



Paulo Roberto da Silva Viana

**PROPOSTA DE QUALIFICAÇÃO DE SOLDAGEM EM UMA
EMPRESA DE PEQUENO PORTE DO SETOR METAL
MECÂNICO**

Horizontina

2013

Paulo Roberto da Silva Viana

**PROPOSTA DE QUALIFICAÇÃO DE SOLDAGEM EM UMA
EMPRESA DE PEQUENO PORTE DO SETOR METAL MECÂNICO**

Trabalho Final de Curso apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção, pelo Curso de Engenharia de Produção da Faculdade Horizontina.

ORIENTADOR: Vilmar Bueno Silva, Mestre.

Horizontina

2013

**FAHOR - FACULDADE HORIZONTALINA
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a monografia:

**“Proposta de qualificação de soldagem em uma empresa de pequeno porte do
setor metal mecânico”**

Elaborada por:

Paulo Roberto da Silva Viana

como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em
Engenharia de Produção

**Aprovado em: 02/12/2013
Pela Comissão Examinadora**

**Mestre. Vilmar Bueno Silva
Presidente da Comissão Examinadora - Orientador**

**Especialista. Valmir Vilson Beck
FAHOR – Faculdade Horizontina**

**Engenheiro. Sandro Lazzaretti
FAHOR – Faculdade Horizontina**

**Horizontina
2013**

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho aos meus pais Valdir e Inocência de Lurdes, ao meu irmão Getúlio e em especial a minha namorada Diana que estiveram sempre presentes me apoiando e incentivando para mais essa conquista.

AGRADECIMENTO

Aos professores da FAHOR por compartilhar suas experiências e ensinamentos ao longo desse curso.

A todos os colegas da FAHOR pela amizade e experiências compartilhadas durante essa caminhada.

Em especial ao meu orientador Vilmar Bueno Silva, pela dedicação e incentivo durante as aulas e principalmente durante o desenvolvimento desse trabalho.

Aos colaboradores da Metalúrgica Viana que disponibilizaram seu tempo e dedicação de uma forma ou outra para contribuir com esse trabalho.

Aos meus amigos e familiares que sempre estiveram presentes nessa caminhada.

E em especial a minha namorada que sempre me incentivou e me apoiou nas horas difíceis ao longo dessa caminhada.

“Nenhum trabalho de qualidade pode ser feito sem concentração e auto-sacrifício, esforço e dúvida”.

Max Beerbohm

RESUMO

A busca por mercado e processos cada vez mais qualificados torna as empresas bastante competitivas, dessa forma esse trabalho apresenta os requisitos para a especificação de processo de solda (EPS) em uma empresa de pequeno porte (EPP) no ramo metal mecânica de Horizontina - RS, de maneira a controlar e proporcionar maior conhecimento e garantia de qualidade em seus processos e produtos desenvolvidos pela empresa. Esse trabalho tem por objetivo principal o desenvolvimento das EPS na empresa, buscando auxiliar a empresa em ganhos de qualidade e de produtividade. Por apresentar uma estrutura de pesquisa-ação, esse estudo proporcionou ao pesquisador a interação total do trabalho e o seu desenvolvimento com colaboradores da empresa e outros envolvidos. Após realizar a pesquisa na literatura pertinente, houve a abordagem na empresa e conseqüentemente avaliaram-se as falhas e as perdas que a empresa apresentava, após confeccionou-se corpos de prova em laboratório sendo possível constatar e comprovar os parâmetros adequados para cada conjunto de material. O conjunto de material utilizado foi similar ao que a empresa utiliza em seu processo fabril de maneira a proporcionar os cenários e as dificuldades encontradas no chão de fábrica. Esse estudo proporcionou e desenvolveu as EPS da empresa e as mesmas serviram para garantir a padronização dos processos para todos os colaboradores, ganhos na qualidade e produtividade, aumento na carteira de pedidos.

Palavras-chave: Especificação do Processo de Soldagem. Soldagem. Empresa de pequeno porte.

ABSTRACT

The search market and increasingly skilled processes makes companies very competitive, thus this paper presents the requirements for the specification of welding (EPS) process in a small business (EPP) in the metalworking branch Horizontina - RS, in order to control and provide greater knowledge and quality assurance processes and products developed by the company. This work has as main goal the development of EPS in company seeking help the company gains in quality and productivity. By presenting a framework of action research, this study provided the researcher with the full interaction of work and its development with company employees and other stakeholders. After conducting research in the literature, there was the approach the company and consequently evaluated if the failures and losses that the company had, after it was made in the laboratory specimens was possible to confirm and prove the appropriate parameters for each set of material. The set of material used was similar to what the company uses in its manufacturing process so as to provide scenarios and difficulties encountered on the factory floor. This study provided and developed the company's EPS and the same served to ensure standardization of procedures for all employees, gains in quality and productivity, increase in backlog.

Keywords: Specification of Welding Process. Welding. Small business.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Processo de soldagem com eletrodo revestido.....	16
Figura 2: Processo de soldagem TIG	17
Figura 3: Soldagem MIG/MAG	18
Figura 4: Esquematização da transferência de metais	20
Figura 5: Localização dos elementos da simbologia de soldagem.....	22
Figura 6: Tipos básicos de solda e seus símbolos	23
Figura 7: Variações de soldas em chanfro e seus símbolos	23
Figura 8: Tipos de juntas	24
Figura 9: Exemplo de soldagem de filetes e seus símbolos.....	25
Figura 10: Tipos de juntas utilizadas	26
Figura 11: Distância entre bico de contato e a peça	28
Figura 12: Amostras de material antes do teste	35
Figura 13: Fluxo de produção da METALURGICA VIANA	38
Figura 14: Trinca de Solda.....	40
Figura 15: Corpo de Prova.....	45
Figura 16: Aparelho utilizado nos testes	46
Figura 17: Amostras de corpo de prova em solda ângulo	47
Figura 18: Amostra de corpo de prova em solda topo.....	47
Figura 19: Amostra de corpo de prova.....	48

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Normas regulamentadoras de solda.....	29
Quadro 2 – Definição de alguns termos importantes.....	30

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Especificação das amostras realizadas	43
Tabela 2 – Classificação dos materias	44
Tabela 3 – Resultados dos carpos de prova	45

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1	ABORDAGEM GERAL DE SOLDAGEM.....	14
2.1.1	PROCESSO DE SOLDAGEM COM ARCO ELÉTRICO	14
2.1.2	PROCESSO DE SOLDAGEM COM ELETRODO REVESTIDO	15
2.1.3	PROCESSO TIG	16
2.1.4	PROCESSO MIG/MAG E COM ARAME TUBULAR.....	17
2.2	SIMBOLOGIA DE SOLDAGEM.....	21
2.3	PARAMETROS DE SOLDAGEM	27
2.4	NORMAS E QUALIFICAÇÃO DE SOLDAGEM	28
2.5	EMPRESA DE PEQUENO PORTE.....	32
3	METODOLOGIA	33
3.1	MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADOS	33
3.2	MATERIAIS E EQUIPAMENTOS.....	34
4	APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	36
4.1	HISTÓRICO E CARACTERÍSTICAS DA EMPRESA	36
4.2	SITUAÇÃO ANTERIOR A PROPOSTA DE MELHORIA	39
4.2.1	PERDAS DE PRODUTIVIDADE	39
4.2.2	PROBLEMAS ENCONTRADOS NO PROCESSO DE SOLDAS	39
4.2.3	APARELHOS DE SOLDA	41
4.2.4	OBSTÁCULOS A NOVOS MERCADOS	41
4.3	IMPLANTAÇÃO DO NOVO PROCEDIMENTO (EPS)	42
4.3.1	QUALIFICAÇÃO DO EQUIPAMENTO	42
4.3.2	QUALIFICAÇÃO DO OPERADOR	42
4.3.3	RESULTADOS OBTIDOS DOS CORPOS DE PROVA	43
4.3.4	DESENVOLVIMENTO DA EPS.....	45
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	49
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51
7	APÊNDICE A	53

1 INTRODUÇÃO

Atualmente a indústria automobilística desenvolve processos de soldagem cada vez mais eficientes para suas demandas e seus grandes volumes de venda, dessa maneira a utilização de tecnologia e investimentos é notória. Atualmente no Brasil esse mercado cresce significativamente, apresentando o uso de novas técnicas e processo elevado.

A necessidade de qualificar-se está cada vez mais presente nas empresas nos dias atuais, dessa maneira desenvolver métodos e práticas específicas para as empresas é algo favorável e competitivo.

Observa-se ainda, a necessidade por qualidade de produção o que corresponde em uma grande parte de um sistema de gestão da qualidade adequado e pela necessidade e qualificação de profissionais, sendo os mesmos indispensáveis para os bons resultados de todo o sistema produtivo.

Visando a melhoria da qualidade produtiva, a empresa VS Viana Cia Ltda., busca o desenvolvimento de seus processos de soldagem, melhorias na qualidade operacional e aumento na qualidade e confiabilidade de serviço. Devido à mesma não apresentar procedimento de soldagem ou qualificação de seus colaboradores do setor de soldagem, esse trabalho tem por objetivo implantar a Especificação de Processo de Soldagem (EPS) de maneira que possa servir como base de referência no processo produtivo da empresa e da padronização da qualidade de seus produtos.

Dessa maneira o trabalho apresenta o seguinte tema de pesquisa, criar e implantar uma proposta de melhoria no processo de soldagem para a qualificação do mesmo desenvolvendo de maneira objetiva e clara as EPS de uma empresa de pequeno porte do setor metal mecânico de Horizontina - RS.

Ao desenvolver esse estudo observa-se primeiramente a iniciativa da empresa VS Viana e Cia Ltda. em proporcionar uma melhor qualidade em seus produtos e a necessidade em desenvolver e garantir a qualidade no setor de soldagem da mesma. Por apresentar um elevado mix de produtos, dos quais se destacam os artigos de serralheria e estruturas metálicas, estes são desenvolvidos por projeto único para cada cliente e a matéria-prima apresenta muitas variações de formas e medidas, tornando o processo complexo e dificultoso.

Desde sua fundação, a empresa sempre desenvolveu esse ramo de atividades e devido o aumento na demanda e a necessidade de profissionais qualificados observa-se a importância em qualificar o setor de soldagem, pois o mesmo está implicando em baixa qualidade e quebra de ritmo devido ao retrabalho nos setores subsequentes do processo, como no acabamento final, na pintura e na montagem final.

Considerando o que foi exposto, para esse trabalho foi definido o seguinte problema de pesquisa: “A implantação das EPS de solda proporcionará melhorias nos processos e tornará os mesmos mais confiáveis?”.

Esse trabalho justifica-se nos seguintes aspectos, para a continuidade do negócio da empresa, proporcionar o conhecimento e a qualificação dos processos de soldagem da empresa, a garantia da qualidade para os produtos e a qualificação dos colaboradores.

O estudo ainda proporciona a explanação do conhecimento adquirido no curso de Engenharia de Produção, a contribuição para futuras pesquisas com os resultados obtidos e as conclusões, proporcionando conhecimento e experiência. Dessa maneira também se destaca a contribuição do conhecimento desenvolvido para a empresa e aos colaboradores envolvidos.

Ao realizar esse estudo, definiu-se como sendo o objetivo geral a proposta e implantação das especificações dos processos de soldagem (EPS) de forma a auxiliar e melhorar a qualificação da Metalúrgica VS VIANA. Para alcançar esse objetivo, foram seguidos alguns itens importantes, definidos como objetivos específicos:

- Busca na literatura pertinente pela simbologia de soldagem, chanfros de soldagem e tipos de filetes;
- Definir padrões de regulação dos aparelhos de soldagem;
- Analisar amostras soldadas;
- Desenvolvimento das especificações do processo de solda;
- Análise da qualidade de solda com testes que se aplicam.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Com o objetivo de identificar as questões fundamentais referentes ao tema do trabalho, a revisão da literatura proporciona o alinhamento dos conceitos para o desenvolvimento da metodologia e técnicas empregadas para a realização do trabalho.

