

Luis Carlos Ataide Barbosa

**Estudo comparativo das propriedades de
juntas soldadas com o processo Eletrogás nos
aços AH-36 normalizado e EH-36 produzido
pelo processo TMCP.**

Monografia apresentada ao Programa de
Educação Continuada em Engenharia da Escola
Politécnica da Universidade São Paulo para
conclusão de curso de Especialização.

São Paulo

Maio/2015

Luis Carlos Ataide Barbosa

(Tecnólogo em Mecânica – Modalidade: Soldagem, Faculdade de
Tecnologia de São Paulo, 2010)

**Estudo comparativo das propriedades de
juntas soldadas com o processo Eletrogás nos
aços AH-36 normalizado e EH-36 produzido
pelo processo TMCP.**

Monografia apresentada ao Programa de
Educação Continuada em Engenharia da Escola
Politécnica da Universidade de São Paulo para
conclusão de curso de Especialização.

Área de Concentração: Engenharia da Soldagem

Orientador: Eng. Carlos Alberto Faggiani

São Paulo

Maio/2015

A Simplicidade é o último degrau da sabedoria.

Khail Gibran

DEDICATÓRIA

*A todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha
formação, o meu muito obrigado.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos os meus familiares, amigos, professores, colegas de trabalho e estudo.

CURRICULUM VITAE

Formação Acadêmica

UNIVESP – Universidade Virtual do Estado de São Paulo

Engenharia de Produção (conclusão prevista em junho de 2019)

Universidade de São Paulo – Escola Politécnica

PECE – Programa de Educação Continuada

Engenharia de Soldagem (conclusão prevista em maio/2015)

FATEC – Faculdade de Tecnologia de São Paulo

Graduação em Tecnologia de Soldagem – (conclusão em junho/2010)

Experiência Profissional

2014 - 2015

Lincoln Electric do Brasil

Multinacional de médio porte do segmento de consumíveis e equipamentos de solda.

Especialista em Aplicações – Segmentos: Transporte e Fabricação Pesada

- ✓ Qualificações de consumíveis, processos e fontes de soldagens em clientes.
- ✓ Melhorias em processos de soldagem.
- ✓ Atuação em processos mecanizados e robotizados.
- ✓ Visitas a clientes externos; suporte técnico; palestras realizadas pela empresa; suporte à vendas externas.
- ✓ Dimensionamento de equipamentos e consumíveis.

- ✓ Demonstrações de equipamentos e consumíveis.

2012 - 2013 **Lincoln Electric do Brasil**

Multinacional de médio porte do segmento de consumíveis e equipamentos de solda.

Coordenador Técnico de Distribuição

- ✓ Responsável por treinamentos para todos os distribuidores no território nacional;
- ✓ Visitas a clientes externos; suporte técnico; palestras realizadas pela empresa; suporte à vendas externas.
- ✓ Dimensionamento de equipamentos e consumíveis.
- ✓ Demonstrações de equipamentos e consumíveis.

2010 - 2012 **Lincoln Electric do Brasil**

Multinacional de médio porte do segmento de consumíveis e equipamentos de solda.

Coordenador do Centro Técnico

- ✓ Responsável pelo atendimento e recepção de clientes; demonstração de equipamentos e consumíveis.
- ✓ Visitas a clientes externos; suporte técnico; palestras realizadas pela empresa; suporte à vendas internas, externas e engenharia de aplicações.
- ✓ Treinamentos de soldadores; controle de qualificações de consumíveis; participações em feiras e eventos.

RESUMO

Realizar a soldagem de chapas navais, EH-36 e AH-36, com foco no aumento de produtividade, utilizando um processo de soldagem com alto aporte de calor, o Eletrogás. Para isso, é feito um comparativo entre os modos de fabricação das chapas, sendo o metal de base AH-36 produzido através de uma rota convencional, enquanto o EH-36 utilizado, produzido através da rota TMCP. O processo de fabricação de aços estruturais TMCP tem como objetivo alcançar o aumento de resistência mecânica do metal de base através do controle de resfriamento, modo de laminação e redução do carbono equivalente no metal de base. Para estas soldagens, foi utilizado o processo Eletrogás, que tem como característica a sua grande produtividade, uma vez que consegue realizar soldagens na posição vertical ascendente em chapas com grande espessura, em apenas um passe. Após a soldagem de ambos os corpos de prova, foi realizada uma avaliação de viabilidade do processo Eletrogás, utilizando como base: análises químicas, ensaios de impacto e micrografias.

Palavras chave: 1. Eletrogás; 2. Soldagem; 3. TMCP; 4. Naval

ABSTRACT

Welding on the naval plates EH-36 and AH-36, with focus on increased productivity, using a welding process with high heat input, the Electrogas. For that, is used a comparative analysis between the manufacturing methods of the plates, being the metal base AH-36 produced by a conventional route, while the EH-36 produced by the TMCP route. The manufacturing process of the structure steels TMCP aims to achieve an increase of the mechanical resistance through a cooling control, with lamination and reduction carbon equivalent in the base metal. For these welding types was used the Eletrogás process, which has as a characteristic its great productivity, since it can perform welding in the vertical position up in plates with great thickness, in just one pass. After welding both samples, was applied a viability assessment of the Electrogas process, considering chemical analysis, impact testing and micrographs.

Key Words: 1. Electrogas; 2. Welding; 3. TMCP; 4. Naval

LISTA DE FIGURAS

Figura 2. 1 - Partes de um navio cargueiro. [1]	2
Figura 2. 3 - Esquema básico da soldagem por resistência. [2]	4
Figura 2. 4 – Esquema básico MIG/MAG. [3]	5
Figura 2. 5 – Esquema básico do processo de soldagem Arco Submerso. [2] ..	6
Figura 2. 6 - Processo Eletrogás com utilização de gás de proteção. [5].....	9
Figura 2. 7 - Dispositivos para soldagem EGW. [5]	10
Figura 2. 8 - Tubo guia e revestimento. [2].....	12
Figura 2. 9 - Roletes tracionadores de arame. [6].....	13
Figura 2. 10 - Classificação do consumível para EGW conforme AWS. [5]	14
Figura 2. 11 - Influência da corrente no formato do cordão de solda. [5].....	15
Figura 2. 12 - Influência da tensão no formato do cordão de solda. [5]	16
Figura 2. 13 - Processo de soldagem com arame tubular autoprottegido. [7] .	17
Figura 2. 14 - Diagrama Fe-C [8].....	20
Figura 2. 15 - Fluxograma de usina integrada. [8]	21
Figura 2. 16 - Fluxo de fabricação do aço líquido. [10].....	22
Figura 2. 17 - Material sendo laminado [8].....	23
Figura 2. 18 - Esquema CLC. [10].....	27
Figura 2. 19 - Conceito de micro estrutura do processo TMCP. [10].....	28
Figura 2. 20 - Comparativo entre micro estruturas convencional e TMCP. [10]	
.....	29
Figura 2. 21 - Fórmula do Carbono Equivalente IIW [15]	30

Figura 2. 22 - Comparativo entre o CE e LR de diferentes maneiras de laminações. [10]	31
Figura 4. 1 - Preparação dos corpos de prova com oxi-corte.	35
Figura 4. 2 - Dispositivo de deslocamento uniforme realizado cortes para a fabricação do corpos de prova.....	35
Figura 4. 3 - Formato das juntas a serem soldadas pelo processo EGW.	36
Figura 4. 8 - Corpo de prova soldado com EGW.	38
Figura 4. 9 - Visão aproximada do corpo de prova soldado com EGW.	38
Figura 4. 10 - Cordão de solda feito em EGW após limpeza.....	39
Figura 4. 11 - Material após lixamento para análise química.....	40
Figura 4. 12 - Material durante análise química.	41
Figura 5. 1 - Macrografia realizada em junta soldada com aço AH-36, em destaque as regiões com objetivo de análise: ZAC, MB e MS.....	43
Figura 5. 2 - Microestrutura no centro do cordão de solda em junta soldada com aço AH-36, com aumento em 50X. Ataque: Nital 2%.....	44
Figura 5. 3 - Microestrutura fora do cordão de solda em junta soldada com aço AH-36, com aumento 50x. Ataque Nital 2%.	44
Figura 5. 4 - Microestrutura em junta soldada com aço AH-36, podemos observar ferrita de contorno de grão e inclusão de escória, aumento utilizado de 200x. Ataque: Nital 2%.	45

