necessidades da época, se aperfeiçoando nas técnicas e conhecimentos que possuímos nos dias de hoje (Machado, 1996).

O estudo e a otimização dos processos de soldagem estão crescendo gradativamente, resultando em técnicas específicas e mais precisas. Essa ideia de desenvolvimento e pesquisa da soldagem embasou o projeto do presente estudo acadêmico, estruturando-se na tentativa de aperfeiçoamentos em técnicas já utilizadas e consolidadas no processo de Soldagem de Arame Tubular, ou Eletrodo Tubular.

A proposta desse estudo consiste no acompanhamento dos parâmetros de soldagem, variando os ângulos de ataque da tocha e a velocidade de soldagem. Tem como objetivo quantificar e comparar os dados obtidos, assim analisando e apontando as alterações e parâmetros mais vantajosos para a soldagem de Arame Tubular.

2 OBJETIVOS

Em toda tentativa de alteração em processos é comum encontrar dificuldades, na soldagem em especial, perda de qualidade da solda, contaminação da poça de soldagem, falta de experiência de operação devido ao processo novo, composição do material.

O estudo propõe a comparação dos parâmetros de soldagem através da variação de dois parâmetros: ângulo de ataque da tocha e velocidade de soldagem, procurando quantificar e obter dados para assegurar parâmetros melhores. Assim esperando uma garantir uma maior assertividade do processo proposto e atender as necessidades do processo de soldagem de arame tubular, os objetivos específicos são:

- a maior largura;
- o maior reforço;
- a menor penetração.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Soldagem

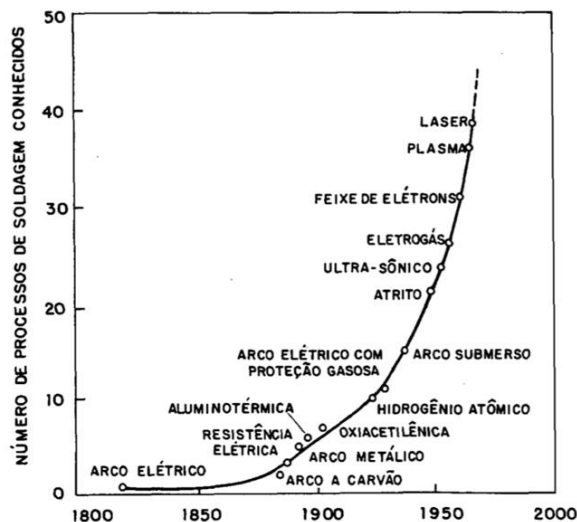
A soldagem como é conhecida hoje, consiste em um processo recente, com cerca de 100 anos, mas em contraposto os processos primitivos da soldagem se mostram presentes desde os primórdios de civilizações, quando homens e mulheres fabricavam ferramentas ou armas através da junção de materiais ou mesmo por forjamento.

Ao decorrer do desenvolvimento e da evolução da humanidade, a soldagem foi perdendo espaço devido a tecnologia desenvolvida para obtenção de ferro em forma líquida. Assim, com a possibilidade de fabricação por fundição, a soldagem por forjamento foi perdendo relevância e sendo substituída por outros processos de união, como rebites e parafusos.

Esse papel secundário que a soldagem carregou por muito tempo, começou a mudar por volta de 1800, de acordo com BRANDI (2008), quando começou a se desenvolver experiências com arco elétrico, acetileno e fonte de energias viáveis para a soldagem por fusão. Nos anos decorrentes, que nos remete até nos dias de hoje, o processo de soldagem se desenvolveu de maneira rápida e abrangente, apresentando inúmeros processos e sendo considerado o mais importante processo de união permanente de metais nas indústrias.

A seguir na Figura 1, uma representação simplificada da evolução dos processos de soldagem apresentada por BRANDI, Sérgio.

Figura 1: Evolução simplificada dos processos de soldagem.