2.1 ABORDAGEM GERAL DE SOLDAGEM

Nesse subtítulo estão explanados os processos existentes de soldagem, suas finalidades e empregabilidades.

Conforme Brandi (2004), os processos de soldagem, podem ser classificados por dois aspectos, pelas fontes de energia: mecânica, química, elétrica e radiante, ou pela natureza de união: soldagem no estado sólido e por fusão.

2.1.1 Processo de soldagem com arco elétrico

O arco elétrico que consiste de uma descarga elétrica, é a fonte de calor mais utilizada na soldagem por fusão de materiais metálicos, pois o mesmo possui uma concentração adequada de energia para a fusão, facilidade de controle, baixo custo e um nível aceitável de riscos a saúde dos seus operadores. Seu processo é sustentado através de um gás ionizado, a alta temperatura, chamado plasma. O termo arco foi denominado a esse processo devido sua forma, caracterizando um arco, resultante da convecção dos gases quentes gerados pelo mesmo. O limite de corrente elétrica para um arco não é delimitado, podendo atingir dezenas ou centenas de milhares de ampéres em certo circuito (MARQUES; MODENESI; BRACARENSE, 2009).

Para Brandi (2004), o arco elétrico pode ser definido como a descarga elétrica mantida através de um gás ionizado, iniciada e mantida a quantidade de elétrons emitida pelo eletrodo negativo e mantido pela ionização térmica do gás aquecido. Dessa maneira pode-se frisar como uma descarga elétrica de baixa tensão, mas com alta intensidade.

2.1.2 Processo de soldagem com eletrodo revestido

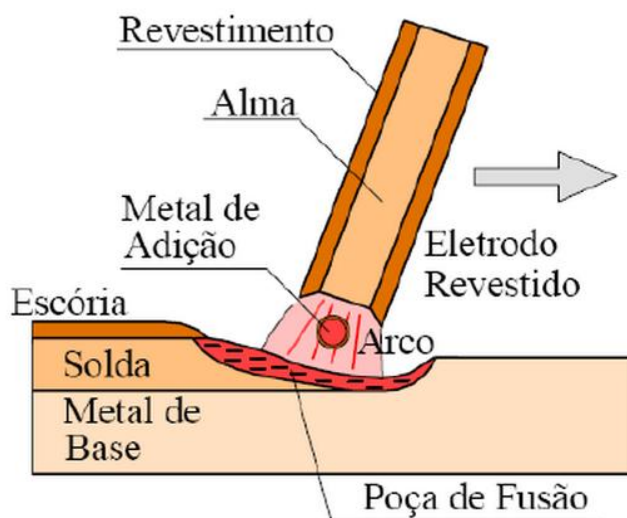
Tecco (2004) afirma que, o processo de soldagem com eletrodo teve seu início no princípio do século XX, onde a utilização de arames nus para cercas, ligados a rede elétrica apresentava muitas falhas e uma grande instabilidade de arco e de depósitos de solda, dessa maneira observou-se então que arames enferrujados ou com resíduos como calcário apresentavam melhores resultados, dessa maneira ainda na primeira década, já foram apresentados arames com revestimento de ácido, dessa maneira teve-se diferentes evoluções e misturas até o desenvolvimento de um eletrodo que apresentava maior penetração de solda e proteção dos agentes externos do ambiente, desde esse estágio inicial os desenvolvimentos foram contínuos, podendo destacar o desenvolvimento dos eletrodos rúflicos em meados da década 30, apresentando uma evolução significativa até a década de 50.

Marques, Modenesi e Bracarense (2009) afirmam que, o processo de soldagem com eletrodo revestido consiste no aquecimento com um arco elétrico do eletrodo revestido (*Shielded Metal Arc Welding* – Soldagem a Arco com Metal Blindado – SMAW), e a peça que está sendo soldada. O eletrodo revestido consiste em uma vareta metálica, que é revestida por uma mistura de diferentes materiais que tem diversas finalidades entre elas:

- Estabilizar o arco elétrico;
- Ajuste de composição química do cordão com a adição de elementos de liga para eliminar as impurezas;
- Proteção da poça de fusão e o metal de solda contra contaminantes externos, através de uma geração de gases e de escória.

Marques, Modenesi e Bracarense (2009), esquematizam o processo de soldagem com eletrodo revestido conforme a Figura 1.

Figura 1: Processo de soldagem com eletrodo revestido.



Fonte: Marques, Modenesi e Bracarense 2009, p. 181.

Esse processo apresenta diversas vantagens, sendo elas baixo custo, simplicidade dos equipamentos, possibilidade de acesso a lugares difíceis, ambientes abertos, entre uma infinidade de metais que podem ser soldados com eletrodos revestidos. Sendo o principal processo de soldagem industrial até os anos 60, a soldagem com eletrodo revestido vem decrescendo, devido sua baixa produtividade em comparativos com outros métodos e também pelo fato de ser um processo bastante manual, de difícil mecanização (MARQUES; MODENESI; BRACARENSE, 2009).

Conforme Tecco (2004), o processo de soldagem com eletrodo revestido é o mais utilizado não apenas no Brasil, mas na maioria dos países, pois apesar de não ser um dos mais eficientes, é um dos mais baratos e apresenta grande variedade de aplicações.

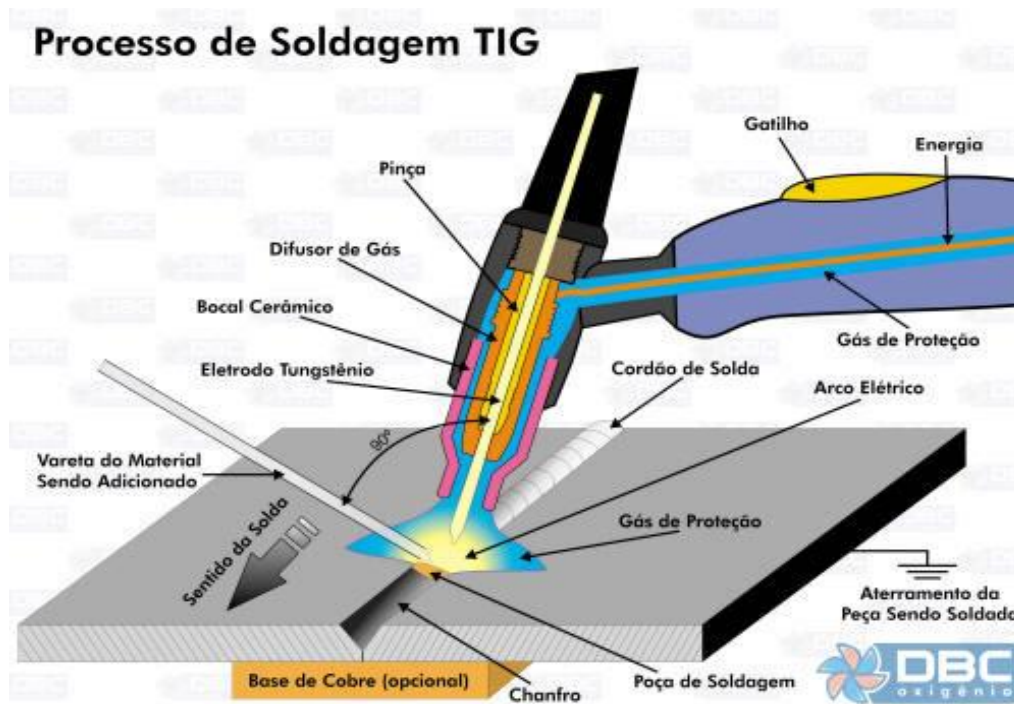
2.1.3 Processo TIG

Esse processo consiste de uma fonte de calor do processo do arco elétrico mantido entre um eletrodo não consumível de tungstênio e a peça a ser soldada e a proteção da região a ser soldada é feita por um gás inerte, podendo-se empregar ou não, material metálico. O processo teve sua patente difundida na década de 20, mas sua utilização comercial apenas foi iniciada no ano de 1942, tendo uma grande

prática em processos de soldagem de ligas de alumínio, de magnésio de titânio e aços inoxidáveis, entre outros, produzindo excelente qualidade (BRANDI, 2004).

Uma imagem detalhada do processo está apresentada na Figura 2.

Figura 2: Processo de soldagem TIG



Fonte: DBC, Oxigênio, 2013.

O arco elétrico na soldagem TIG é estável e suave, produzindo uma boa aparência e um excelente acabamento, dessa maneira a necessidade de transferir para a peça um excelente controle de energia, tornando o processo bastante adequado para peças de pequenas espessuras, sua operação é bastante manual podendo ser feita em qualquer posição, apesar do custo da soldagem e dos equipamentos ser bastante elevados, sua empregabilidade é quase que total entre as ligas e metais, sendo muito utilizado em metais não ferros e aços inoxidáveis (MARQUES; MODENESI; BRACARENSE, 2009).

2.1.4 Processo MIG/MAG e com Arame Tubular

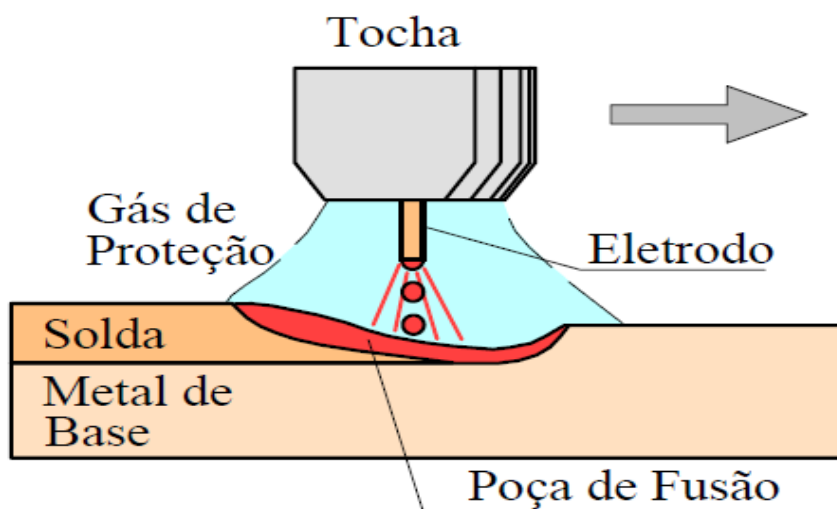
Processo de soldagem que consiste na proteção do arco elétrico com mistura gasosa, é o processo onde a união das peças metálicas é produzida pelo aquecimento da mesma, estabelecida entre um arco elétrico e um eletrodo nu

(arame de solda), no Brasil esse processo é conhecido como MIG (*Metal Inert Gas – Gás Inerte de Metal*), quando a proteção gasosa utilizada é inerte ou contém misturas ricas em gases inertes. MAG (*Metal Active Gas – Gás Ativo de Metal*), quando o gás utilizado é ativo ou contém misturas ricas em gases ativos (MARQUES; MODENESI; BRACARENSE, 2009).

O processo de soldagem MIG/MAG, caracteriza-se pela abertura do arco elétrico entre o metal de base, a peça a ser soldada, e o metal de adição, arame de solda alimentado continuamente. Devido o arame de solda não apresentar revestimento torna-se necessário a inserção de uma mistura gasosa de pressão e vazão adequada. Tal inserção é justificada pela necessidade de, viabilizar a proteção da gota metálica e da poça de fusão contra a atmosfera vizinha ao arco voltaico, além disso, auxilia na manutenção e formação do arco elétrico (ALVES, 2009).

Para entender o processo de soldagem MIG/MAG será apresentado esquematicamente na Figura 3.

Figura 3: Processo de soldagem MIG/MAG



Fonte: Marques, Modenesi e Bracarense 2009, p. 234.