Figura 5. 5 - Microestrutura em junta soldada com aço AH-36, podemos observar ferrita de contorno de grão, ferrita acicular, ferrita que propaga a partir da inclusão de escória, aumento utilizado de 500x. Ataque: Nital 2%. ..	45
Figura 5. 6 - Microestrutura na transição do MS para a ZAC em metal de base AH-36. Aumento 100x. Ataque: Nital 2%.	46
Figura 5. 7 - Microestrutura mostrando ferrita de contorno de grão em metal de base AH-36. Aumento 200x. Ataque: Nital 2%.....	46
Figura 5. 8 - Microestrutura mostrando ferrita poligonal em metal de base AH-36. 200 x. Ataque: Nital 2%.....	47
Figura 5. 9 - Microestrutura mostrando ferrita e perlita no metal de base AH-36 na ZAC. Aumento 500x. Ataque: Nital 2%.....	47
Figura 5. 10 - Microestrutura mostrando perlita no metal de base AH-36 na ZAC. 1000x. Ataque: Nital 2%.....	48
Figura 5. 11 - Macrografia realizada em junta soldada com aço EH-36, em destaque as regiões com objetivo de análise: ZAC, MB e MS.	49
Figura 5. 12 - Microestrutura mostrando o centro do cordão de solda em metal de base EH-36. 50x. Ataque: Nital 2%.....	50
Figura 5. 13 - Microestrutura mostrando a extremidade do cordão de solda em metal de base EH-36. Ressaltando a diferença do tamanho dos grãos da austenita, quando comparado com a figura 5.11. 50x. Ataque: Nital 2%.	50
Figura 5. 14 - Microestrutura mostrando ferrita de contorno de grão MS do cordão de solda em metal de base EH-36. 200x. Ataque: Nital 2%.....	51

Figura 5. 15 - Microestrutura mostrando a presença de ferrita acicular, ferrita de contorno de grão e inclusão de escória em metal de base EH-36. 500x. Ataque: Nital 2%.....	51
Figura 5. 16 - Microestrutura mostrando a divisão entre o cordão de solda e a ZAC com GG em metal de base EH-36. 100x. Ataque: Nital 2%.....	52
Figura 5. 17 - Microestrutura mostrando a ZAC com ferrita de contorno de grão metal de base EH-36. 200x. Ataque: Nital 2%.....	52
Figura 5. 18 - Microestrutura mostrando a presença de perlita na ZAC em metal de base EH-36. 100x. Ataque: Nital 2%.....	53
Figura 5. 19 - Microestrutura mostrando a presença de ferrita poligonal na ZAC em metal de base EH-36. 200x. Ataque: Nital 2%,	53
Figura 5. 20 - Microestrutura mostrando ferrita e perlita na ZAC em metal de base EH-36. 500x. Ataque: Nital 2%.....	54
Figura 5. 21 - Microestrutura mostrando a presença de perlita na ZAC em metal de base EH-36. 1000x. Ataque: Nital 2%.....	54

LISTA DE TABELAS

Tabela 2. 1 - Aços navais relacionados e valores de resistência mecânica.	25
Tabela 2. 2 - Comparativo entre C.E., Resistência e Soldabilidade de Aços Convencionais e Aços TMCP.	31
Tabela 2. 3 - Soldabilidade dos Aços.....	32
Tabela 2. 4 - Comparativo entre as composições químicas dos aços EH-36 convencionas e TMCP retiradas de dados de catálogos.	33
Tabela 5. 1 – Comparação das analyses químicas dos metais de base com a norma ABS.....	56
Tabela 5. 2 – Análises químicas dos metais de solda do EH-36.....	57
Tabela 5. 3 – Análises químicas dos metais de solda do AH-36.....	58

LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS E ABREVIATURAS

MIG:	Metal Inert Gas
MAG:	Metal Active Gas
GMAW:	Gas Metal Arc Welding
SMAW:	Shield Metal Arc Welding
EGW:	Electro Gas Welding
ESW:	Electro Slag Welding
AWS:	American Welding Society
FCAW:	Flux Cored Arc Welding
FCAW-G:	Flux Cored Arc Welding – Gas
FCAW-S:	Flux Cored Arc Welding – Self
ABS:	American Bureau of Shipping
BV:	Bureau Veritas
LR:	Lloyd's Register
GL:	Germanischer Lloyd
DNV:	Det Norsk Veritas
CLC:	Continuous on Line Control
TMCP:	Thermo-Mechanical Controlled Process
ZAC:	Zona Afetada pelo Calor

IIW:	International Institute of Welding
CE:	Carbono Equivalente
MB:	Metal Base
MS:	Metal de Solda
LE:	Limite de Escoamento
LR:	Limite de Resistência à Tração

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA.....	ii
AGRADECIMENTOS	iii
CURRICULUM VITAE.....	iv
RESUMO	vi
ABSTRACT	vii
LISTA DE FIGURAS.....	viii
LISTA DE TABELAS.....	xi
SUMÁRIO.....	xiii
1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA.....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	2
2.1. fabricação naval	2
2.1.1 introdução ao segmento naval.....	2
2.1.2 fabricação naval.	3
2.1.2.1 PARTES ESTRUTURAIS.	3
2.1.2.2 CHAPAS.	3
2.1.2.3 UNIÃO DAS PEÇAS DE FABRICAÇÃO.....	3
2.1.2.4 REQUISITOS.	6
2.2 processo de soldagem: eletrogás.....	6
2.2.1 introdução ao processo.....	6
2.2.2 fundamentos do processo.	7
2.2.3 Equipamentos.	9

2.2.3.1 FONTE DE SOLDAGEM.	9
2.2.3.2 ALIMENTADOR DE ARAME.	10
2.2.4 Dispositivos.....	10
2.2.4.1 SAPATAS.....	11
2.2.4.2 TUBO GUIA	11
2.2.5 VARIÁVEIS DO PROCESSO.....	13
2.2.5.1 ARAMES.....	13
2.2.5.2 CORRENTE.....	14
2.2.5.3 TENSÃO	15
2.3 Arame tubulares autoprotégidos.	16
2.3.1 Introdução.	16
2.3.2 Arames Tubulares.....	18
2.3.3 Arames Tubulares Autoprotégidos - Vantagens.....	18
2.3.4 Arames Tubulares autoprotégidos - classificações.....	18
2.4 Fabricação dos aços.....	19
2.4.1 etapas do processo de fabricação.	21
2.4.1.a Convertedor LD.	21
Para a obtenção da composição química ideal, o ferro gusa é carregado no	
conversor LD onde se injeta oxigênio.	
2.4.1.b Forno-panela.....	22
2.4.1.c Lingotamento contínuo.....	22
2.4.1.d Laminação.	23
2.5 Classificações dos Aços navais.	24
2.6 Laminação controlada com resfriamento acelerado.	26

2.5.1 história aços TMCP.	26
2.5.2 conceito dos aços tmcp.....	27
2.5.3 Micro estrutura em aços tmcp.	28
2.5.4 carbono equivalente.....	29
2.5.5 Composição química.	31
3. OBJETIVOS.....	33
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	35
4.1 preparação dos corpos de prova.....	35
4.2 equipamento de soldagem.	36
4.3 Consumível para soldagem.....	37
4.3 Soldagem.....	37
4.4 Ensaios.	39
4.4.1 ENSAIO DE IMPACTO.	40
É um ensaio para estudo de fratura frágil, este é um ensaio padronizado e deve ser feito de acordo com normas específicas.	40
4.4.2 ANÁLISE QUÍMICA DO METAL DE BASE E METAL DE SOLDA.....	40
4.4.2 CARACTERIZAÇÃO METALOGRÁFICA.....	41
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.	43
5.1 Análises das microestruturas.	43
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:	61
ANEXO I – Certificado – EH-36.....	63
ANEXO II – Ensaio de Impacto	65

1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA.

Em 2012, os governos do Brasil e Japão assinaram um acordo que prevê a transferência de tecnologia entre os dois países na área naval.

O memorando, com validade prevista de cinco anos, é parte do esforço brasileiro para importar e desenvolver tecnologia em um setor que deverá passar por grandes transformações com o início da exploração da camada de petróleo do pré-sal, e com isso cada vez mais será necessário o domínio na fabricação naval, tanto para dar suporte para a demanda nacional, quanto para expandir este mercado através de exportações.

Este trabalho realizará um estudo comparativo entre a utilização de aços com classificações navais, EH-36 e AH-36, produzidos por rotas de fabricações diferentes, para realizar a verificação dos comportamentos de ambos os aços após a soldagem com um processo que possui como característica um alto aporte de calor, o eletrogás.