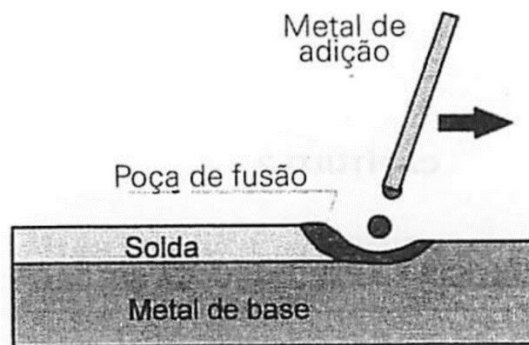


Fonte: BRANDI, Sérgio (2008, p. 1)

A soldagem, por definição, “[...] é processo de união entre duas partes metálicas, usando uma fonte de calor, com ou sem aplicação de pressão” (BRANDI, 2008, p.1). Pode ser classificada com dois tipos de abordagens: (1) de acordo com a fonte de alimentação de energia, ou (2) pelas características da união da solda.

Algumas terminologias são recorrentes quando se trata de soldagem. Com a união dos dois materiais, o resultado obtido é a **solda**. O metal desejado a ser aplicado na soldagem é o **metal base**. É comum em vários processos de soldagem, a deposição de material adicional para realizar o processo, este é chamado de **metal de adição**. Por fim a região onde ocorre a fusão entre o metal de adição e o metal base, é denominada de **poça de fusão**, conforme a Figura 2.

Figura 2: Exemplificação da terminologia de processos de soldagem

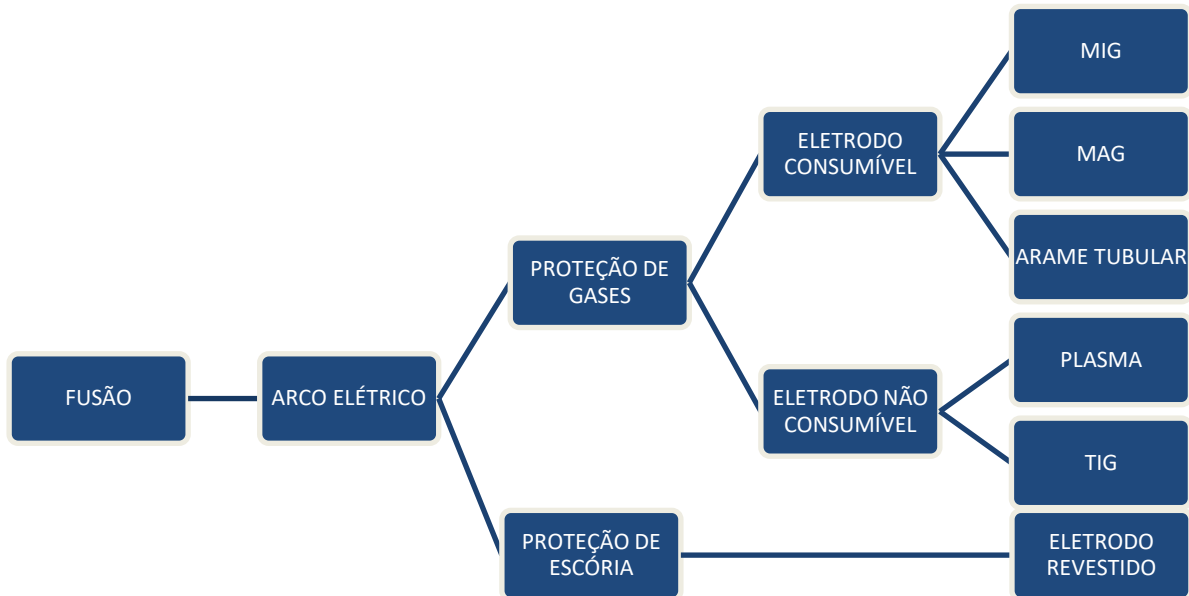


Fonte: Villani, Modenese e Bracarense (2011, p. 30).

Na área de soldagem, há uma grande variedade de processos, sendo utilizados de acordo com as especificações e necessidades do projeto proposto, considerando diversos fatores, como características do material, condições de trabalho da peça, aspectos desejados para a solda e principalmente o custo/benefício. Baseando-se em MODENESE (2011), alguns exemplos dos processos citados são: (a) soldagem por eletrodo revestido, (b) plasma e (c) MIG-MAG, (d) soldagem com arame tubular, (e) Tungsten Inert Gas (TIG), entre outros, (SENAI-SP, 1997).