MIG/MAG é considerado um processo semiautomático, devido à utilização de mecanismo mecânico para alimentação do arame de solda, dessa maneira a manutenção do arco é garantida pela alimentação contínua independente dos movimentos gerados pelo operador, a solda MIG/MAG pode ser utilizada em uma série de materiais de diferentes espessuras, tanto em metais ferros e não ferros, o

diâmetro dos eletrodos (arame de solda) utilizados varia entre 0,80 mm e 2,40 mm, no processo MAG apenas para materiais ferrosos o gás de proteção CO₂ ou misturas ricas nesse gás, em contra partida da soldagem MIG pode ser utilizadas tanto em materiais ferrosos como não ferrosos como alumínio, cobre, magnésio, níquel e suas ligas (MARQUES; MODENESI; BRACARENSE, 2009).

O processo MIG/MAG apresenta uma série de vantagens onde se destacam um diferencial entre solda de eletrodo revestido, as vantagens são referente a altas taxas de deposição e alto fato de ocupação do soldador, grande versatilidade quanto ao tipo de material e espessuras, não existência de fluxo de soldagem e conseqüentemente a ausência de operação para remoção da escória, e os operadores não necessitam de uma habilidade tão elevada. Esse processo ainda apresenta algumas limitações, entre elas destacam-se a sensibilidade nas variações de parâmetros elétricos de operação do arco de soldagem, que influenciam na qualidade da solda, além das necessidades de regulagem rigorosas de parâmetros para obter-se um determinado padrão de qualidade exigido no cordão de solda, custos elevados no equipamento e a necessidade de manutenção em comparativos com equipamentos de soldagem com eletrodo revestido (MARQUES; MODENESI; BRACARENSE, 2009).

Marques, Modenesi e Bracarense (2009) afirmam que, nos processos de soldagem MIG/MAG com arame tubular, tem apresentado um maior crescimento em termos de utilização, nos últimos anos, esse aumento refere-se devidamente a substituição da soldagem manual para a soldagem semiautomática ou automática, e ainda a soldagem por utilização de robôs.

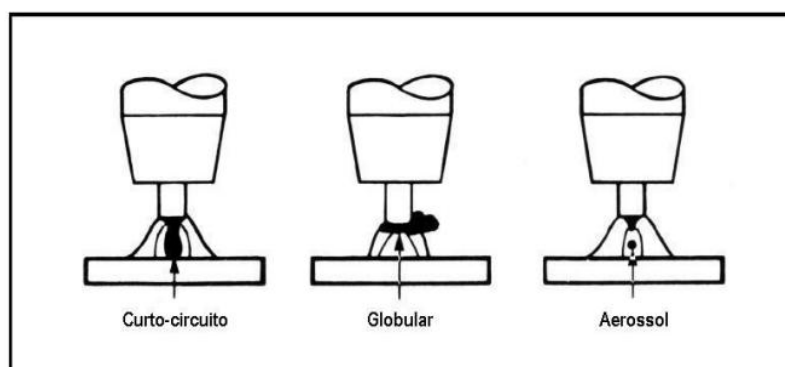
Segundo Marques, Modenesi e Bracarense (2009), pode ser considerado a existência de quatro formas básicas de transferências de metal de adição (eletrodo para a peça), são elas:

- Curto circuito: utilização de baixos valores de tensão e corrente, normalmente é usada para soldagem de materiais de espessuras finas ou fora de posição (diferente da posição plana), esse modo de transferência caracteriza-se pela grande instabilidade no arco, ainda podendo apresentar formação intensa de respingos, podendo ainda ser controlado a incidência de respingos, com um ajuste adequado dos parâmetros de soldagem.

- Transferência Globular: essa transferência caracteriza-se por níveis de respingos elevados e as gotas de metal fundido transformam-se principalmente pela ação da gravidade, o que se limita em uma soldagem plana, mas, em função de seu comportamento peculiar é evitada.
- Spray ou Aerossol: caracteriza-se por apresentar gotas de metais menores do que o diâmetro do eletrodo e um número bastante elevado do mesmo, nessa transferência o arco de solda é bastante instável, praticamente não há ocorrência de respingos e o cordão obtido é suave e regular, esse método é aplicável a qualquer posição de soldagem, mas, entretanto devida essa transferência necessitar de altas correntes, não poderá ser utilizada em soldagem de chapas finas, e sua utilização fora da posição plana pode ser problemático devido o tamanho elevado da poça de fusão de difícil controle.
- Transferência controlada: consiste no tipo de transferência aproximadamente globular, porém mais estável e uniforme, a transferência controlada mais usada é a pulsada, apresenta uma grande dificuldade em estabelecer parâmetros de soldagem, para conseguir uma transferência controlada é necessário que a velocidade de alimentação do arame seja igual à velocidade média de fusão do mesmo, e que o metal formado na ponta do arame seja transferido sem causar fortes perturbações no processo.

O funcionamento da transferência de metais pode ser observado na Figura 4.

Figura 4: Esquemática da transferência de metais.



Brandi (2004), comenta as vantagens sendo elas, apresentar um processo semiautomático bastante versátil, podendo ainda ser de fácil adaptação a processos automáticos, o eletrodo nu (arame de solda), é alimentado automaticamente, a solda pode ser executada em todas as posições, a velocidade de soldagem é elevada, taxa de deposição elevada devido a alta corrente na ponta do arame, sem formação de escória, penetração de raiz mais uniformizada, fácil usabilidade e treinamento de soldador. Ainda Brandi (2004), comenta as limitações do processo maior velocidade de resfriamento devido à falta de escória ocasionando trincas, necessidade de proteção da solda devido a correntes de ar, dificuldade em locais de pouco acesso, grande emissão de raios ultravioletas, equipamentos caros e complexos e maiores, dificultando a locomoção.

Para Brandi (2004), “A espessura do metal-base também influi na escolha do diâmetro do eletrodo nu. Quanto mais espesso o metal base, maior o diâmetro do eletrodo nu”.

Nos processos de soldagem MIG/MAG com arame tubular, tem apresentado um maior crescimento em termos de utilização, esse aumento de utilização refere-se ao aumento da automatização do processo e por apresentar características similares com o processo MIG/MAG e soldagem com eletrodo revestido, suas vantagens em rendimento, utilização do soldador, altas taxas de deposição de material, e a flexibilidade produtiva são maiores do que nos outros processos (MARQUES; MODENESI; BRACARENSE, 2009).

Existem duas variações básicas do processo arame tubular, uma em que toda a proteção necessária é gerada pelo próprio fluxo contido no eletrodo, chamada de arame autoprottegido e outra em que a proteção é complementada por uma nuvem de gás, geralmente o CO² (MARQUES; MODENESI; BRACARENSE, 2009).

2.2 SIMBOLOGIA DE SOLDAGEM

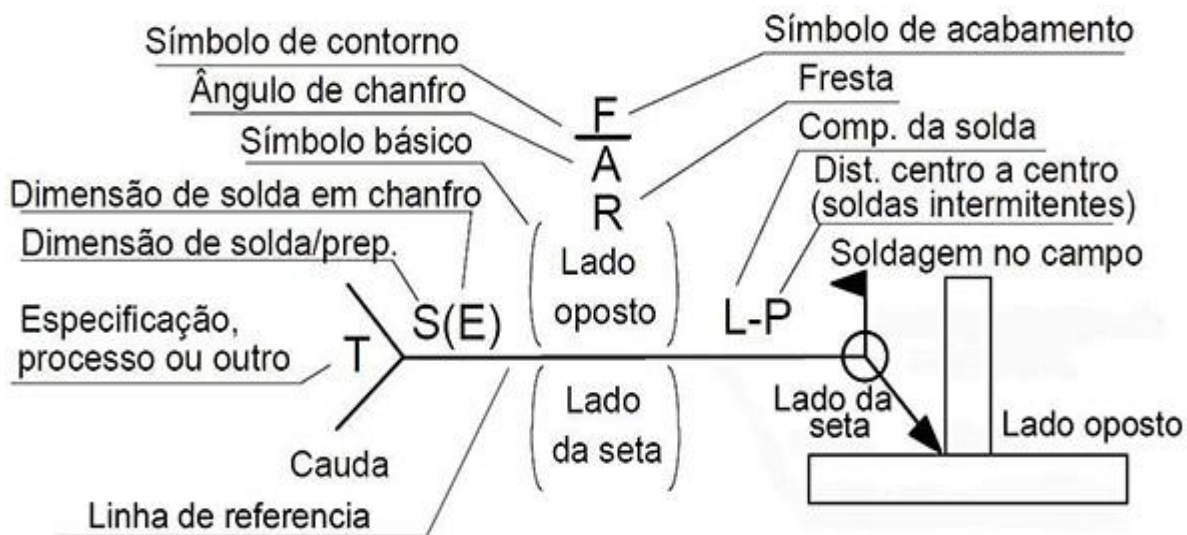
A simbologia de soldagem consiste em uma séria de elementos e símbolos, sinais e números, dispostos de uma forma particular e uniformizada, que forneçam o maior número de informação possível sobre uma determinada solda ou uma operação de soldagem. Dessa maneira os elementos que são indicados na

simbologia de soldagem se classificam como (MARQUES; MODENESI; BRACARENSE, 2009):

- a) Linha horizontal de referência;
- b) Seta;
- c) Símbolo básico da solda;
- d) Dimensões e outros dados;
- e) Símbolos suplementares;
- f) Cauda – Especificação do processo ou outras referências.

Para uma melhor visualização da localização da simbologia de soldagem e seus elementos analisa-se a esquemática da Figura 5.

Figura 5: Localização dos elementos da simbologia de soldagem.



Fonte: Adaptado de AWS A2.4, 1999, p. 3.

Marques, Modenesi e Bracarense (2009), apresenta como elemento básico da simbologia de soldagem como sendo a linha de referência sempre na posição horizontal próximo da junta que se refere. Nessa linha encontram-se os símbolos básicos de soldagem, símbolos suplementares e outros dados. A seta indica a junta na qual a solda será realizada e na calda são expressos os dados relativos ao processo, no caso se chanfro é indicado com uma seta quebrada.

Simbologia básica indica o tipo de solda desejada, caso o símbolo básico esteja sob a linha de referência a solda deve ser realizada no mesmo sentido (lado),

caso esteja sobre a linha de referência a solda é realizada do lado oposto à seta (MARQUES; MODENESI; BRACARENSE, 2009).

Para uma análise do detalhamento de chanfros observamos a esquemática da Figura 6.

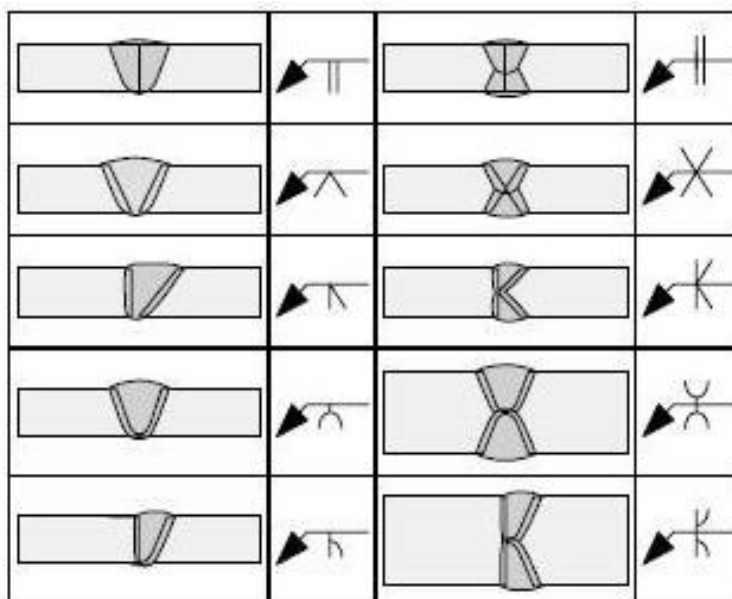
Figura 6: Tipos básicos de solda e seus símbolos.