Esta análise se justifica devido à expansão da fabricação naval no Brasil e com isso gera-se cada vez mais a necessidade de se trabalhar com processos de soldagem cada vez mais produtivos, porém garantindo as propriedades mecânicas do metal de base, conforme as normas navais.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.

2.1. FABRICAÇÃO NAVAL

2.1.1 INTRODUÇÃO AO SEGMENTO NAVAL.

Uma embarcação é pode ser fabricada a partir de madeira, aço ou da combinação deste ou outros materiais. Esta tem como função flutuar e transportar pessoas ou mercadorias.

Uma embarcação é composta por diversas partes como; casco, proa, popa e outras cada uma com características e funções diferentes e bem definidas.

Podemos observar algumas destas partes na figura 2. 1. [1]

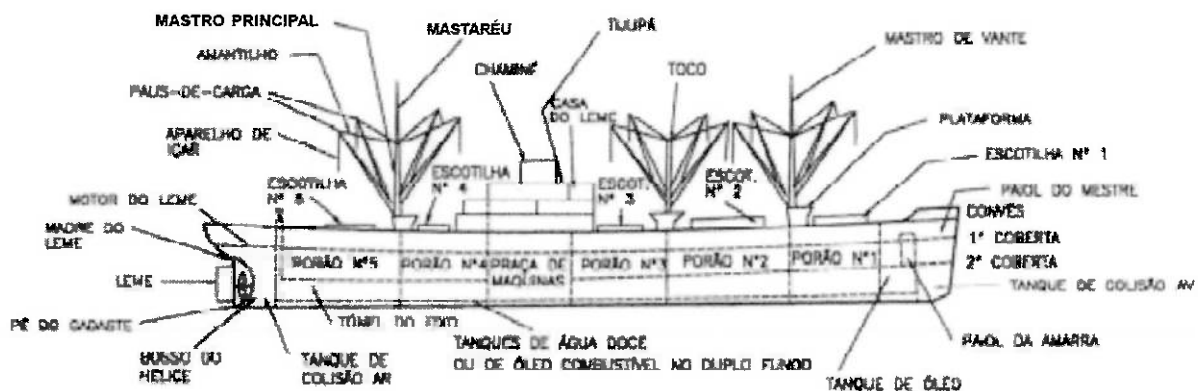


Figura 2. 1 - Partes de um navio cargueiro. [1]

2.1.2 FABRICAÇÃO NAVAL.

2.1.2.1 PARTES ESTRUTURAIS.

As dimensões dos aços que vão das siderúrgicas para os estaleiros são padronizadas atualmente. Estes materiais são divididos em diversas formas e tamanhos para dinamizar a fabricação da embarcação, permitindo assim que com o menor peso possível o material pode suportar os esforços na qual será submetido. [1]

2.1.2.2 CHAPAS.

As chapas são peças retangulares onde a espessura é considerada pequena quando comparada com o seu comprimento.

Normalmente utilizam-se chapas com espessura entre 4,76 mm a 380 mm em toda fabricação de navios. [1]

Para diminuir a quantidade de emendas e o tempo de fabricação das embarcações, utilizam-se chapas com as maiores dimensões possíveis.

1. Para chapas de espessura até 4,76 mm = 6.000 x 1.500 mm
2. Para chapas com espessura superior a 4,76 mm = 6.000 x 2.440 mm

2.1.2.3 UNIÃO DAS PEÇAS DE FABRICAÇÃO.

As juntas feitas na fabricação naval dividem-se em; [1]

- Juntas permanentes: Soldagem, cravação, pressão e etc.

- Juntas temporárias: Parafusos, pinos e chavetas.

A soldagem é utilizada em juntas permanentes para realizar a união de um ou mais materiais, o resultado da soldagem é a solda. [2]

Quando se utiliza soldagem por pressão, a principal técnica utilizada é a soldagem por resistência, quando a união entre as peças é realizada pela a geração de calor realizada pela a passagem de uma corrente elétrica. Essa técnica é principalmente utilizada para a soldagem de chapas finas e tubos. Podemos observar um esquema básico deste processo na figura 2. 3. [2;1]

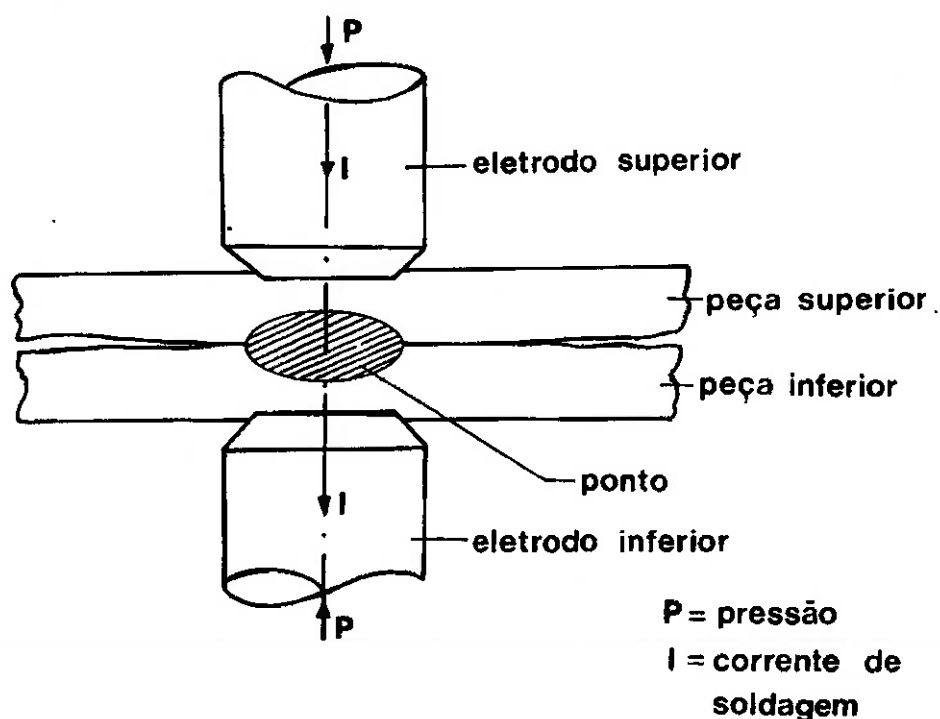


Figura 2. 2 - Esquema básico da soldagem por resistência. [2]

Outra técnica bastante utilizada para realizar a união de materiais na área naval é a por fusão, realizando esta fusão por meio de chama ou arco

elétrico, juntamente com adição de um consumível, dentre estas técnicas destacam-se; a soldagem por chama, o eletrodo revestido, o arame tubular, o eletrogás, o eletroescória e o MIG/MAG. [1]

Podemos observar nas figuras 2. 4, e 2. 5.

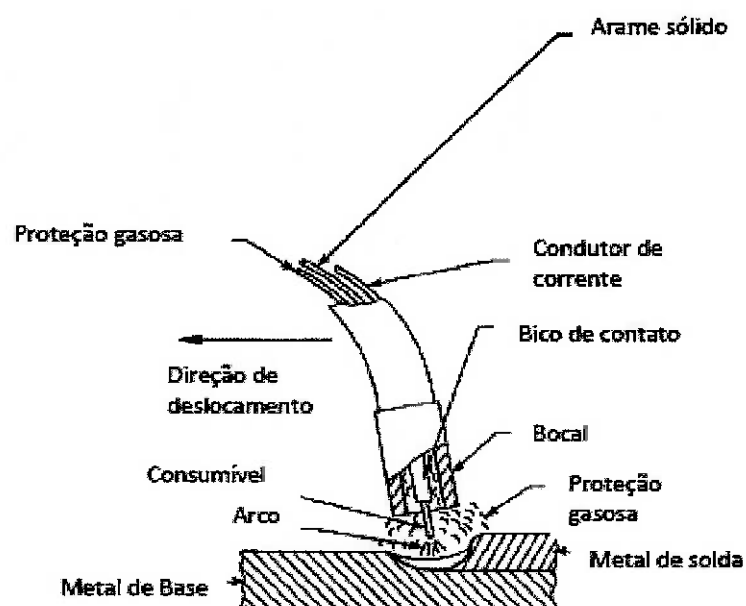


Figura 2. 3 – Esquema básico MIG/MAG. [3]