Figura 3, apresenta uma classificação simplificada dos processos de soldagem e sua divisão.

Figura 3: Classificação simplificada dos processos de soldagem por fusão



Fonte: Autoria Própria.

3.2 Soldagem com Arame Tubular

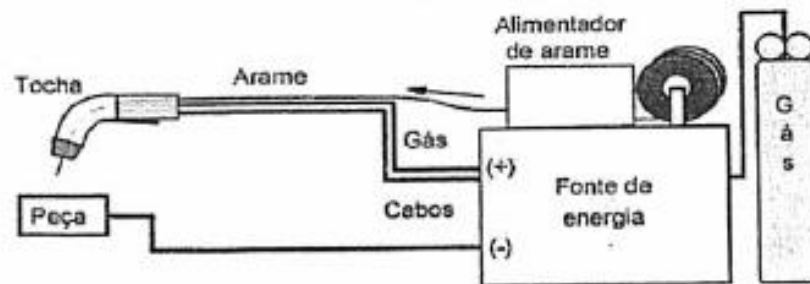
O aumento da demanda de produção agregado aos avanços e desenvolvimento das técnicas agiu de forma direta no desenvolvimento dos arames tubulares. Estes surgiram a partir desta necessidade de produtividade, viabilizando altas taxas de deposição de materiais aliados à baixo custo e alta eficiência.

A soldagem com arame tubular (FCAW – Flux-Cored Arc Welding) é um processo que consiste na deposição de metais através do aquecimento com um arco elétrico, entre um eletrodo tubular, com alimentação contínua, e a peça a ser soldada, de acordo com ESAB (2004). Na soldagem com arames tubular a proteção da solda é obtida através do fluxo interno do eletrodo ou através de um gás externo.

Este processo é comumente usado em aço carbono, aço inoxidáveis e de baixa liga, combinando as vantagens de processos de soldagem mais conhecidos como, MIG/MAG e eletrodo revestido.

Os equipamentos necessários para o processo de soldagem com arames tubulares consistem basicamente ao usado no processo MIG/MAG. Sendo eles, fonte de energia, alimentador de arame, uma tocha de soldagem e uma fonte de gás de proteção, apresentado na Figura 4.

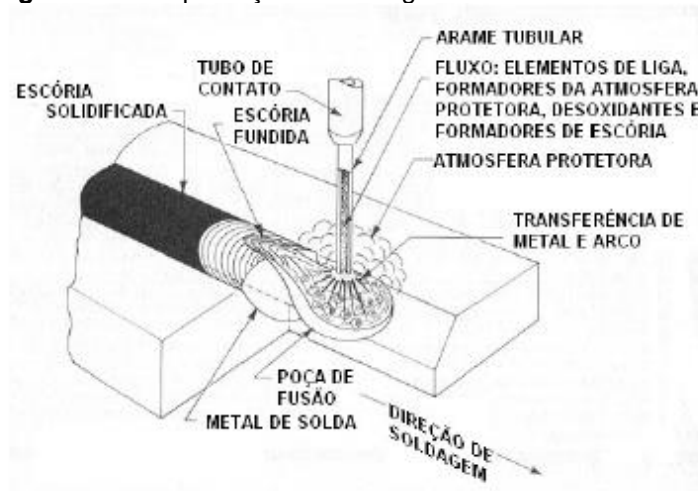
Figura 4: Equipamentos utilizados na soldagem com arames tubulares



Fonte: Villani, Modenese e Bracarense (2011, p. 244).

Este processo de soldagem apresenta características importantes para se levar em consideração no momento de escolha do processo adequado de soldagem. A economia do processo é notável, proporcionando um processo flexível e com custo baixo, apresentando um bom custo-benefício, segundo MODENESE (2011). Outro fator seria a taxa de deposição, diferente dos arames sólidos, nos arames tubulares a corrente elétrica é conduzida apenas pelo invólucro de metal, ocasionando o efeito Joule, garantindo maior taxa de deposição de material. A Figura 5, demonstra de forma simplificada o processo de soldagem com arame tubular e suas identificações.