Fonte: Marques, Modenesi e Bracarense, 2009, p. 37

Para o entendimento da simbologia estuda pode ser observada melhor na esquematização da Figura 7.

Figura 7: Variações de soldas em chanfro e seus símbolos.



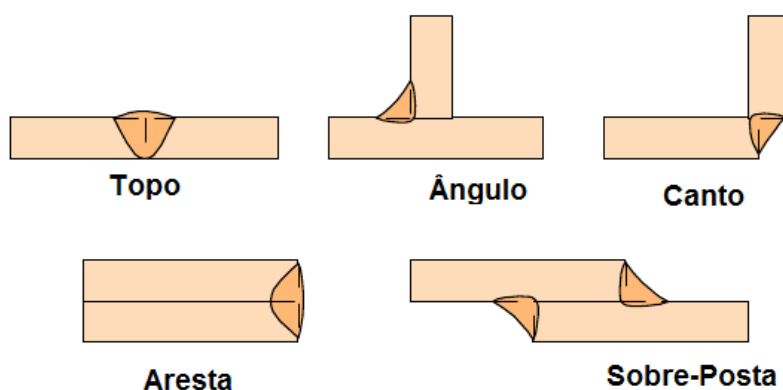
Fonte: Armando, 2013.

Os números que correspondem às dimensões o tamanho da solda ou sua garganta efetiva, é colocada a esquerda do símbolo básico, no caso de soldas em chanfro caso a ausência desses números subentende que a penetração de solda deve ser total. Para comprimento e distância de solda utiliza-se normalmente o lado direito do símbolo no que se referem soldas intermediárias. Os símbolos de acabamento superficial podem ser observados da seguinte forma (MARQUES; MODENESI; BRACARENSE, 2009):

- C – rebarbamento (*chipping*);
- G – esmerilhamento (*grinding*);
- H – martelamento (*hammering*);
- M – usinagem (*machining*);
- R – laminação (*rolling*).

Para entendermos os tipos de soldagem observamos os tipos de juntas que a mesma apresenta, dessa maneira pode ser observada com maior clareza a esquematização da Figura 8.

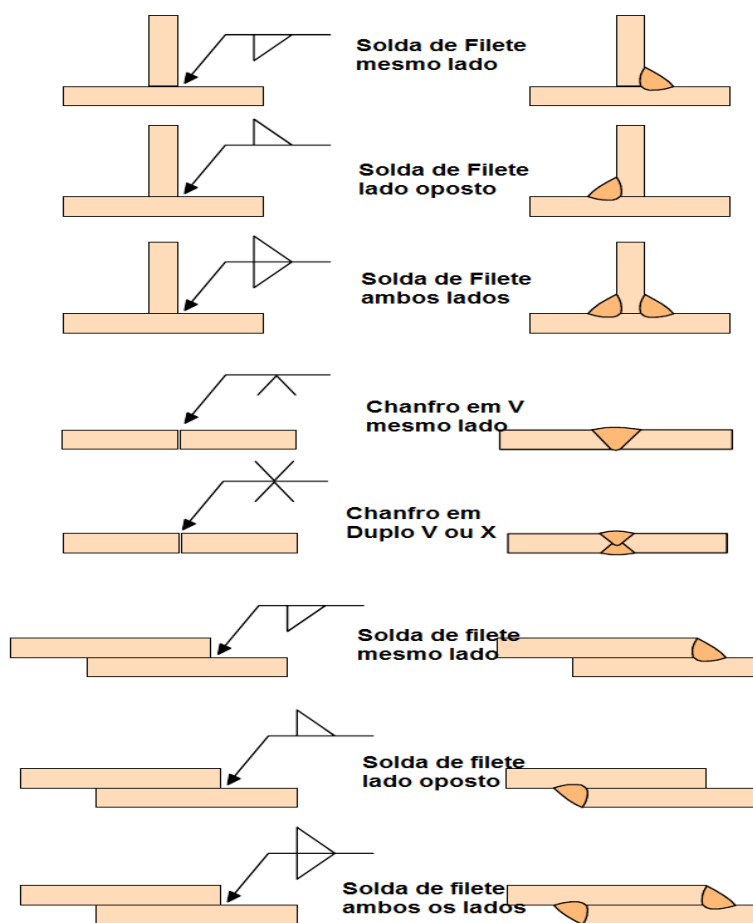
Figura 8: Tipos de juntas.



Fonte: Modenesi, 2001, p.1.

O posicionamento da linha de referência define se a solda é depositada no mesmo lado ou no lado oposto para expressar esse conhecimento em simbologia em filetes observamos os exemplos que se seguem na Figura 9.

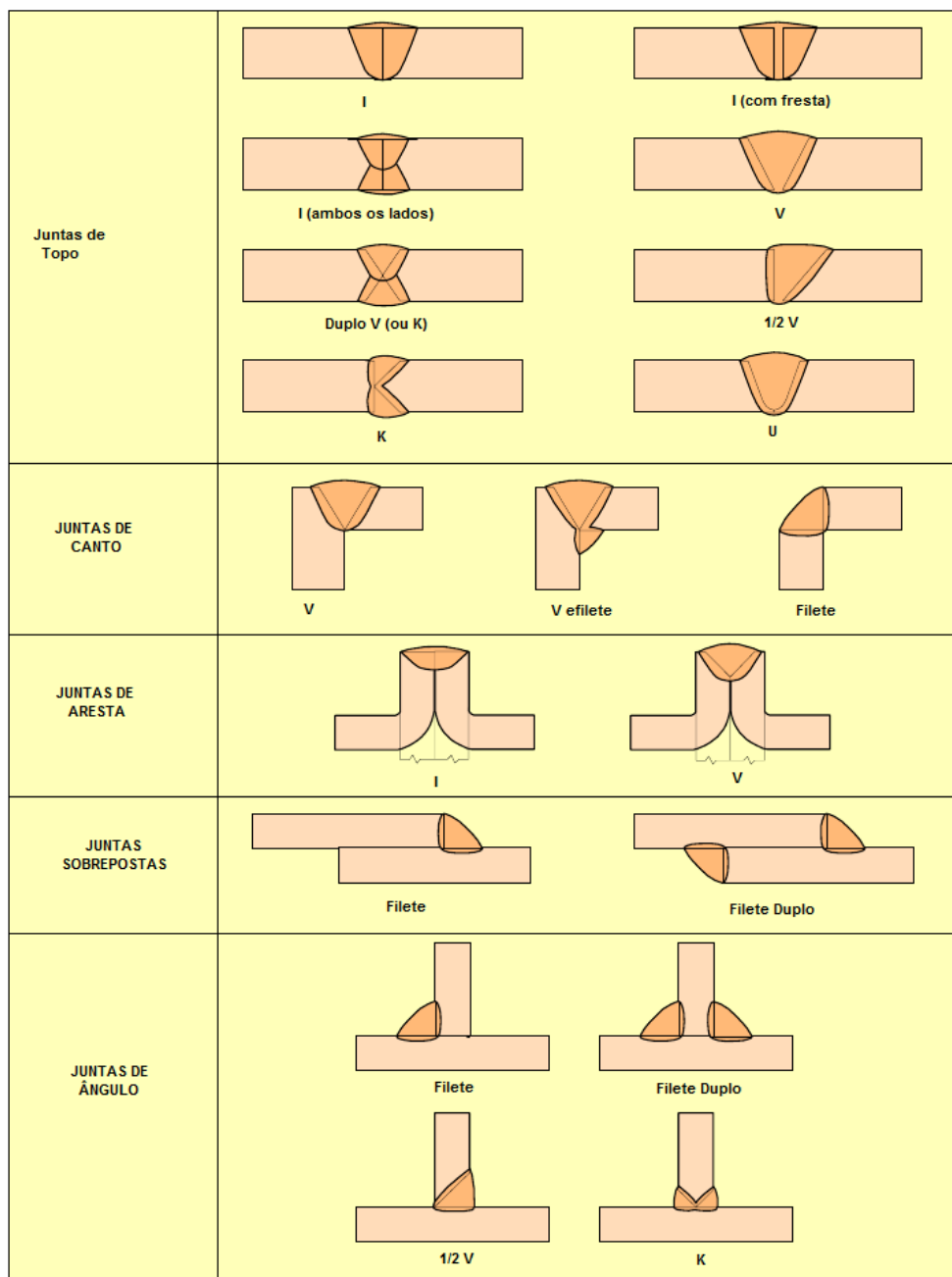
Figura 9: Exemplo de soldagem de filetes e seus símbolos



Fonte: Modenesi 2001, p.7.

Para os tipos de chanfros com suas respectivas soldas, Marques, Modenesi e Bracarense (2009), afirmam que, para escolher o tipo correto de chanfro deve-se analisar o processo de soldagem, a espessura das peças, suas dimensões, e facilidade de movê-las, facilidade de acesso à soldagem, e ao operador de solda, tipo de juntas e custo de produção, como representado na Figura 10, onde apresenta algum tipo de junta e suas simbologias.

Figura 10: Tipos de juntas utilizados.



Fonte: Marques, Modenesi e Bracarense, 2009, p. 31.

Conforme Marques, Modenesi e Bracarense (2009), os elementos de um chanfro são escolhidos de tal forma a atender os requisitos básicos de um projeto, e proporcionando também um fácil acesso ao fundo da junta minimizando a quantidade de metal de adição necessário para o enchimento da mesma.

2.3 PARAMETROS DE SOLDAGEM

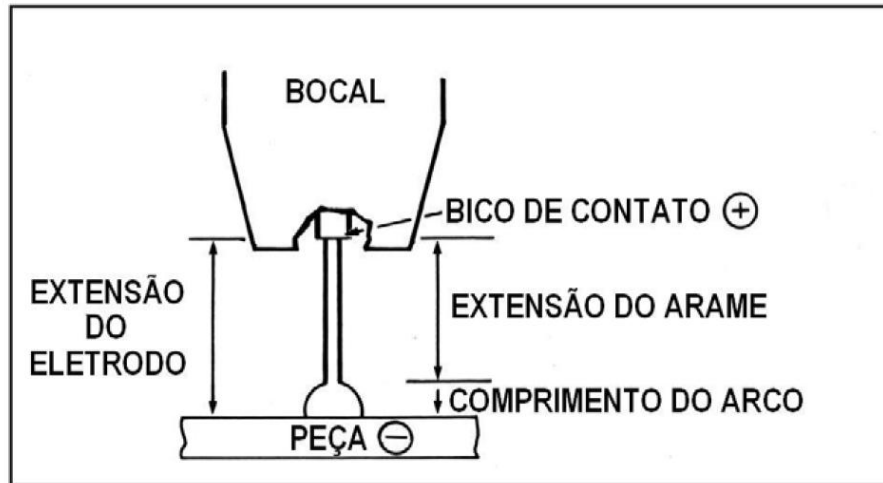
Conforme Fortes (2005), após a seleção do arame e do gás as condições de operações devem ser selecionadas. Os quatro parâmetros mais importantes consiste em a corrente de soldagem, a extensão do eletrodo, a tensão de soldagem e a velocidade de soldagem. Esses parâmetros serão importantes para as características da solda, e seus valores devem ser registrados para qualquer tipo diferente de solda, pois assim permitirá a reprodutibilidade do parâmetro.

Ainda Fortes (2005) apresenta os quatro parâmetros como uma abordagem teórica:

- Corrente de Soldagem: Representada como a amperagem de saída da fonte, normalmente é visível no leitor da fonte, podendo ser medida com um amperímetro adequado;
- Extensão do Eletrodo: Normalmente é a distância entre o bico de contato e a peça de trabalho, essa distância afeta a corrente de soldagem necessária para fundir o arame de solda, sendo importante esse controle de distância para o controle do parâmetro de soldagem e da qualidade do EPS.
- Tensão de Soldagem: O ajuste da tensão de soldagem controla diretamente o comprimento do arco e há a necessidade de manter certa faixa de estabilidade do arco a qualquer nível de corrente de soldagem.
- Velocidade de Soldagem: Consiste basicamente entre o caminho percorrido pelo arco ao longo da peça e o tempo gasto para percorrê-lo, normalmente expressado em cm/min. ou mm/min.