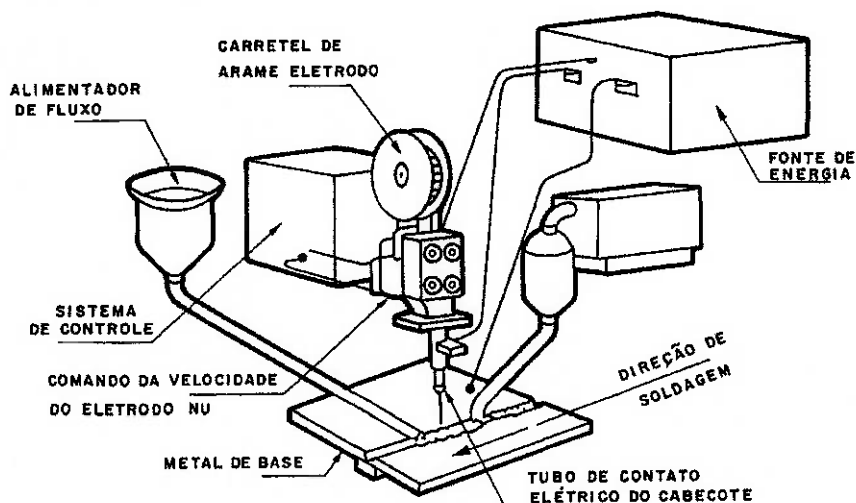


Figura 2. 4 – Esquema básico do processo de soldagem Arco Submerso. [2]

2.1.2.4 REQUISITOS.

Alguns requisitos são essenciais para a qualidade de uma embarcação são eles;

1. Solidez: Capacidade de suportar todos os esforços mecânicos a que será submetido.
2. Estanqueidade: Garantir a não invasão por água.
3. Flutuabilidade: Manter-se na superfície. [1]

2.2 PROCESSO DE SOLDAGEM: ELETROGÁS.

2.2.1 INTRODUÇÃO AO PROCESSO.

Até aproximadamente a metade da década de 90, praticamente todas as soldagens realizadas na posição vertical eram feitas por processos manuais ou

semiautomáticos: eletrodo revestido (SMAW) ou MIG/MAG (GMAW), sendo assim, existia uma grande necessidade de um processo de soldagem com alta taxa de deposição e que pudesse dinamizar projetos que necessitassem de soldagens em chapas finas na posição vertical. No início da década de 1950 no Instituto de Soldagem Elétrica E. O... Paton, em Kiev, na URSS, iniciou-se os primeiros estudos e aplicações referentes ao processo eletroescória. Em 1961, exatamente um laboratório que realizava estudos sobre eletroescória, realizou-se a primeira solda com o processo eletrogás, utilizando um equipamento dedicado para eletroescória modificado para uma alimentação auxiliar de gás de proteção, com arame tubular em uma chapa de 13 mm. É importante salientar que apesar dos processos eletrogás (EGW) e eletroescória (ESW), serem muito similares com relação a suas aplicações, equipamentos, tipos de juntas e etc. a principal diferença entre eles está na característica da fusão relacionada a cada processo, enquanto o eletroescória apresenta arco elétrico apenas para o início de sua soldagem e posteriormente da continuidade na soldagem através do efeito Joule, já o processo eletrogás obtém arco elétrico durante todo o processo de soldagem, sendo assim, se assemelhando bastante do processo MIG/MAG também. [2, 3, 4]

2.2.2 FUNDAMENTOS DO PROCESSO.

O processo de soldagem eletrogás é direcionado principalmente a aplicações na posição vertical e em chapas com espessuras inferiores a 50 mm.

Podendo ser utilizado normalmente em juntas de topo com mínima preparação de chanfro ou com chanfros em "V" ou "U". [4, 5]

As soldagens pelo processo eletrogás são realizadas em um único passe e possuem uma grande vantagem com relação ao processo eletroesófia, pois o processo pode ser interrompido a qualquer momento e ser reiniciado sem grandes dificuldades. [4]

O processo eletrogás pode ser utilizado com ou sem a presença de uma alimentação de gás externa, utilizando arame sólido ou tubular. Com relação ao gás de proteção, é comum se utilizar CO_2 ou uma mistura de Ar + CO_2 , esta variação irá principalmente influenciar na estabilidade do arco elétrico e também nas propriedades do metal de solda, maiores quantidades de Argônio, entre 75 a 80%, ajudará nesta maior estabilidade de arco. [5]

Quando se utiliza arame tubular, este eliminará a necessidade de uma fonte auxiliar de gás, pois elementos presentes em seu fluxo interno farão a proteção da poça de fusão durante todo o processo de soldagem. [2]

Abaixo podemos observar na figura 2. 6 com uma configuração básica de uma junta para eletrogás. [4]

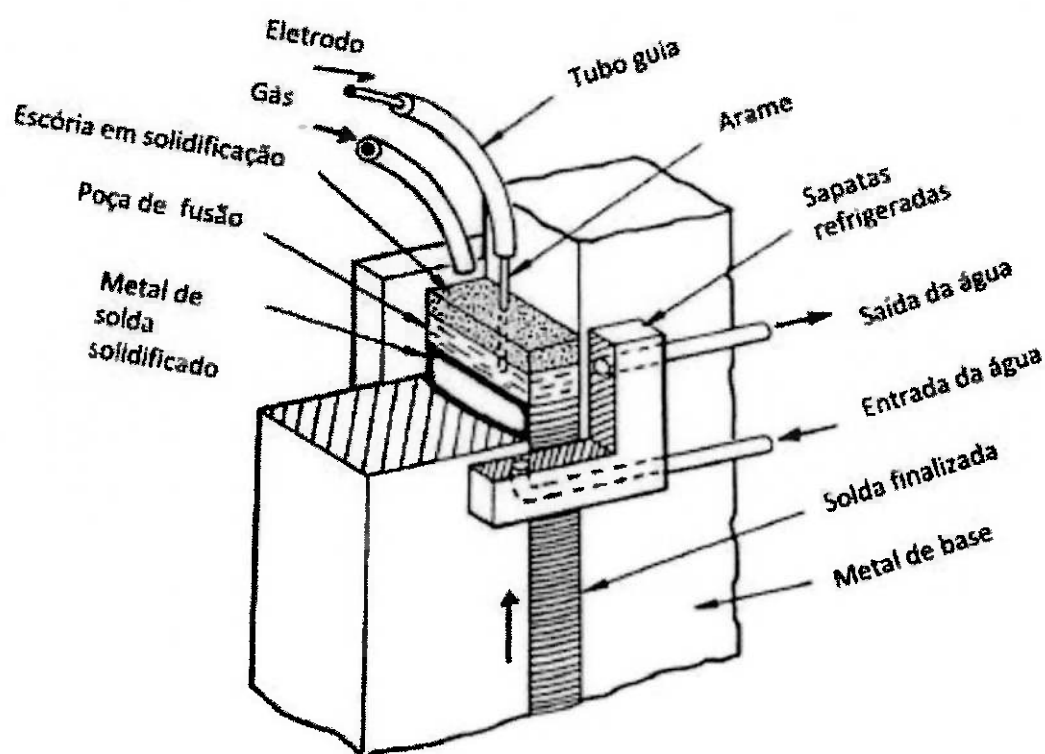


Figura 2. 5 - Processo Eletrogás com utilização de gás de proteção. [5]

2.2.3 EQUIPAMENTOS.

2.2.3.1 FONTE DE SOLDAGEM.

O processo de soldagem eletrogás utiliza fontes de soldagem robustas devido a suas altas correntes e ao grande tempo de duração de cada soldagem, normalmente fontes de 750 a 1000A a 100% e 30 a 55V de ciclo de trabalho. As fontes de soldagem costumam ser do tipo corrente constante ou tensão constante soldando na polaridade reversa. [2, 5]

2.2.3.2 ALIMENTADOR DE ARAME.

Utiliza-se alimentadores de arame automáticos, comum aos processos MIG/MAG e Arame Tubular para realizar a alimentação do arame no processo Eletrogás, este alimentador é conectado a um manipulador que se deslocará verticalmente conforme a realização da soldagem. [5]

2.2.4 DISPOSITIVOS.

Diversos dispositivos são necessários para que se alcance um bom resultado durante a soldagem com o processo eletrogás, de acordo com a figura 2. 7.