Figura 5: Exemplificação de soldagem com arame tubular



Fonte: Apostila de arames tubulares, ESAB (p. 30)

No estudo em questão será utilizado o eletrodo tubular de aço inoxidável - 410NiMo, do tipo “flux-cored”, que apresenta um metal de solda com elevada qualidade, grande produtividade e elevada taxa de deposição.

3.3 Soldagem com eletrodo revestido

A soldagem com eletrodo revestido (SMAW) é um processo de soldagem que ocorre por arco elétrico, entre o eletrodo revestido e a metal base. O eletrodo revestido é uma vareta metálica que conduz a corrente elétrica e fornece o metal de adição à solda. Os gases e escória produzidos por esse eletrodo ainda assumem a função de proteção da solda.

A escolha do eletrodo revestido é de suma importância neste processo de soldagem. Os eletrodos devem cumprir alguns requisitos e ser consideradas algumas características tais como: metalúrgicas, controle do arco, operação, manipulação, fabricação, segundo (MACHADO, 1996).

Para cumprir tal características, os eletrodos são produzidos com distintos revestimentos sendo usados de acordo com a aplicação e necessidade do processo. Alguns exemplos de revestimento do eletrodo são: ácidos, básicos, celulósico, oxidante, rútilico,.

Como todos os outros processos de soldagens, a soldagem por eletrodo revestido apresenta algumas vantagens quando comparada com os demais, tais como, baixo investimento, não há necessidade de gás de proteção, flexibilidade de aplicação, grande variedade de consumíveis, equipamentos usados são comuns aos outros processos de soldagem. Por sua vez, a soldagem por eletrodo revestido apresenta algumas desvantagens: baixa produtividade, baixa taxa de deposição de material, volume de gases e fumos gerados no processo, cuidado especiais com os eletrodos.

4 METODOLOGIA

Para o experimento foram utilizados 4 corpos de provas, que foram submetidos à quatro variações de parâmetros de soldagem distintas. Os corpos de provas em questão, são de aço carbono - ABNT 1020 com dimensões de 45x6,35x210mm.

Com o intuito de viabilizar a quantificação e obtenção de dados para definir influência dos parâmetros de soldagens, alguns destes parâmetros foram definidos e permaneceram fixos em todas os quatro corpos de provas experimentais. Estes parâmetros são: o metal de adição, devido ao material utilizado como corpo de prova, foi usado o arame tubular 410NiMo de 1,2mm de diâmetro; corrente convencional de 200A – CCEP, o gás utilizado foi argônio e 2% de oxigênio, a vazão de 12l/min, a velocidade de alimentação do arame 8,0m/min e a distância entre o bico de contato e a peça de 35mm.

Os parâmetros analisados foram os seguintes: velocidade de soldagem e ângulo de ataque da tocha. Para tal, foram realizadas 4 combinações de valores diferentes, demonstrados na Tabela 1.

Tabela 1: Classificação da variação de parâmetros de soldagem

Identificação do ensaio	Ângulo de ataque da tocha	Velocidade de soldagem
C1	+10°	300 mm/min
C2	+10°	400 mm/min
C3	-10°	400 mm/min
C4	-10°	300 mm/min

Fonte: Autoria Própria.

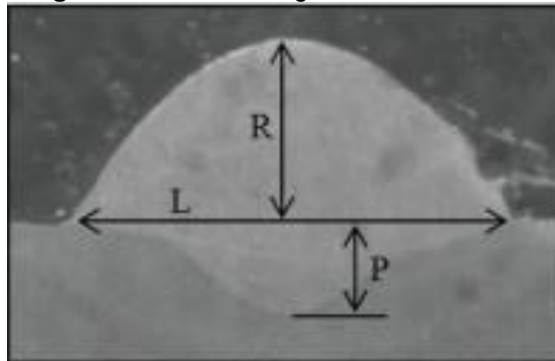
Com as condições citadas previamente, a soldagem de arame tubular foi realizada em 2 amostras diferentes para cada tipo de corpo de prova, sendo disposta da seguinte forma: C1A, C1B, C2A, C2B, C3A, C3B, C4A, C4B. Para melhor validação dos resultados, foi coletado três amostras para cada corpo de prova.