Para o entendimento da distância de soldagem observamos a esquemática Figura 11.

Figura 11: Distância entre o bico de contato e a peça



Fonte: Fortes 2005, p. 67.

Analisando o esquema da Figura 11 observa-se a importância dos parâmetros de soldagem, e a qualificação do soldador, pois é de extrema importância a extensão do eletrodo (distância do bocal até a peça), representado na Figura 11 para que a solda estabeleça um parâmetro aceitável de forma a garantir a qualidade do processo.

2.4 NORMAS E QUALIFICAÇÃO DE SOLDAGEM

Os objetivos primários das normas de soldagem é a prevenção de acidentes que poderiam causar mortes, perdas de materiais e contaminação do meio ambiente, além, a normatização proporciona um meio eficiente de trocar informações entre nações, e a padronização dos produtos proporcionando maior conforto ao usuário e evitando degradação do meio ambiente (MARQUES; MODENESI; BRACARENSE, 2009).

Marques, Modenesi e Bracarense (2009), afirma que, a característica mais importante em uma norma é a sua autoridade, dessa maneira a norma precisa ter um grau de autoridade suficiente para garantir que as suas exigências sejam cumpridas. Essa autoridade é assegurada por órgãos internacionais, governamentais, industriais ou de consumidores autorizados.

Nos casos específicos das operações de soldagem Marques, Modenesi e Bracarense (2009) comentam que, onde o grau de segurança em solda é

fundamental, como em estruturas ou equipamentos, navios, pontes, oleodutos componentes automotivos, vasos de pressão, entre outros, existe diferentes tipos de regulamentação com diferentes códigos para tais aplicações específicas, sendo elas as mais utilizadas representadas no Quadro 1:

Quadro 1: Normas regulamentadoras de solda

Norma/Sigla	Significado	Tradução	Especificação
ASME	<i>Boiler and Pressure Vessel Code</i>	Caldeiras e Vasos de Pressão	Caldeiras, vasos de pressão, usinas nucleares,
API STD 1104	<i>Standard for Welding of Pipelines and Related Facilities</i>	Padrão para a soldagem de dutos e instalações relacionadas	Tubulações e dutos na área de petróleo e gasodutos
AWS d1.1	<i>Structural Welding Code</i>	Código de Soldagem Estrutural	Estruturas soldada de aço carbono e de baixa liga
DNV	<i>Rules for Design, Construction and Inspection of Offshore Structures</i>	Regras para a concepção, construção e fiscalização de estruturas offshore	Estruturas marítimas de aço (plataforma de petróleo)
ISO	<i>Internacional Organization For Standardization</i>	Organização Internacional para Padronização	Entidade que congrega os grêmios de padronização
AWS	<i>American Welding Society</i>	Sociedade Americana de Solda	Normas e certificação em processos de soldagem
BS	<i>British Standard Society</i>	Padrão da Sociedade Britânica	
DIN	<i>Deutsches institute für Normung</i>	Instituto Alemão de Padronização	
NF	<i>Assiciation Française de Normatisation</i>	Associação Francesa de Normatização	
ABNT		Associação Brasileira de Normas Técnicas	Órgão Brasileiro responsável pela normatização técnica

Fonte: Adaptado Modenesi (2005), p. 2.

A seguir será apresentado um quadro das definições de alguns termos importante para as normas e qualificações de soldagem apresentadas anteriormente. Como pode ser observado Quadro 2:

Quadro 2: Definição de alguns termos importantes.

TERMOS	DEFINIÇÃO
Norma	Aplicam-se coletivamente para códigos, práticas recomendadas, classificações e guias para processos, materiais e aplicações preparados por uma organização normalizadora.
Código	É um conjunto de regras e normas sistematicamente arranjadas para uma dada aplicação. Em muitas situações um código tem caráter obrigatório estabelecido por lei ou contrato.
Especificações	Consiste de uma norma que descreve de forma clara e precisa as exigências técnicas relativas a um material, produto, sistema ou serviço.
Prática recomendada	É uma norma que descreve práticas industriais gerais para alguns processos, técnicas, métodos ou materiais.
Classificação	Consiste na norma cujo objetivo é agrupar as atividades similares, tanto por materiais ou produtos em grupos característicos.
Método	Consiste em um conjunto de requerimentos relacionados com o modo pelo qual um tipo particular de ensaios.
Guia	Trata-se de uma norma que informa ao usuário sobre os melhores métodos para realizar uma determinada tarefa.
Especificação de procedimento de soldagem	Consiste em um documento em geral, baseado em exigências de alguma norma, que indica as variáveis de soldagem para uma aplicação específica, para garantir a qualidade.

Fonte: Adaptado de Marques, Modenesi e Bracarense (2009). P.138.

Para o desenvolvimento dos registros e da qualificação dos procedimentos e de pessoal, para diversas aplicações as normas exigem que antes de qualquer execução de processo, deve-se preparar e qualificar o soldador, além de uniformizar e manter registros das especificações de soldagem, ele irá garantir a soldagem adequada e necessária conforme a norma. As Especificações de Procedimento de Soldagem (EPS) consistem na documentação do processo, nas especificações que o operador de solda deve seguir para garantir as exigências da norma e assim executar as juntas soldadas (MARQUES; MODENESI; BRACARENSE, 2009).

Marques, Modenesi e Bracarense (2009), apresentam as variáveis que um procedimento de soldagem pode apresentar: a composição, classe e espessuras dos metais de base, processos de soldagem, tipos de consumíveis e suas características, projeto da junta, posição de soldagem, temperatura de pré-

aquecimento e entre passes, corrente, tensão e velocidade de soldagem, aporte térmico, número de passes e técnicas operatórias.

Para Marques, Modenesi e Bracarense (2009), uma EPS apresentar a garantia de qualidade, é necessária ser testada e qualificada, para obter esses resultados, amostras adequadas devem ser preparadas e soldadas de acordo com a EPS, corpos de prova devem ser retirados dessas amostras e testados ou examinados, esses resultados devem ser avaliados com base nos requerimentos estabelecidos pela norma ou projeto, sendo aprovado ou rejeitado, nesse caso deve-se modificar as condições e realizar novos testes. Os testes que são realizados em uma EPS dependem muito da norma utilizada, mas podem-se destacar alguns:

- Ensaio de dobramento;
- Ensaio de tração;
- Ensaio de impacto (determinar tenacidade);
- Ensaio de dureza;
- Macrografia;
- Ensaio não destrutivos (radiografia);
- Testes de corrosão.

Para realizar as atividades com sucesso segundo a norma, é necessário à qualificação do operador de solda, a capacidade de realizar um determinado procedimento, depende de desenvolver suas práticas, para avaliar o grau de conhecimento do operador são realizados testes, como corpo de prova específico estabelecido na EPS, esses corpos de provas são examinados para garantir a qualidade do processo. Conforme o código ASME, existe algumas variáveis que determinam a qualificação de um soldador (MARQUES; MODENESI; BRACARENSE, 2009).

- Processo de soldagem;
- Posição de soldagem;
- Classe de consumível;
- Espessura da junta;
- Situação da raiz.

Marques, Modenesi e Bracarense (2009), afirmam que para a qualificação de procedimento de soldagem e de operador faz parte do sistema de garantia de

qualidade de cada empresa em específico, para esse sistema ser avaliado em geral três etapas podem ser consideradas:

- Controle antes da soldagem: abrange a análise do projeto, controle da recepção de material (metal base e consumíveis), qualificação do operador de solda, calibração e manutenção do equipamento de soldagem e auxiliares.
- Controle durante a soldagem: controle de material usado (armazenamento), preparação, montagem e ponteamto das juntas e execução de soldagem (verificação se o consumível está correto, se a ferramenta é adequada e o EPS está sendo seguido);
- Controle após soldagem: podem ser realizados com ensaios não destrutivos e ensaios destrutivos de componentes selecionados por amostragem ou ainda de corpos de prova soldados juntamente com as peças.

A qualificação do consumível ou do operador normalmente envolve a realização de testes, normalmente na qualificação de profissional são exigidos treinamentos, esses treinamentos devem ser realizados por empresa qualificada ou pessoa autorizada (MARQUES; MODENESI; BRACARENSE, 2009).

2.5 EMPRESA DE PEQUENO PORTE

De acordo com SEBRAE (2013), o critério para conceituar micro e pequena empresa corresponde em uma análise da receita bruta anual da organização, disponibilizando as formas de mensurar o regime tributário das microempresas e as empresas de pequeno porte, sendo eles um padrão nacional.

Ainda SEBRAE (2013) afirma que, uma Empresa de Pequeno Porte - EPP consiste em pessoa jurídica ou firma mercantil que se enquadra na receita bruta anual de R\$ 360.000,01 (trezentos e sessenta mil reais e um centavos) e igual ou inferior a R\$ 3.600.000,00 (três milhão e seiscentos mil reais), e ainda utiliza para avaliar a empresa o critério de número de funcionários, onde uma EPP apresenta um quadro funcional de 20 a 99 colaboradores.

3 METODOLOGIA

O emprego de uma metodologia qualificada e eficiente é predominante para uma pesquisa e a busca dedutiva para aplicar de forma coerente as informações obtidas e dessa maneira analisar as condições respectivas, proporcionar o uso da metodologia e dos métodos aplicados para a solução dos problemas em estudo.

Assim, o método é o conjunto das atividades sistemáticas e racionais, que com maior segurança e economia, permite alcançar o objetivo – conhecimentos válidos e verdadeiros – traçando o caminho a ser seguido, detectando erros e auxiliando as decisões do cientista (LAKATOS; MARCONI, 2009 p. 83).

Conforme Pádua (2004, p.32) considera o estudo do método, como teoria explicativa, abarcando o “conjunto dos caminhos percorridos pelas ciências para a produção dos conhecimentos”.

Para a realização desse trabalho utilizou-se a metodologia de pesquisa-ação, onde os integrantes tiveram a oportunidade de interagir diretamente no estudo desenvolvido e aprimorando o conhecimento de modo a atender a necessidade do trabalho. Para Thiollent (2005), pesquisa-ação é onde o pesquisador e os demais envolvidos estão em um grupo de cooperação ou participação em busca da resolução do problema, consiste em uma pesquisa social, com base empírica.

3.1 MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADOS

Essa pesquisa gerou conhecimento através da aplicação de caso real na empresa V S Viana e Cia Ltda., apresentou interação direta do pesquisador com o projeto, envolvendo colaboradores e gerentes da empresa, que desenvolveram as qualificações necessárias para as Especificações de processos de soldagem – EPS.

Em um primeiro momento houve a pesquisa na literatura pertinente, onde se explanou o conhecimento referente aos tipos de soldagem que existem e que são relevantes para a empresa, correspondendo ao processo de soldagem com eletrodo revestido, processos de soldagem TIG e processo de soldagem MIG/MAG com arame nu e com arame tubular.

Em um segundo momento houve a busca na literatura pertinente, pela simbologia de soldagem e a mesma proporcionou conhecimento para o desenvolvimento da pesquisa e auxiliou para o desenvolvimento das EPS. Também foi um ponto importante para o conhecimento dos colaboradores de soldagem da empresa.

Em um terceiro momento houve a visitação em uma empresa de médio porte, importante no contexto do município de Horizontina e apresenta qualificação dos colaboradores de soldagem, EPS do processo e também é certificada ISO 9001/2008 de qualidade, o que proporcionou conhecimentos referentes a processos e estrutura de uma EPS.