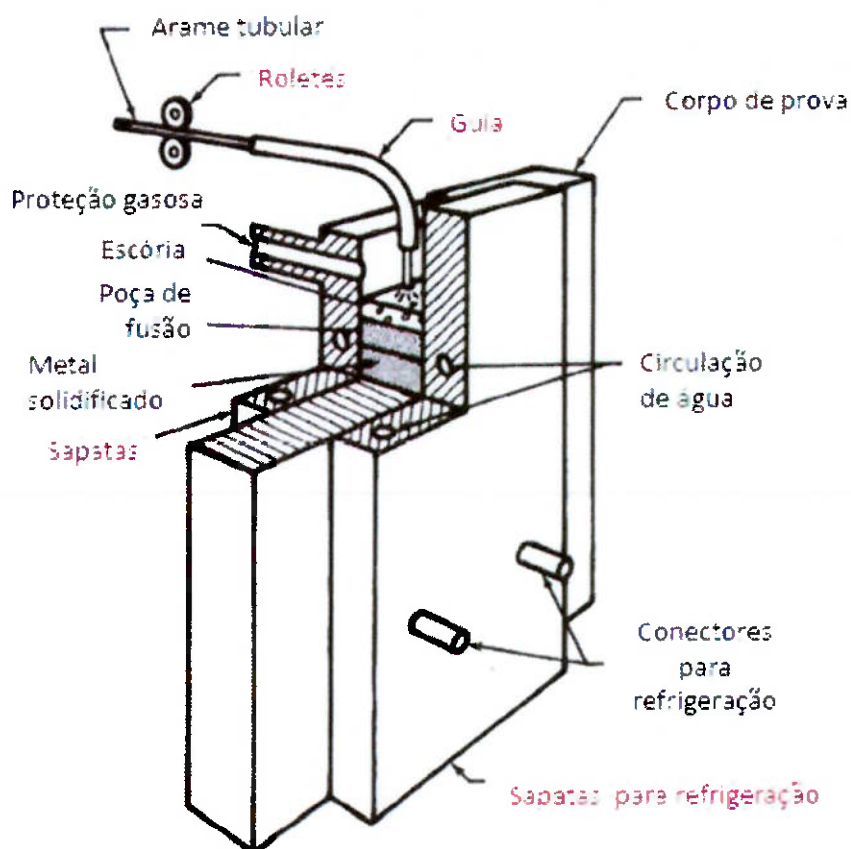


Figura 2. 6 - Dispositivos para soldagem EGW. [5]

2.2.4.1 SAPATAS

Por se tratar de uma soldagem na posição vertical e devido ao volume de solda, sapatas de cobre deverão ser utilizadas durante a soldagem pelo processo eletrogás. Estas sapatas terão a importante função de evitar que o material escorra e lhe darão um formato final ao cordão de solda. Além de serem sapatas de cobre, uma refrigeração à água faz-se necessária em toda a sapata devido às altas temperaturas alcançadas na poça de fusão durante a soldagem. [5]

2.2.4.2 TUBO GUIA

Existem dois tipos principais de tubos guias para soldagem com eletrogás; o tubo guia convencional e o tubo guia consumível. [2]

O tubo guia tem como função direcionar o arame dos roletes de tracionamento até a poça de fusão e também servir como contato elétrico para o arame de solda. [2]

O tubo guia convencional é composto por materiais que aumentam sua vida útil, principalmente referente á alta temperatura. Este tipo de tubo guia pode ser reutilizado diversas vezes, dependendo do seu estado físico. [2]

Enquanto isso, o tubo guia consumível, faz todas as funções do tubo guia convencional, porém ele também é consumido durante a soldagem e por isso dever ser fabricado em material compatível com o metal de base. O formato do tubo guia e o seu revestimento pode ser observado na figura 2. 8. [2]

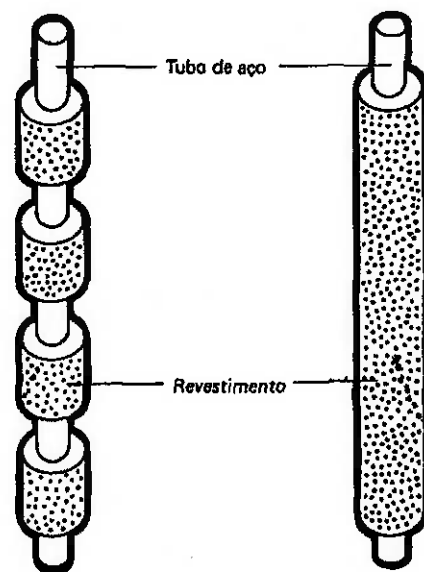


Figura 2. 7 - Tubo guia e revestimento. [2]

2.2.4.3 ROLDANAS

A utilização de roldanas adequadas para qualquer processo de soldagem é fundamental quando se trata processos semiautomáticos, automatizados e robotizados, com isso, como existem variações do processo EGW com relação à estrutura do arame, sólido ou tubular, deve-se observar este detalhe para que seja feito o dimensionamento correto das roldanas. [4]

Roldanas lisas em formato de "V" são indicadas para soldagem com arame sólido e roldanas recartilhadas é a melhor opção quando se utiliza arames tubulares. Esta diferença pode ser observada na figura 2. 9. [4]

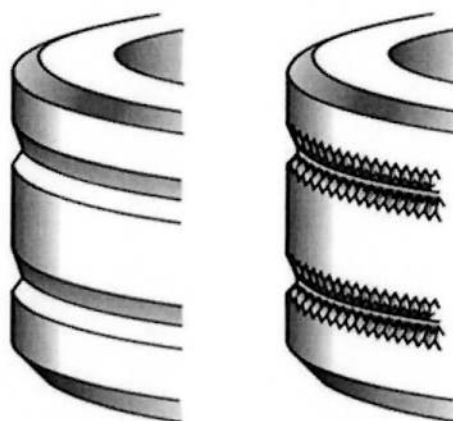


Figura 2. 8 - Roletes tracionadores de arame. [6]

2.2.5 VARIÁVEIS DO PROCESSO.

2.2.5.1 ARAMES.

Dentro do processo Eletrogás existem duas variações tipos de arames possíveis de serem utilizados, são eles; sólidos e tubulares.

A utilização de arames sólidos sempre é realizada com a presença de um gás de proteção, podendo ser este gás CO_2 ou uma mistura de CO_2 com Ar. Pode-se utilizar tanto um ou dois arames simultâneos com este tipo de arame. Este tipo de soldagem apresenta uma pequena quantidade escórias, dependendo para preparação da peça. Normalmente utilizam-se diâmetros de 0,8 mm a 3,2 mm.

Os arames tubulares utilizados no processo Eletrogás, normalmente dispensam a utilização de proteção, por se tratarem de arames autoprotégidos. Dependendo do tipo de material a ser soldado, a utilização da proteção gasosa por ser requerida. Em ambos os casos, com ou sem proteção gasosa, ocorrerá a formação de escória em todo o cordão de solda, decorrente de elementos

formadores de escória presentes internamente no arame. Os diâmetros de arames tubulares mais comuns neste processo são de 1,6 mm a 3,2 mm.

Podemos observar a classificação dos arames para EGW, conforme AWS na figura 2. 10. [2, 5]

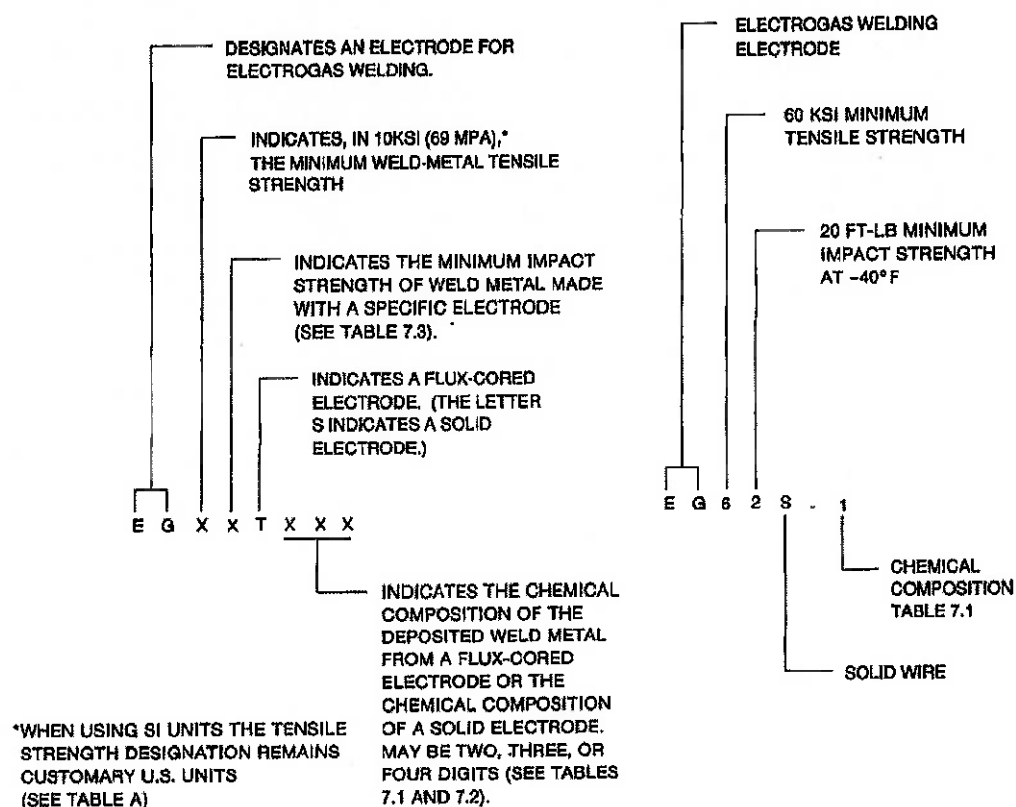


Figura 2. 9 - Classificação do consumível para EGW conforme AWS. [5]