Os corpos de prova foram retirados da região central, sendo desconsideradas as regiões iniciais e finais da amostra. Os mesmos foram embutidos em baquelite para preparação metalográfica, e cada corpo de prova foi lixado numa politriz modelo DP-10 da PANAMBRA, sendo utilizada a técnica de lixamento manual com granulometria cada vez menor, mudando-se a direção em 90° no sentido horário em cada lixa subsequente até o desaparecimento dos riscos da lixa anterior. A sequência das lixas utilizadas no lixamento metalográfico foram 100, 200, 400, 600, 1200, 1500 e 2000 mesh. O polimento das amostras foi realizado numa politriz para polimento com solução de alumina. As soluções de alumina utilizadas foram pós, com granulometria de 1, 0,5 e 0,3 micron.

A macrografia do cordão de solda foi revelada com reagente Nital a 4% durante 01 minuto. Após o ataque as amostras foram lavadas em água corrente, limpas com acetona e secas utilizando ar quente, para revelar as regiões do cordão de solda.

Os dados que serão analisados são pertinentes a morfologia, sendo eles: P = penetração, L = largura e R = reforço, conforme Figura 6. Estes resultados foram obtidos através de um microscópio Dino Lite, com ampliação de 50x.

Figura 6: Parâmetros geométricos da solda



Fonte: Resende, André; Scotti, Américo (2015, p. 5)

5 RESULTADOS

Para melhor entendimento e comparação dos resultados, são apresentados gráficos e tabelas, evidenciando os dados decorrentes do experimento adotado.

Nas tabelas são apresentados os valores medidos para cada um dos três parâmetros da morfologia de análise de acordo com as variações dos parâmetros: largura (Tabela 2), reforço (Tabela 3) e penetração (Tabela 4). Foi calculado o desvio padrão dos parâmetros medidos para cada amostra diferente.

Tabela 2: Dados obtidos da largura da solda para cada corpo de prova.

Parâmetros de Soldagem			Resultados			
Amostras	Ângulo de Ataque da Tocha	Velocidad e de Soldagem (mm/min)	Largura 1 (mm)	Largura 2 (mm)	Largura 3 (mm)	Desvio Padrão
C1A	+10°	300	7,299	7,35	7,287	0,033
C1B	+10°	300	7,415	7,397	7,423	0,013
C2A	+10°	400	7,915	7,9	7,908	0,008
C2B	+10°	400	8,325	8,29	8,33	0,022
C3A	-10°	400	6,144	6,205	8,156	1,144
C3B	-10°	400	6,56	6,498	6,532	0,031
C4A	-10°	300	8,851	8,795	8,831	0,028
C4B	-10°	300	8,047	8,035	8,042	0,006

Fonte: Autoria própria.

Tabela 3: Dados obtidos da reforço da solda para cada corpo de prova.

Parâmetros de Soldagem			Resultados			
Amostras	Ângulo de Ataque da Tocha	Velocidad e de Soldagem (mm/min)	Reforço 1 (mm)	Reforço 2 (mm)	Reforço 3 (mm)	Desvio Padrão
C1A	+10°	300	4,297	4,286	4,305	0,010
C1B	+10°	300	4,279	4,301	4,289	0,011
C2A	+10°	400	4,065	4,078	4,12	0,029
C2B	+10°	400	3,79	3,69	3,756	0,051
C3A	-10°	400	3,731	3,756	3,706	0,025
C3B	-10°	400	3,922	3,98	3,895	0,043
C4A	-10°	300	4,462	4,39	4,435	0,036
C4B	-10°	300	4,024	4,029	4,036	0,006

Fonte: Autoria própria.

Tabela 4: Dados obtidos da penetração da solda para cada corpo de prova.