Em um quarto momento houve a pesquisa nas normas de soldagem sendo que, para esse estudo optou-se pela abordagem da norma AWS d.1.1 por ser uma norma específica para estruturas soldadas de aço carbono e de baixa liga, onde ao estudar os processos da empresa Metalúrgica Viana, observou-se que a mesma utiliza ligas de aço carbono de baixa liga (CLASSE I) e aços de AISI/SAE 1006 a AISI/SAE 1021.

Dessa forma foi possível definir parâmetros e documentá-los e desenvolver as EPS desse estudo, que apresentam exclusividades para a empresa Metalúrgica Viana, devido seu ramo de atividade ser mais voltado para a serralheria e estruturas metálicas em particular.

Ao desenvolver a etapa prática, houve a necessidade de contar com o auxílio de um colaborador com experiência da área de soldagem, pois o conhecimento de parâmetros e de regulagem de solda era sabido, mas de forma informal pelos colaboradores, onde em um mesmo item soldado, dois colaboradores diferentes, poderiam adotar dois parâmetros diferentes ocasionando não conformidade.

3.2 MATERIAIS E EQUIPAMENTOS

Para o desenvolvimento desse estudo, houve a necessidade de utilizar aparelhos de soldagem para definir os parâmetros e serra horizontal para efetuar o corte das amostras, também houve a utilização de lixas e emprego de ataques químicos com ácido para os testes em laboratório.

Os aparelhos de soldagem utilizados são da marca ESAB com capacidade de 318 ampéres, utilizando de insumo duas bitolas de arames de soldagem sendo 0,80 mm e 1,00 mm de diâmetro, utilizando-se os que a empresa usa no seu dia a dia, no gás de adição, utilizou-se mistura Ar/CO₂.

Para a realização das amostras utilizou-se de materiais, chapas de aço carbono 1020, 3 amostras de 100 mm de base por 50 mm de largura apresentando as seguintes espessuras 2,00 mm, 3,35 mm, 4,75 mm, 6,35 mm, 7,8 mm e 9,78 mm.

As amostras antes da realização dos testes de soldagem estão ilustradas na Figura 12:

Figura 12: Amostras de material antes do teste



Fonte: Metalúrgica Viana

Após realizar os corpos de prova foi necessária a utilização de lixas para adequar as amostras para ser possível realizar o ataque químico nas peças, as lixas utilizadas para adequar os corpos de prova foram de: 80 grãos, 100 grãos, 200 grãos, 400 grãos, 600 grãos e 1000 grãos, respectivamente.

O ataque químico realizados nas amostras houve a utilização de ácido e álcool em uma dosagem adequada para após o ataque ser possível fazer o teste macrográfico dos corpos de prova.

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Nesse capítulo estão expostas as informações coletadas para a realização desse estudo, conseqüentemente a análise e interpretação das mesmas. Os dados coletados e os dados bibliográficos utilizados como referencial teórico foram comparados e avaliados com os resultados obtidos na empresa e em um primeiro momento são explanadas as características da empresa no setor estudado e posteriormente os dados obtidos e sua interpretação.

4.1 HISTÓRICO E CARACTERÍSTICAS DA EMPRESA

Esse estudo foi desenvolvido na empresa VS Viana e Cia Ltda. situada no município de Horizontina Rio Grande do Sul, que tem suas principais atividades em artigos do ramo serralheria (grades e portas) e estruturas metálicas industriais e agrícolas, apresenta também outros nichos de mercado como esquadrias em alumínio e vidro temperado. A empresa atua no segmento a mais de 26 anos e tem suas principais atividades na região noroeste, atualmente a empresa conta com 9 colaboradores entre eles um engenheiro mecânico, situada no bairro São Francisco desta cidade possui instalações próprias de aproximadamente 1000 m² de área construída de um total de 4000 m².

A empresa VS Viana Cia Ltda., é mais conhecida no município de Horizontina e na região como METALÚRGICA VIANA. Fundada por Valdir da Silva Viana em 1987, a empresa iniciou suas atividades apenas com artigos de serralheria, como, esquadrias metálicas (portas e janelas) e prestação de serviços.

No ano de 2002, visando à comodidade de seus clientes constitui a linha de instalação de movimentadores deslizantes e basculantes nas portas e portões, visando consumidores finais e parceiros locais.

No ano de 2011, a empresa ampliou suas instalações físicas adquirindo um pavilhão de aproximadamente 530 m², proporcionando assim um amplo espaço para o seu desenvolvimento, com visão em comodidade de clientes de colaboradores e proporcionando sempre a preservação do meio ambiente.

No final do ano de 2012 a empresa buscou um novo nicho de mercado, a fabricação de aberturas de alumínio (portas, janelas) e também esquadrias de vidro temperado, vitrines e portas, dessa maneira ampliou sua área fabril em mais 300 m².

A empresa também está buscando o desenvolvimento mais eficiente de sua qualidade, com a implantação da ferramenta 5S, com a qualificação nos processos de soldagem e a qualificação da gestão da empresa.

Nesses mais de 26 anos de atuação a empresa desenvolveu uma grande carteira de clientes e parceiros está buscando cada vez mais consolidar seu foco de mercado e desenvolver novos nichos de mercado. Para o ano de 2014 a empresa está buscando parceria com o SEBRAE para o desenvolvimento do programa "Rumo a ISO" e ao término desse programa a empresa irá buscar a qualificação da ISO 9001 – 2008, com isso, pretende consolidar-se em outros ramos de atividades no setor metal mecânico da região e do estado.

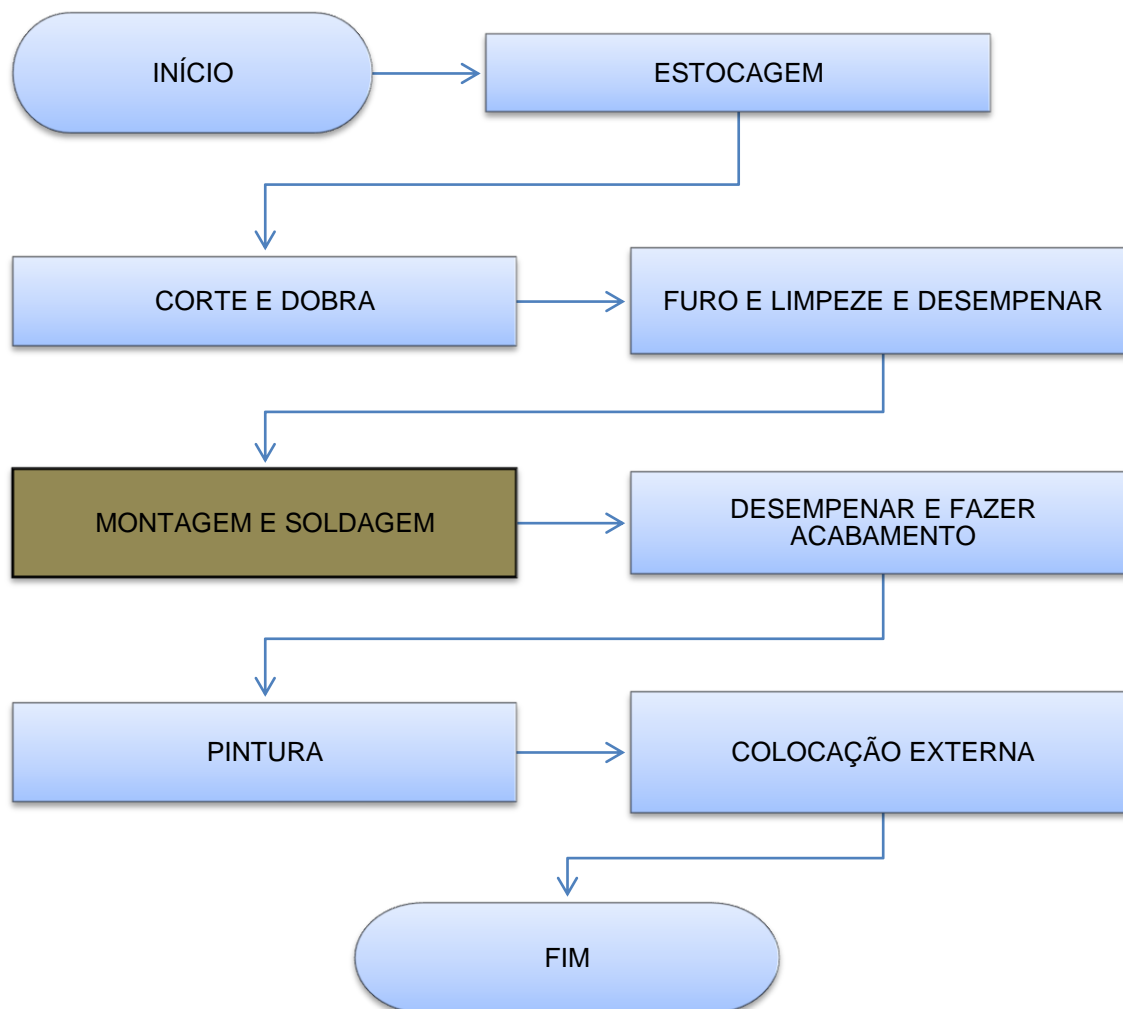
Tem como missão: "Oferecer produtos e serviços com tecnologia e qualidade, atendendo a expectativa dos clientes e parceiros de negócios, participando ativamente com o meio social e ambiental".

A visão da empresa se define como: "Ser uma empresa reconhecida pelo seu trabalho de qualidade no município e na região e uma parceira importante de nossos clientes e colaboradores".

A empresa aplica soldagem de topo, soldagem sobreposta e soldagem de aresta, com utilização de material com diâmetros que variam de 1,5 mm a 12,7 mm de espessura. O tipo de soldagem que a empresa usa internamente é MAG.

A Metalúrgica Viana apresenta um fluxo único em todos os seus produtos como está expresso na Figura 13. O grifado corresponde ao setor onde o trabalho foi desenvolvido.

Figura 13: Fluxo de produção da Metalúrgica Viana



A Metalúrgica Viana utiliza três tipos de soldagem: soldagem elétrica com eletrodo revestido: solda MAG com arame de soldagem a que foi realizado o estudo por ser utilizada em sua totalidade no processo interno da empresa e solda TIG para trabalhos únicos e específicos.

A empresa utiliza solda de topo pela sua maioria dos processos, sendo possível uma maior padronização de regulagens para determinados produtos, no caso do desenvolvimento de grades e estruturas metálicas os segmentos que mais apresentam relevâncias para o fluxo de serviços realizados na empresa são compostos por diversos materiais de formas e espessuras diferentes, dessa maneira observa a necessidade de conhecimentos por experiência dos colaboradores.

A soldagem MAG que tem sua utilização de 100 % na empresa em serviços realizados internamente proporciona dois parâmetros que a empresa utiliza soldas leves e soldas pesadas, as máquinas de soldas leves são aparelhos que tem sua

especificação de 257 ampères a 315 ampères já as máquinas de solda pesadas tem sua especificação de 318 ampères a 450 ampères todos os modelos trifásicos.

4.2 SITUAÇÃO ANTERIOR A PROPOSTA DE MELHORIA

Com o desenvolvimento desse estudo foi possível observarmos a situação anterior a proposta de melhoria dos processos de soldagem da Metalúrgica Viana, como ela desenvolvia seus produtos e como a mesma tratava a qualidade de seu processo, principalmente no processo de soldagem o que será abordado mais detalhadamente.

4.2.1 Perdas de produtividade

É sabido que a empresa Metalúrgica Viana não tem detalhamento em seu processo de soldagem e não apresenta conhecimento formal do mesmo e também não consta nenhum registro de EPS que possa garantir seu processo.

Ao analisar a situação da empresa observou a dificuldade da mesma em manter uma padronização de seus produtos, dessa maneira observou que para a fabricação de um mesmo produto (similar) a empresa apresentava tempo de processo bem diferenciado e qualidade em solda bem desigual.