2.2.5.2 CORRENTE

A corrente de soldagem e a velocidade de alimentação de arame são diretamente proporcionais, com isso, quanto maior a velocidade de arame, obteremos uma maior taxa de deposição, velocidade de deslocamento e penetração. Para alcançar uma maior taxa deposição pode-se optar em

aumentar a velocidade de alimentação do arame, aumentar o diâmetro do arame ou aumentar a distancia entre o bico de contato e a peça a ser soldada.

A corrente pode alterar completamente a morfologia do cordão de solda, pois baixos valores de corrente resultam em largos cordões, enquanto altos valores de corrente resultam e grande penetração. Isso pode ser observado na figura 2. 11. [5]

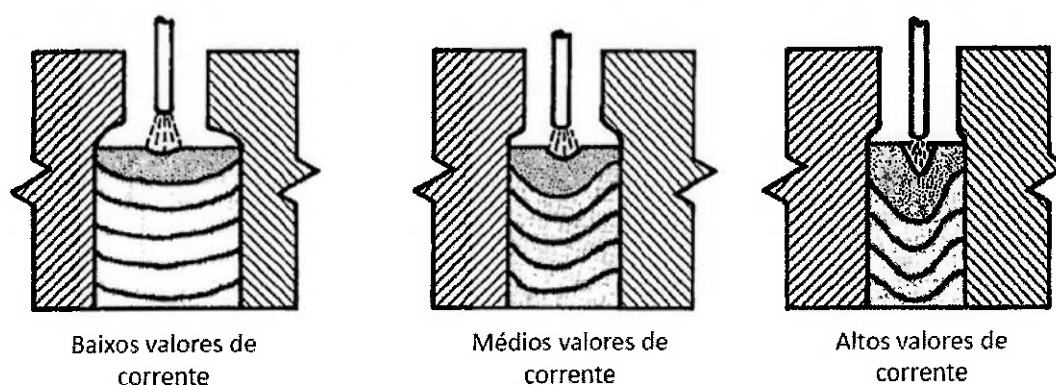


Figura 2. 10 - Influência da corrente no formato do cordão de solda. [5]

2.2.5.3 TENSÃO

Normalmente utiliza-se de 30 a 35 Volts para soldagem pelo processo EGW. Quanto maior a espessura da chapa a ser soldada, será necessário o aumento da tensão. A tensão é responsável pela fusão lateral durante a soldagem, isso pode ser observado na figura 2. 12. [5]

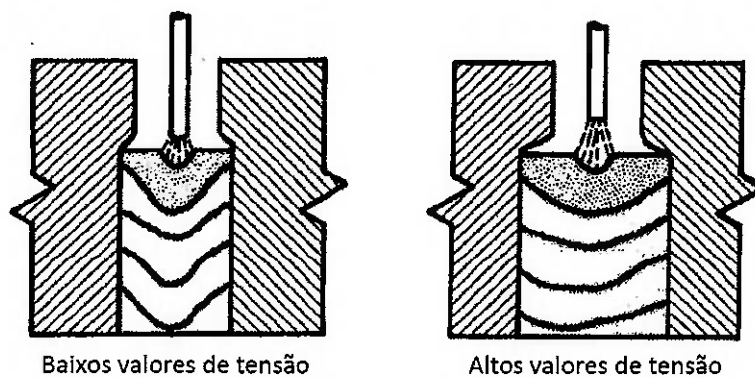


Figura 2. 11 - Influência da tensão no formato do cordão de solda. [5]

2.3 ARAME TUBULARES AUTOPROTEGIDOS.

2.3.1 INTRODUÇÃO.

O principal fundamento da soldagem é que o aço elétrico e a poça de fusão devem ser protegidos da exposição á atmosfera. Caso o contrário, o nitrogênio e o oxigênio (aproximadamente 99% dos elementos presentes no ar atmosférico) reagirão com o arco e serão absorvidos no metal derretido. O resultado desta absorção será que estes gases não conseguiram voltar para atmosfera antes da solidificação da poça de fusão e com gerarão porosidade no metal de solda e isso diminuirá significamente as propriedades mecânicas do material. [6]

Para alcançar a proteção desejada referente aos gases atmosféricos, os processos de soldagem utilizam um sistema de escória e/ou um sistema de gaseificação externo. [6]

Através do sistema de escória, os elementos dentro dos consumíveis reagem com o ar, e produzem seu próprio gás protetor e criando uma escória

protetora na superfície do cordão de solda. Este modo é muito menos sensível a interferências como o vento, ventiladores e etc. Na figura 2. 13 podemos observar a geração de gases e escória durante a soldagem com um arame autoprotegido. [6]

Já com relação ao outro sistema de proteção que utiliza gás externo, o gás é injetado durante a soldagem por meio de cilindros ou tubulações de gás e funciona como uma barreira protetora. Este ambiente do gás melhora geralmente as características do arco e a qualidade referente a acabamento da soldagem como, menor incidência de respingos, arco mais estável e etc. Porém estes processos são menos sensíveis a interferências externas. [6]

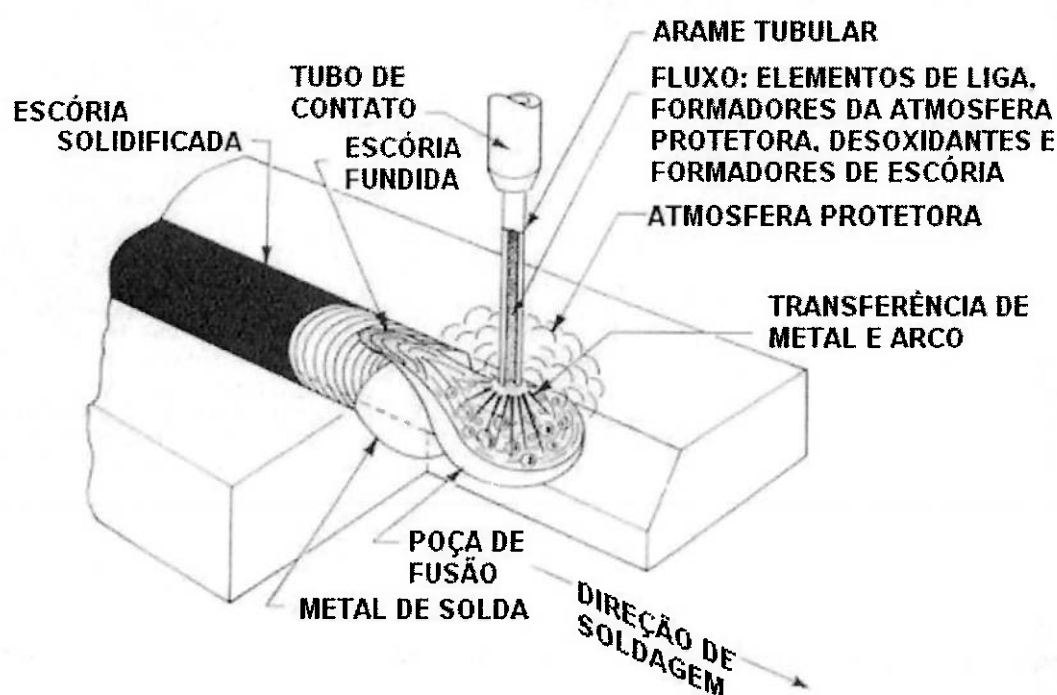


Figura 2. 12 - Processo de soldagem com arame tubular autoprotegido. [7]

2.3.2 ARAMES TUBULARES.

O processo de soldagem Arame tubular, *Flux Cored Arc Welding (FCAW)* é conhecido por não utilizar um arame sólido e sim tubular e com fluxo interno. Este processo é dividido em dois subgrupos, um com utilização de proteção gasosa externa, o *Gas-Shielded Flux Cored Arc Welding (FCAW-G)* ou Arame tubular autoprotegido e o arame tubular sem proteção gasosa externa, o *Self-Shielded Flux-Cored Arc Welding (FCAW-S)*. [6]

2.3.3 ARAMES TUBULARES AUTOPROTEGIDOS - VANTAGENS

Algumas vantagens são observadas ao se utilizar o processo de soldagem com arames tubulares autoprotegidos, algumas delas são contempladas a seguir e devem ser relevantes no momento de se optar pela utilização deste processo: [6]

- Nenhum gás para proteção externa é requerido.
- Propriedades mecânicas boas.
- Alguns arames são capazes de soldar em todas as posições.
- Pode ser usado em velocidades de vento de até 30 mph sem perder propriedades mecânicas.
- Mais tolerante a oxidações.