Parâmetros de Soldagem			Resultados			
Amostras	Ângulo de Ataque da Tocha	Velocidade de Soldagem (mm/min)	Penetração 1 (mm)	Penetração 2 (mm)	Penetração 3 (mm)	Desvio Padrão
C1A	+10°	300	4,297	4,286	4,305	0,010
C1B	+10°	300	4,279	4,301	4,289	0,011
C2A	+10°	400	4,065	4,078	4,12	0,029
C2B	+10°	400	3,79	3,69	3,756	0,051
C3A	-10°	400	3,731	3,756	3,706	0,025
C3B	-10°	400	3,922	3,98	3,895	0,043
C4A	-10°	300	4,462	4,39	4,435	0,036
C4B	-10°	300	4,024	4,029	4,036	0,006

Fonte: Autoria própria.

Já a Tabela 5, apresenta os resultados dos desvios padrões de todos os valores medidos dos parâmetros, para as quatro amostras. O cálculo do desvio padrão foi feita para checar a dispersão dos valores encontrados.

Tabela 5: Valores de desvio padrão de cada condição do experimento

	LARGURA	REFORÇO	PENETRAÇÃO
C1	0,059	0,010	0,128
C2	1,087	0,191	0,035
C3	0,743	0,115	0,044
C4	0,430	0,220	0,049

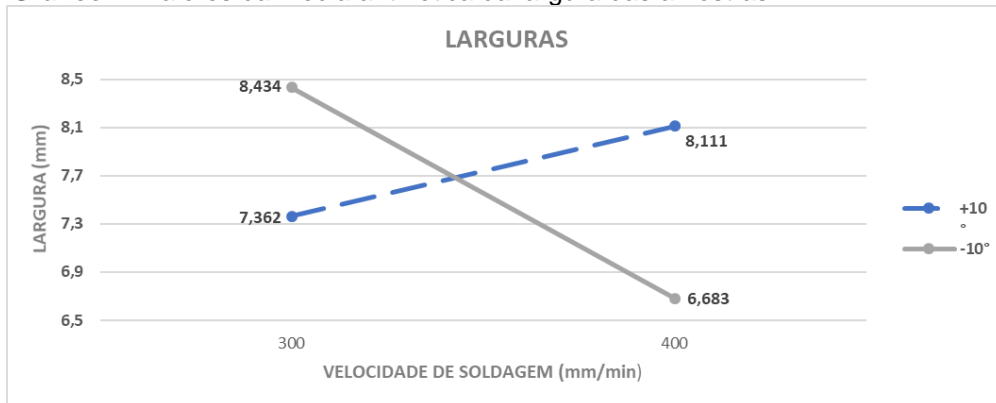
Fonte: Autoria própria.

A partir dos dados obtidos e apresentados, foram elaborados gráficos para visualização dos resultados. Na sequência, para comparação final dos dados, é apresentado um gráfico para cada um dos três parâmetros abrangendo todas as médias de valores para cada amostra, assim propiciando meios claros para a análise.

No Gráfico 1 podemos observar que os maiores e melhores valores encontrados para a largura da solda são as amostras C4, apresentando largura de 8,434 mm, para os parâmetros de velocidade de 300 mm/min e ângulo de ataque da tocha de -10°, e também C2, apresentando largura de 8,111 mm, para os parâmetros de velocidade de 400 mm/min e ângulo de ataque da tocha +10°. Considerando a variação do menor valor médio (C3 = 6,683mm) com o maior valor médio (C4 =

8,434mm), a largura teve uma diferença de 26,2% no seu valor. RODRIGUES (2009) encontrou valores de variação de largura de 23,49% utilizando o processo de soldagem de arame tubular, variando a tensão do arco de 26V para 34V.