Outra questão que foi levantada no estudo foi na questão de perda de tempo em processos futuros, pelo motivo do processo de solda e montagem se anteceder ao processo de acabamento e de rebarbamento, observou que esses processos tinham que desempenhar excessivo trabalho para manter a qualidade, isso referente a soldas não uniformes e de baixa padronização.

Outro ponto observado e muito importante foi o refluxo do processo, alguns itens após serem desenvolvidos no processo de solda e montagem e posterior pintura notou-se que muitas vezes esse item apresentava falhas ou falta de soldas em determinados locais, ou mesmo trincas de solda o que ligeiramente provem de dificuldade de regulagem e falta de conhecimento do operador.

4.2.2 Problemas encontrados no processo de soldas

Um dos problemas mais graves estudados no processo de soldagem da empresa foi de trincas em solda. Outro problema grave também era o excesso de

solda em alguns itens, o que resultava em excessivo processo de limpeza e rebarbamento nos processos posteriores.

Esse problema pode ser observado na Figura 14 com maior detalhe as setas vermelhas indicam o problema da falha:

Figura 14: Trinca de Solda



Fonte: Metalúrgica Viana

Ao estudarmos essa situação das trincas de solda observou que o conhecimento de cada colaborador de soldagem era limitado, uns apresentavam mais conhecimento em chapas grossas e outros em chapas finas, dessa maneira busca-se a disseminação desse conhecimento como um todo, para problemas assim não tornarem problemas de gravidade excessiva para a empresa.

Observou-se também o perfil do colaborador de solda na empresa Metalúrgica Viana, devido à mesma dispor de um mix grande de produtos, a necessidade por profissionais com grande experiência tanto em montagem quanto em solda é de extrema importância, dessa maneira observou também a deficiência

do mercado regional a dispor de mão de obra com tamanho potencial e qualificação, dessa maneira observa a grande importância de desenvolver processos mais eficientes e que se adéquem a realidade regional das metalúrgicas.

A empresa Metalúrgica Viana, não disponibiliza de qualificação de soldador ao ingresso desses profissionais ao seu quadro funcional, dessa maneira a aprendizagem se torna dificultosa, por apresentar um processo bastante complexo e dispor de grande mix de produtos, dessa maneira a empresa apresenta um alto fluxo de admissões e demissões e uma grande dificuldade em encontrar profissionais que atendam seus requisitos impostos.

4.2.3 Aparelhos de solda

Os aparelhos de soldar da empresa Metalúrgica Viana, têm diferentes anos de aquisição, alguns já apresentam mais de 10 anos de uso na empresa, e outros foram adquiridos recentemente.

Dessa maneira observou que a empresa nunca aferiu os aparelhos, ou seja, efetuou uma calibragem na voltagem e amperagem do mesmo, dessa maneira observa-se que para escalonar padrões entre aparelhos se torna dificultoso.

Os aparelhos utilizados na empresa são todos da marca ESAB, dois aparelho de 257 ampéres e quatro aparelhos de 318 ampéres.

A limpeza e manutenção de peças externas (tubos de contato ou conduíte) são realizadas pelos próprios colaboradores da empresa, e as manutenções internas como peças com defeito ou desgaste são efetuados por um técnico terceirizado.

A limpeza de poeira ou outros resíduos não é realizado periodicamente o que ocasiona um acúmulo muito grande de poeira e resíduos no aparelho de soldar, tanto externamente quanto internamente, ocasionando desgaste e danificando seu funcionamento.

4.2.4 Obstáculos a novos mercados

A necessidade da empresa em desenvolver a qualidade em seus processos de soldagem não é apenas um empecilho internamente de qualidade e para seus clientes há uma grande perda de oportunidades pela falta de EPS e controle de qualidade em seu processo.

Devido à empresa ter uma tradição no mercado da região e apresentar uma estabilidade a mais de 26 anos, torna-se um nome forte no mercado, tanto no ramo que atua quanto em novos nichos que possam ser desenvolvidos futuramente, como a terceirização de alguns itens ou produtos, mas devido à falta de qualificação em seu processo e a qualificação adequada de seus colaboradores deixa a empresa fora de alguns nichos de mercado que para a economia da Metalúrgica Viana seriam de extrema importância, dessa maneira avaliamos as perdas de oportunidade que a empresa sente por não ter um controle adequado da sua qualidade.

4.3 IMPLANTAÇÃO DO NOVO PROCEDIMENTO (EPS)

Nesse capítulo estão apresentados os dados obtidos com o estudo e a elaboração das EPS conforme as amostras realizadas na empresa Metalúrgica Viana.

4.3.1 Qualificação do equipamento

Um dos procedimentos importantes para o sucesso das EPS é a questão do aparelho de soldar, nesse processo a necessidade de limpeza periódicas do mesmo e manutenção é fundamental, visando sempre o melhor desempenho do mesmo e a maior vida útil de seus componentes.

Outro ponto fundamental para garantir as EPS consista na necessidade de aferir os equipamentos, proporcionar a calibragem de voltagem e amperagem adequadas e reais para todos os aparelhos da empresa, para a realização desse processo a empresa optou por terceirizar esse serviço com uma empresa qualificada e capacitada para o mesmo.

4.3.2 Qualificação do operador

Para obter sucesso com as EPS referente a busca da qualidade e padronização do processo, a qualificação do colaborador é fundamental, pois o mesmo precisa ter conhecimento referente a desenhos e símbolos de soldagem, conhecimento com regulagem do aparelho e experiência referente a soldagem.

A empresa se disponibiliza para o próximo semestre cursos qualificadores para todos os colaboradores atuantes na empresa e para os que irão ingressar posteriormente, de maneira a garantir a qualidade em seu processo, dessa forma os cursos serão disponibilizados por uma empresa ou por uma pessoa qualificada e capacitada para efetuar os treinamentos necessários a qualificação dos colaboradores.

Para o resultado dos testes que os colaboradores terão que realizar para comprovar a qualidade e capacidade dos mesmos é de 3 amostras, conforme foi estipulado nas EPS, dessa maneira essas amostras poderão comprovar a qualidade da solda dos soldadores e a capacidade de cada um.

Para atender o requisito das EPS será reavaliado periodicamente a condição de cada soldador da empresa, dessa maneira poderá ter o controle da qualidade e do aprendizado do mesmo, as amostras realizadas servirá como parâmetro, o tempo de cada reavaliação será de 1 ano.

4.3.3 Resultados obtidos dos corpos de prova

Após a preparação do material e o desenvolvimento dos testes de soldagem houve a coleta das informações e as mesmas transformadas em tabelas para desenvolver as EPS.

De forma a conseguir obter os melhores resultados dos corpos de prova foram realizados 3 amostras de cada material como foi distribuídos conforme a distribuição na Tabela 1 representado a seguir. Alguns materiais que a empresa utiliza são mesclados, ou seja, as espessuras variam em determinados produtos dessa forma optou-se por desenvolver os testes seguindo esses padrões de necessidade que a empresa apresenta atualmente, dessa maneira houve a seguinte divisão das amostras que consistem em 17 situações diferentes de combinações de material, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1: Especificação das amostras realizadas

Item	Material	Arame	Dimensão	Gás	Posição
1	1020	0.80	2.00 mm	Ar+O ₂	Topo
2	1020	0.80	2.65 mm	Ar+O ₂	Topo
3	1020	0.80	3.35 mm	Ar+O ₂	Topo

4	1020	0.80	2.00 mm + 2.65 mm	Ar+O ₂	Sobreposta
5	1020	0.80	2.65mm + 3.35 mm	Ar+O ₂	Sobreposta
6	1020	1.00	4.75 mm	Ar+O ₂	Topo
7	1020	1.00	6.45 mm	Ar+O ₂	Topo
8	1020	1.00	7.95 mm	Ar+O ₂	Topo
9	1020	1.00	9.75 mm	Ar+O ₂	Topo
10	1020	1.00	12.7 mm	Ar+O ₂	Topo
11	1020	1.00	3.35 mm + 4.75 mm	Ar+O ₂	Ângulo
12	1020	1.00	3.35 mm +6.45 mm	Ar+O ₂	Ângulo
13	1020	1.00	6.45 mm + 9.75 mm	Ar+O ₂	Ângulo
14	1020	1.00	4.75 mm + 7.95 mm	Ar+O ₂	Ângulo
15	1020	1.00	6.45 mm + 7.95 mm	Ar+O ₂	Ângulo
16	1020	1.00	7.95 mm + 12.7 mm	Ar+O ₂	Ângulo
17	1020	1.00	12.7 mm + 12.7 mm	Ar+O ₂	Ângulo

Os materiais utilizados para os corpos de prova apresentam uma classificação de (Classe I) conforme pode ser analisado na classificado na Tabela 2:

Tabela 2: Classificação dos materiais

Classificação	Materiais abrangentes	Norma
Classe I	AISI/SAE 1006; 1008; 1010; 1020; 1021	ABNT EB-255 CG-21
Classe II	ASTM A36; A53, GR.B; A106; A516	ABNT EB-593 LN-20, LNE-38
Classe III	ASTM A 242; A441; A588; A618	AISI/SAE 8620
Classe IV	ASTM A 572, 60,65; A 656, GR 60, 70 E 80	
Classe V	ASTM A514 E A517	

Fonte: Adaptado de AWS d1.1, 2001.

Dessa maneira pode ser observado que os materiais da (Classe I) são aços de baixa liga, o que tem uma empregabilidade de 100% no processo produtivo da empresa Metalúrgica Viana.

Dessa maneira observam-se os corpos de prova que foram realizados na empresa. Sendo assim a Figura 15 apresenta uma amostra dos testes realizados na empresa.

Figura 15: Corpos de prova



Como pode ser visto na Figura 15 os corpos de prova apresentaram continuidade de solda, sendo relevante o centro da peça soldada, conforme representado na figura.

4.3.4 Desenvolvimento da EPS

As EPS foram desenvolvidas após a análise dos corpos de prova dos materiais e os resultados obtidos podem ser avaliados na Tabela 3:

Tabela 3: Resultados dos corpos de prova

Item	Amperagem		Voltagem		Vel. Arame (m/s)		Gás (L/min)	Tempo (s/cm)	Regulagem			
									Leve	n°	pesada	n°
1	60	68	18	18	4,5	5,0	10,0	3,2	X	5		
2	105	115	18	19	7,0	8,0	10,0	2,7	X	8		
3	110	120	19	20	8,0	9,0	10,0	2,7	X	9		
4	115	125	20	22	9,0	10,0	10,0	2,4			X	1
5	160	170	22	22	11,0	12,0	10,0	2,8			X	2
6	220	235	23	24	11,0	12,0	10,0	2,5			X	4
7	250	260	24	26	13,0	13,5	11,0	1,9			X	5
8	245	265	26	27	12,0	13,0	11,0	2,0			X	6
9	265	276	26	27	15,0	15,5	12,0	3,4			X	6
10	270	285	28	29	17,0	18,0	12,0	3,3			X	7
11	195	200	20	22	9,5	10,0	10,0	3,7			X	2
12	215	230	22	23	11,5	12,0	12,0	3,0			X	3

13	258	270	28	29	15,0	16,0	12,0	2,8			X	7
14	220	235	23	25	12,0	12,5	12,0	2,9			X	4
15	235	245	25	26	13,0	13,5	12,0	2,8			X	5
16	300	315	30	31	18,5	19,0	12,0	3,0			X	8
17	290	315	32	34	19,0	19,0	12,0	3,1			X	9

Conforme pode ser observado na Tabela 3, podemos notar todas as regulagens realizadas em cada corpo de prova, os itens numerados de 1 à 17 representam as espessuras e as definições estipuladas na Tabela 1, dessa maneira podemos observar que as amperagens e voltagem são requisitos fundamentais, mas que a necessidade da opção de arame que deve ser empregada no processo também é um requisito muito importante.