2.3.4 ARAMES TUBULARES AUTOPROTEGIDOS - CLASSIFICAÇÕES.

Os Arames Tubulares são classificados pela instituição *Americana AWS – American Welding Society* AWS A5.20/A5.20M, destinada a classificar arames

tubulares para aço carbono, já os arames tubulares para baixa liga são encontrados na AWS A5.29/A5.29M. [6]

2.4 FABRICAÇÃO DOS AÇOS.

A metalurgia é a arte de elaborar objetos metálicos importantes para humanidade a partir da extração de minérios.

A siderurgia é metalurgia do ferro e suas ligas e ela se divide em duas principais famílias; os aços e os ferros fundidos.

Podemos observar na imagem a 2. 14, diagrama Fe-C para entender esta divisão.

Os aços apresentam uma estrutura autêntica, pois necessitam ser conformados, para isso não podem obter uma porcentagem superior a 2% de C em sua composição, porém aços comerciais não costumam ultrapassar 0,8% de C.

Já os Ferros fundidos são produzidos em sua forma definitiva, com isso, ultrapassam 2% de carbono em sua composição final.

Existem uma grande variação de famílias de aços, todos eles com percentual igual ou inferior a 2% de C, entre essas famílias, podemos destacar: os aços micro-ligados, aços de alta liga, aços inoxidáveis, etc. [8]

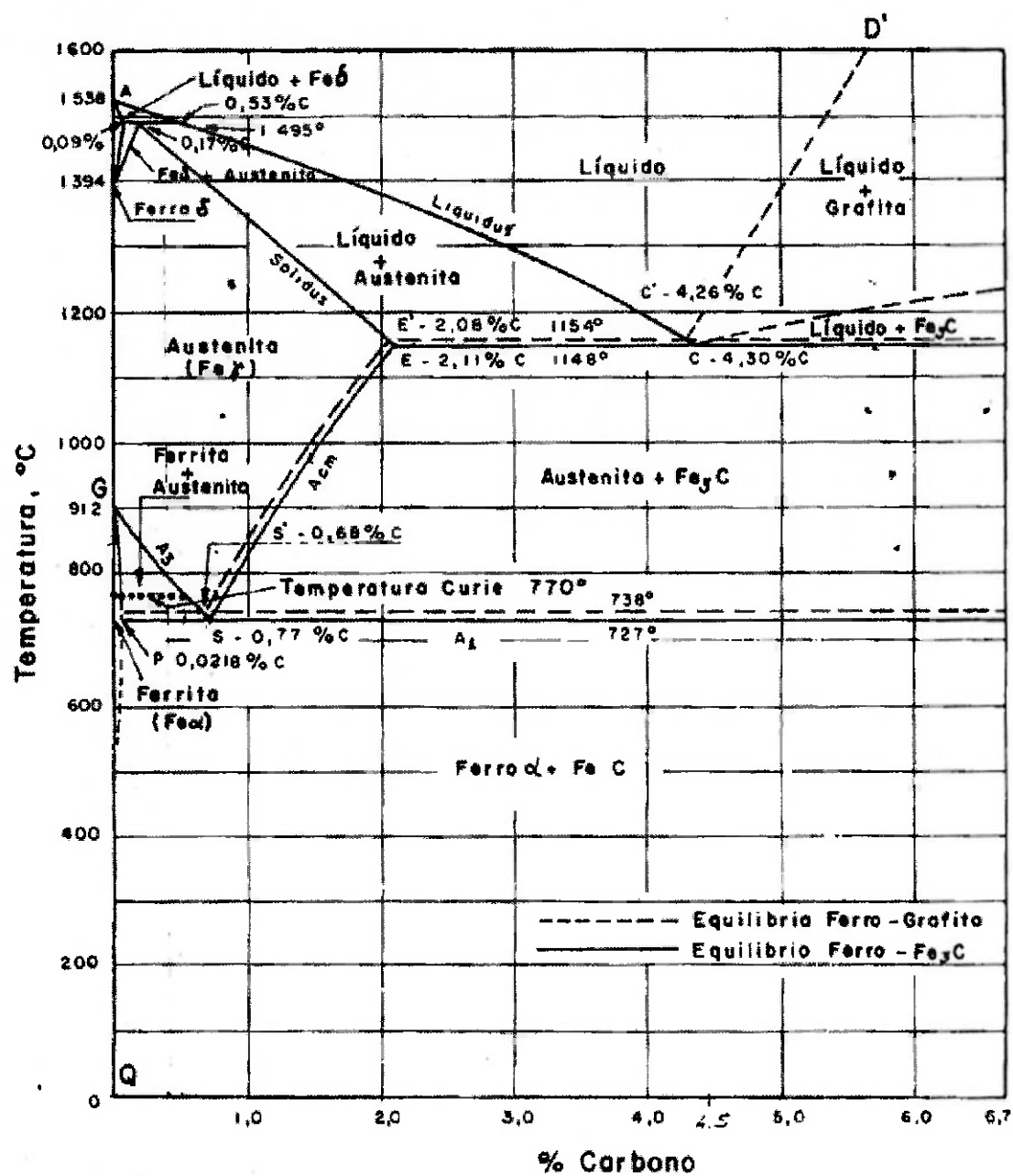


Figura 2. 13 - Diagrama Fe-C [8]

O aço é extraído por fusão redutora em altos fornos a carvão vegetal, este é transformado em ferro gusa e escória. Pode-se observar um fluxograma de uma usina integrada na figura 2. 15. [8]

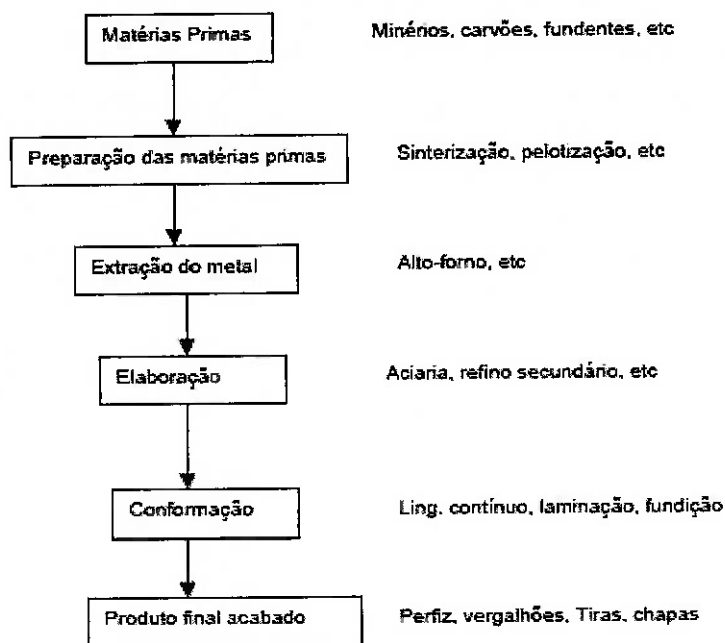


Figura 2. 14 - Fluxograma de usina integrada. [8]

2.4.1 ETAPAS DO PROCESSO DE FABRICAÇÃO.

2.4.1.a Convertedor LD.

Para a obtenção da composição química ideal, o ferro gusa é carregado no conversor LD onde se injeta oxigênio.