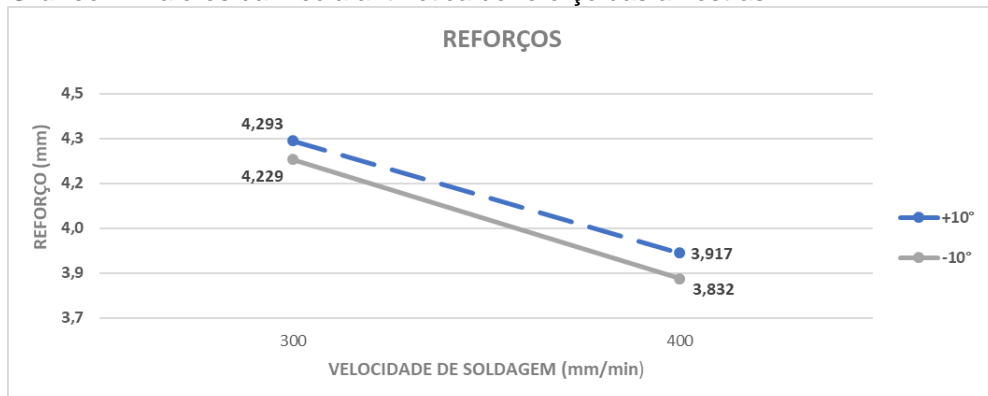
Gráfico 1: Valores da média aritmética da largura das amostras



Fonte: Autoria própria.

No Gráfico 2 podemos observar que os maiores e melhores valores encontrados para o reforço da solda são as amostras C1, apresentando reforço de 4,293 mm, para os parâmetros de velocidade de 300 mm/min e ângulo de ataque da tocha de +10°, e C4, apresentando um reforço de 4,229 mm, para os parâmetros de velocidade de 300 mm/min e ângulo de ataque da tocha de -10°. Considerando a variação do menor valor médio (C3 = 3,832 mm) com o maior valor médio (C1 = 4,293 mm), o reforço teve uma diferença de 12,03% no seu valor. RODRIGUES (2009) encontrou valores de variação do reforço de 8,01% utilizando o processo de soldagem de arame tubular, variando a tensão do arco de 26V para 34V.

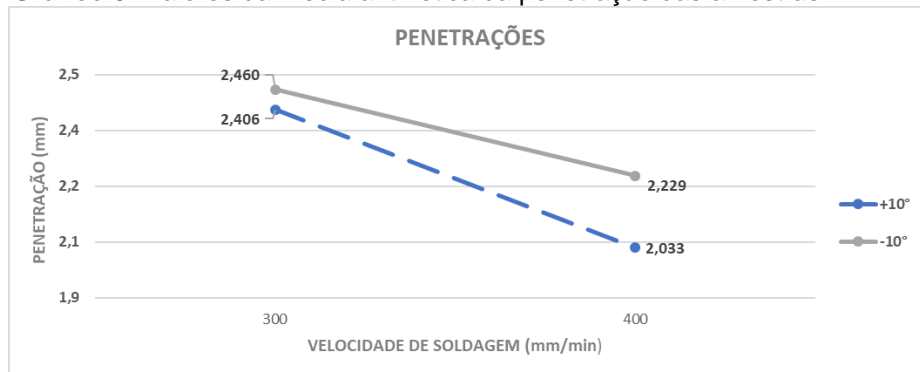
Gráfico 2: Valores da média aritmética de reforço das amostras



Fonte: Autoria própria.

No Gráfico 3 podemos observar que os maiores e melhores valores encontrados para a penetração da solda são as amostras C2, apresentando penetração de 2,033 mm, para os parâmetros de velocidade de 400 mm/min e ângulo +10°, e C3, apresentando valor de penetração de 2,229 mm, para os parâmetros de velocidade de 400 mm/min e ângulo -10°. Considerando a variação do menor valor médio (C2 = 2,033 mm) com o maior valor médio (C4 = 2,460 mm), a penetração teve uma diferença de 21% no seu valor. RODRIGUES (2009) encontrou valores de variação de largura de 8,54% utilizando o processo de soldagem de arame tubular, variando a tensão do arco de 26V para 34V.

Gráfico 3: Valores da média aritmética da penetração das amostras



Fonte: Autoria própria.

6 CONCLUSÃO

Com os gráficos e resultados obtidos anteriormente, a análise primária consiste na identificação das amostras que apresentaram resultados superiores, sendo elas distintas para cada parâmetro. Com a combinação das variáveis adotadas, velocidade de soldagem e ângulo de ataque da tocha podemos concluir que para estes ensaios que:

A melhor largura foi de 8,434 mm, para os parâmetros de velocidade de 300mm/min e ângulo de ataque da tocha de -10° .