A Tabela 3 ainda apresenta a disponibilidade de regulagem, como ela sendo dividida em dois momentos, solda leve e solda pesada, esse parâmetro é referente ao aparelho, pois nos aparelhos da empresa ESAB 318 apresentam a disponibilidade de soldar com solda leve e solda pesada, e a regulagem da potência é em número de 1 à 10.

Para entendimento melhor do equipamento utilizado nos testes pode ser expresso na Figura 16.

Figura 16: Aparelho utilizado nos testes



Fonte: Metalúrgica Viana

Os testes realizados com ataque químico e apresentaram as seguintes características, as mesmas serão requisito para as EPS da empresa Metalúrgica Viana, conforme se observa na Figura 17.

Figura 17: Amostras de corpos de prova em solda ângulo



A Figura 18 mostra os resultados obtidos em uma solda de topo, conforme os requisitos anteriores estipulados de parâmetros de solda, como podem ser observados na Figura 18:

Figura 18: Amostra de corpos de prova em solda topo



Os resultados obtidos na Figura 19 foram satisfatórios, apresentando uma boa penetração de solda e uma padronização do cordão, como podem ser

observados na Figura 19:

Figura 19: Amostra de corpo de prova



Ao ser avaliado essas imagens são possíveis constatar que as amostras e os parâmetros das EPS são adequados ao processo da empresa, pois apresentam resultados satisfatórios nos testes realizados.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Atualmente a busca por qualidade produtiva e procedimentos específicos para cada área ou empresa é bastante evidente, além de proporcionar ganho de mercado e de produtividade, essa busca torna-se constante nas organizações, dessa maneira os procedimentos internos das empresas são fundamentais para a competitividade e ganhos futuros, com essa visão esse trabalho buscou e desenvolveu procedimentos para a qualificação do processo de soldagem de uma empresa metalúrgica.

Esse estudo proporcionou conhecimentos tanto para a empresa quanto para o pesquisador, pois ao desenvolver e aplicar as EPS da empresa, pode-se observar que para manter a qualidade do processo são fundamentais outras condições, sendo elas:

- Qualificação dos colaboradores do processo de soldagem, elevando o conhecimento de simbologia de soldagem e de regulagem do aparelho;
- Manutenção de componentes e limpeza do aparelho;
- Certificação que o equipamento esteja aferido por um técnico ou empresa especializada;
- Reavaliação periódica do colaborador utilizando como padrão os corpos de prova.

A busca na literatura pela simbologia de soldagem foi fundamental, pois os colaboradores da empresa não apresentavam conhecimento algum referente à simbologia e sua empregabilidade, dessa maneira esse breve conhecimento proporcionou interação do literário com o fabril.

Para o desenvolvimento da qualificação dos colaboradores, a empresa não pode disponibilizar tempo e valores, devido o orçamento de investimentos da empresa não apresentar tais gastos para esse ano, mas devido o desenvolvimento desse trabalho e a necessidade de qualificar os colaboradores a empresa se disponibilizou a investir em treinamento e qualificação no primeiro semestre de 2014, dessa forma buscando um profissional ou empresa especializada para desenvolver a qualificação.

Para a calibragem dos aparelhos de soldagem a empresa irá buscar para o primeiro semestre de 2014 uma empresa especializada que possa garantir e aferir de maneira correta todos os aparelhos de soldagem da empresa e os manômetros

de gás de forma a garantir a padronização do processo, conforme requisitos da EPS.

As análises realizadas nesse estudo foram desenvolvidas de forma prática, e será realizado um procedimento do qual servirá para a qualificação dos colaboradores futuramente. Para adotar a qualificação da EPS são necessários a realização de 3 amostras de cada corpo de prova, de maneira a garantir a qualificação do soldador.

O teste realizado para avaliar os corpos de prova e garantir a especificação da EPS será padronizado para todos os processos de soldagem e consistem em tirar uma amostra do centro do corpo de prova, polir, com lixa de 200 a 1200 grãos, após esse processo deve ser feito o ataque químico para comprovar a qualidade e a padronização com as amostras da EPS.

O desenvolvimento das EPS foram importantes para a empresa, pois dessa forma foi desenvolvido procedimentos onde apresenta todas as regulagens necessárias e os padrões adotados para as amostras, tendo um requisito de arame de solda e de espessura de chapa, como pode ser avaliado no Apêndice A. Dessa forma pode ser observado que as EPS propostas e aplicadas na empresa satisfazem as necessidades da mesma e garantem a qualidade, levando em consideração que para um maior sucesso do estudo é fundamental realizar a qualificação dos colaboradores e aferir os equipamentos de soldagem.

Os ganhos da empresa com o desenvolvimento das EPS são significativos não apenas para os processos, mas para garantir sua qualidade, de maneira a desenvolver novos nichos de mercado, por apresentar uma fraqueza em relação ao mercado, o desenvolvimento desse estudo irá proporcionar vantagens competitivas para a empresa e a mesma poderá tomar maior proveito de sua capacidade e qualidade.

Sendo assim, esse trabalho por sua importância deixa aberto para novos estudos que se aplicam, proporcionando novas pesquisas futuramente, como em processos de certificação da qualidade, ganhos de mercado, ganhos com produtividade, entre outros.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, V. J.; **DESENVOLVIMENTO DE ENVELOPES OPERACIONAIS PARA PROCESSO MIG/MAG ROBOTIZADO COM DIFERENTES GASES DE PROTEÇÃO**. 2009. Dissertação (Mestre em Engenharia / Processo de Fabricação) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

ARMANDO. **VARIAÇÕES DE SOLDAS EM CHANFRO E SEUS SÍMBOLOS**. Disponível em: < <http://blogprofessorarmando.blogspot.com.br>>. Acesso em 20-10-2013.

AWS A2.4, Norma Técnica de 06 de novembro de 1997. Sociedade Americana de Soldagem. **Símbolos padronizados para soldagem, exame não destrutivo**. In: Flórida: Miami. Aprovado em 10 de setembro de 1999, p.109.

AWS d.1.1, Norma Técnica de 31 de agosto de 2001. Sociedade Americana de Soldagem. **Código de soldagem de aço estrutural**. In: Flórida: Miami. Aprovada em 31 de agosto de 2001, p. 502.

BRANDI, Sérgio D. **Classificação dos processos de soldagem**. WAINER, E. (Coord.); BRANDI, S. D. (Coord.); MELLO, F. D. H. (Coord.). **SOLDAGEM: PROCESSOS E METALURGIA**. 4ª Reimpressão. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 2004.

_____. **Processo TIG**. WAINER, E. (Coord.); BRANDI, S. D. (Coord.); MELLO, F. D. H. (Coord.). **SOLDAGEM: PROCESSOS E METALURGIA**. 4ª Reimpressão. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 2004.

DBC, Oxigênio, **Processo de soldagem TIG**. Disponível em: < <http://www.olhonaweb.net/soldagem-tig-para-profissionais/> >. Acesso em 10-07-2013.

FORTES, Cleber, **Soldagem MIG/MAG**. Revisado em 2005. Disponível em: < http://www.esab.com.br/br/por/Instrucao/biblioteca/upload/1901104rev0_ApostilaSoldagemMIGMAG.pdf >. Acesso em: 01-05-2013.

LAKATOS, Eva Maria.; MARCONI, Marina de Andrade. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 6ª edição. São Paulo: Atlas, 2009.

MARQUES, P. V.; MODENESI, P. J.; BRACARENSE, A. Q. **SOLDAGEM FUNDAMENTOS E TECNOLOGIA**. 3ª edição atualizada. Belo Horizonte: Editora UFMG 2009.

MODENESI, P. J.; **TERMINOLOGIA USUAL DE SOLDAGEM E SÍMBOLOS DE SOLDAGEM**. Belo Horizonte – MG, 2001. Disponível em: < <http://dc168.4shared.com/doc/sySCUDIw/preview.html> >. Acesso em 20-10-2013.

_____. **NORMAS E QUALIFICAÇÃO EM SOLDAGEM**. Belo Horizonte – MG, 2005. Disponível em < <http://demet.eng.ufmg.br/wp-content/uploads/2012/10/normasqualificacao.pdf> >. Acesso em 20-10-2013.


PÁDUA, Elisabete M. M. de. **Metodologia da Pesquisa: Abordagem Teórico-Prática**. 10ª edição. São Paulo: Papirus, 2004.

SEBRAE - Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. **Critérios de classificação de empresas: EI - ME – EPP**. Disponível em: <<http://www.sebrae-sc.com.br/leis/default.asp?vcdtexto=4154>>. Acesso em: 07 novembro. 2013.

TECCO, Durval T. **Processo de soldagem com eletrodo revestido**. WAINER, E. (Coord.); BRANDI, S. D. (Coord.); MELLO, F. D. H. (Coord.). **SOLDAGEM: PROCESSOS E METALURGIA**. 4ª Reimpressão. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 2004.

THIOLLENT, M. **Metodologia da Pesquisa-ação**. 14ª edição. São Paulo: Cortez Editora, 2005.

7 APÊNDICE A

		EPS - Especificação do Processo de Soldagem													
		Identificação - EPS 2013				Equipamento - Solda MIG/MAG				Ano: 2013		Responsável:		Aprovado:	
Requisito				Amperagem		Voltagem		Velocidade Arame (m/s)		Gás (L/min)	Tempo (s/cm)	Regulagem			
Itens	Arame	Dimensão	Posição									Leve	n°	Pesada	n°
1	0.80	2.00 mm	topo	60	68	17,7	18,1	4,5	5,0	10,0	3,2	X	5		
2	0.80	2.65 mm	topo	105	115	18,0	18,8	7,0	8,0	10,0	2,7	X	8		
3	0.80	3.35 mm	topo	110	120	19,4	20,2	8,0	9,0	10,0	2,7	X	9		
4	0.80	2.00 mm + 2.65 mm	sobreposta	115	125	20,0	21,5	9,0	10,0	10,0	2,4			X	1
5	0.80	2.65mm + 3.35 mm	sobreposta	160	170	21,5	22,0	11,0	12,0	10,0	2,8			X	2

Requisitos				Amperagem		Voltagem		Vel. Arame (m/s)		Gás (L/min)	Tempo (s/cm)	Regulagem			
Itens	Arame	Dimensão	Posição									Leve	n°	Pesada	n°
7	1.00	6.45 mm	topo	250	260	24	26	13,0	13,5	11,0	1,9			X	5
8	1.00	7.95 mm	topo	245	265	26	27	12,0	13,0	11,0	2,0			X	6
9	1.00	9.75 mm	topo	265	276	26	27	15,0	15,5	12,0	3,4			X	6
10	1.00	12.7 mm	topo	270	285	28	29	17,0	18,0	12,0	3,3			X	7

11	1.00	3.35 mm + 4.75 mm	ângulo	195	200	20	22	9,5	10,0	10,0	3,7			X	2
12	1.00	3.35 mm + 6.45 mm	ângulo	215	230	22	23	11,5	12,0	12,0	3,0			X	3
13	1.00	6.45 mm + 9.75 mm	ângulo	258	270	28	29	15,0	16,0	12,0	2,8			X	7
14	1.00	4.75 mm + 7.95 mm	ângulo	220	235	23	25	12,0	12,5	12,0	2,9			X	4
15	1.00	6.45 mm + 7.95 mm	ângulo	235	245	25	26	13,0	13,5	12,0	2,8			X	5
16	1.00	7.95 mm + 12.7 mm	ângulo	300	315	30	31	18,5	19,0	12,0	3,0			X	8
17	1.00	12.7 mm + 12.7 mm	ângulo	290	315	32	34	19,0	19,0	12,0	3,1			X	9

Obs.: Para os requisitos da EPS a importância a utilização do arame específico e da chapa específica é fundamental e deve ser observada
A tolerância aceitável em amperagem e voltagem é expressa de duas maneiras em seu mínimo e máximo valor
O tempo de solda é importante para definir a penetração de soldagem
O material que se referem as EPS consiste em Aço 1006 a Aço 1021 - não se aplicando a outros tipos de materiais