O melhor reforço foi de 4,293 mm, para os parâmetros de velocidade de 300mm/min e ângulo de ataque da tocha de $+10^{\circ}$.

A melhor penetração foi de 2,033 mm, para os parâmetros de velocidade de 400 mm/min e ângulo $+10^{\circ}$.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando o desenvolvimento do estudo, é notável o enfrentamento com algumas dificuldades, tais como: (a) a qualidade de materiais, (b) o processo de soldagem, (c) o erro humano, (d) as condições do ambiente, entre outros aspectos que impactam diretamente o processo.

Todavia, apesar destes empecilhos e, pelos procedimentos adotados, é possível uma comparação primária assertiva da influência dos parâmetros e condições na soldagem de arame tubular definidos previamente.

Na sociedade e, ao que toca a engenharia, os avanços e melhorias se fazem presentes por meio de pequenos experimentos e tentativas de adequações de técnicas. Assim, o estudo proposto atingiu seu resultado, já que a busca pela melhoria foi alcançada, fomentando e viabilizando novos estudos e sugestões sobre os parâmetros de soldagem mais aprofundados e específicos.

É ainda de extrema importância pontuar que a influência destes dois parâmetros e as conclusões tiradas neste estudo, são baseadas diretamente no escopo e execução das condições propostas. A análise foi feita embasada nesta afirmação, e assim não podemos alongar ou generalizar estes resultados para outras condições de soldagem. Com isso, se mostra necessário um estudo contínuo e completo de todos os parâmetros de soldagem, contribuindo para o desenvolvimento das técnicas atuais de soldagem.

REFERÊNCIAS

ESAB. **Apostila de Arames Tubulares**. Elaborado, traduzido (parte) e adaptado por Cleber Fortes – Engenheiro Metalúrgico, M.Sc. Assistência Técnica Consumíveis – ESAB BR Revisado por Welerson Araújo – Engenheiro Metalurgista, MSc. Desenvolvimento e pesquisa – ESAB BR Última revisão em 7 de maio de 2004. Disponível em: http://www.esab.com.br/br/pt/education/apostilas/upload/1901098rev1_apostilaaramestubulares_ok.pdf. Acesso em: 04 set. 2018.

GARCIA, Amauri; SPIM, Jaime Alvares; SANTOS, Carlos Alexandre dos. **Ensaaios dos materiais**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora, 2000.

LIMA, Enis Gonçalves *et al.* **Estudo da influência dos parâmetros de soldagem do processo eletrodo tubular na dureza da Zta de um aço CrMo**. Unileste, 2004. Disponível em: https://www.unileste.edu.br/revistaonline/volumes/02/downloads/artigo_11.pdf. Acesso em: 10 out. 2018.

MACHADO, Ivan Guerra. **Soldagem & técnicas conexas: processos**. Porto alegre, 1996.

MARQUES, Paulo Villani; MODENESI, Paulo José; BRACARENSE, Alexandre Queiroz. **Soldagem: Fundamentos e Tecnologia**. 3. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2011.

MJV SOLDAS. Arame Tubular Inox AWS E 410NiMoT1. Disponível em: <http://www.mjvsoldas.com.br/produto/mjv-arametubularinoxaws-e-410nimot1>. Acesso em: 02 nov. 2018.

RESENDE, André Alves de; SCOTTI, Américo. Influência dos Níveis das Correntes, Ângulo de Inclinação da Tocha e Distância entre a Tocha e a Peça sobre a Geometria do Cordão de Solda Usando “Plasma-MIG” com Arcos Concêntricos. **Soldagem & Inspeção**. 2015;20(4):501-514. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/si/v20n4/0104-9224-si-20-4-501.pdf> . Acesso em: 19 nov. 2018.

RODRIGUES, Emanuel Rezende, **Influência de parâmetros do processo FCAW-G nas características da solda do Aço ASTM A-36**, 2009, Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica e de Materiais, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 96p.

SENAI-SP. **Soldagem**. Selma Ziedas e Ivanisa Tatini (org). São Paulo, 1997.

WAINER, Emílio; BRANDI, Sérgio; MELLO; Fábio Décourt Homem de.
Soldagem: Processos e metalurgia. 6. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2008.