Com a presença do oxigênio, as impurezas são oxidadas, em seguida as ligas são adicionadas. [9]

2.4.1.b Forno-panela.

É no forno-panela onde a temperatura é estabilizada e é realizada a dessulfuração. [9]

2.4.1.c Lingotamento contínuo.

Para minimizar a ocorrência de segregação durante a solidificação, o aço é vazado em moldes com controle específico. Na figura 2. 16 é possível observar todo o processo. [9]

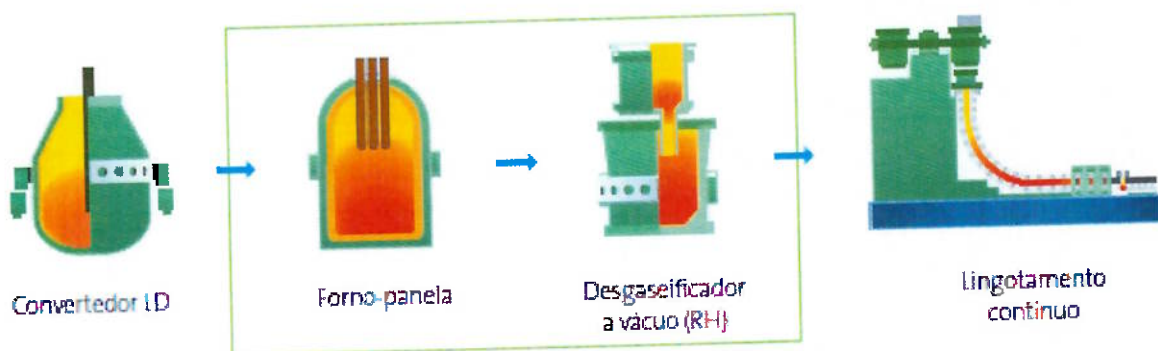


Figura 2. 15 - Fluxo de fabricação do aço líquido. [10]

2.4.1.d Laminação.

O produto da conformação é dar forma a um material metálico, podendo este processo ser realizado pelas seguintes rotas:

- Extrusão
- Laminação
- Estampagem
- Outros [8]

A laminação pode ser realizada a quente ou a frio e tem a função de transformar dar forma e a um produto semi-acabado.

Durante a laminação, a micro estrutura do aço pode sofrer diversas modificação, por isso é comum à realização de tratamentos térmicos para amenizar eventuais problemas. A figura 2. 17 mostra um material sendo laminado.

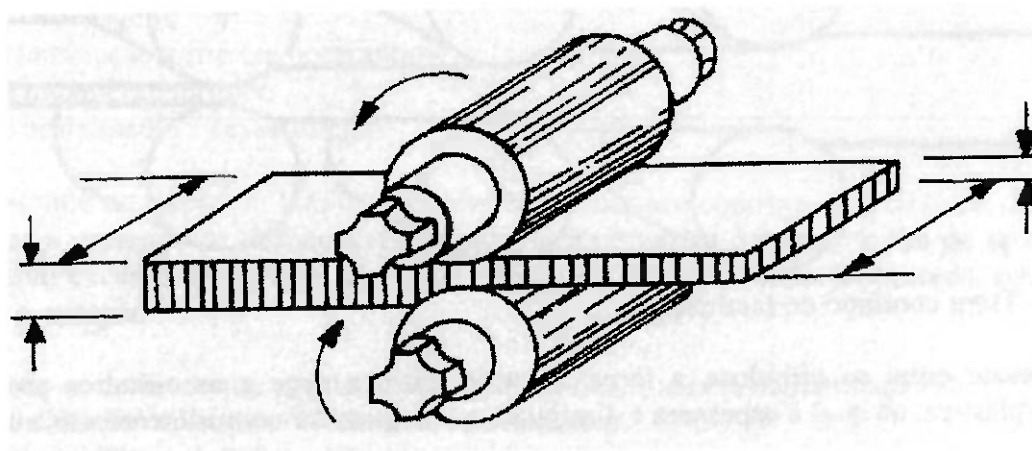


Figura 2. 16 - Material sendo laminado [8]

- Laminação a quente.

A laminação a quente é aquela acima do ponto crítico do aço, onde o tamanho do grão final é determinado pela ultimo passe.

- Laminação a frio.

A laminação a frio ocorre abaixo do ponto crítico, essa é caracterizada por uma boa aparência superficial.

- Objetivos da laminação.

1. Melhorar a soldabilidade
2. Melhorar a tenacidade
3. Melhorar a resistência ao escoamento

2.5 CLASSIFICAÇÕES DOS AÇOS NAVAIS.

De acordo com diversas aplicações, a naval também utiliza modos de classificações específicos para atender os seus requisitos de maneira adequada. Para isso, certificadoras internacionais mantêm normas para que as fabricações navais pelo mundo atendam especificações mínimas. Podemos consultar seus requisitos nas normas das seguintes homologadoras: ABS (American Bureau of Shipping), BV (Bureau Veritas), LR (Lloyd's Register), GL (Germanischer Lloyd) e DNV (Det Norsk Veritas). Na tabela 2. 1 podemos observar alguns destes aços e suas respectivas propriedades mecânicas. [12]

Em acordo, as homologadoras criaram um padrão de para a classificação dos aços navais de acordo com a sua resistência mecânica, da seguinte forma:

[12]

- A, B, D e E, designam os valores de tenacidade.
- AH, DH, EH e FH, designam tenacidade severa.
- 32, 36 e 40 que designam o limite de escoamento.

Tabela 2. 1 - Aços navais relacionados e valores de resistência mecânica.

Grau	Limite de Escoamento (MPa)	Resistência a Tração (MPa)	Alongamento % (mm)
A	235 min.	400 - 520	200
B			
D			
E			
AH-32	315 min.	440 - 585	200
DH-32			
EH-32			
AH-36	355 min.	490 - 620	200
DH-36			
EH-36			
AH-40	390 min.	510 - 660	200
DH-40			
EH-40			

2.6 LAMINAÇÃO CONTROLADA COM RESFRIAMENTO ACELERADO.

2.5.1 HISTÓRIA AÇOS TMCP.

Os aços fabricados a partir de uma laminação controlada e um resfriamento acelerado conhecidos com CLC (Continuous on Line Control), datam da década de 80, produzidos por empresas japonesas, atualmente, esta forma de fabricação é mais conhecida mundialmente por TMCP (Thermo-Mechanical Controlled Process). O Grande objetivo desta forma de fabricação é o alcance de um alto nível de qualidade e propriedades mecânicas estáveis. [9, 10].

2.5.2 CONCEITO DOS AÇOS TMCP.

A rota TMCP produz aços de alta resistência a partir do controle do refinamento de grãos.

Neste caso, a temperatura de aquecimento durante a laminação é controlada e menor do que a habitual.

Além disso, após esta laminação controlada, existe um resfriamento acelerado que pode alcançar altas durezas combinadas com altos valores de resistência mecânica. Na figura 2. 18 podemos observar um esquema ilustrativo do processo. [10]

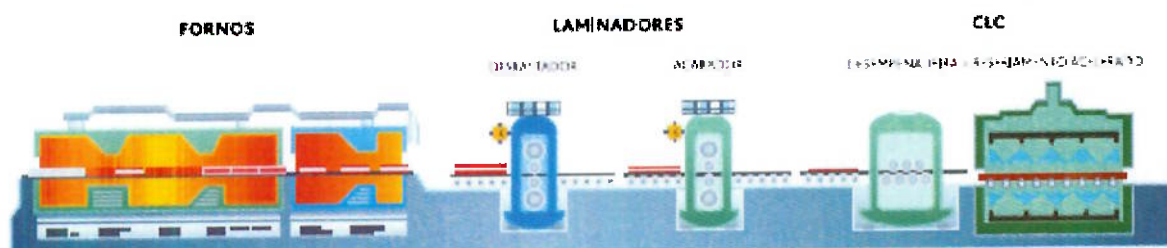


Figura 2. 17 - Esquema CLC. [10]

2.5.3 MICRO ESTRUTURA EM AÇOS TMCP.

O controle da temperatura realizado durante a rota TMCP, este é iniciado durante a fase de reaquecimento onde o tamanho do grão da austenita é controlado.

Estes grãos de austenita são transformados em ferrita circular ou bainita durante a laminação a quente.

Pode-se observar que a micro estrutura característica dos aços TMCP são pequenas e bem uniformes. Esta sequência e o refinamento de grãos podem ser observados nas figuras 2. 19, e 2. 20. [10]

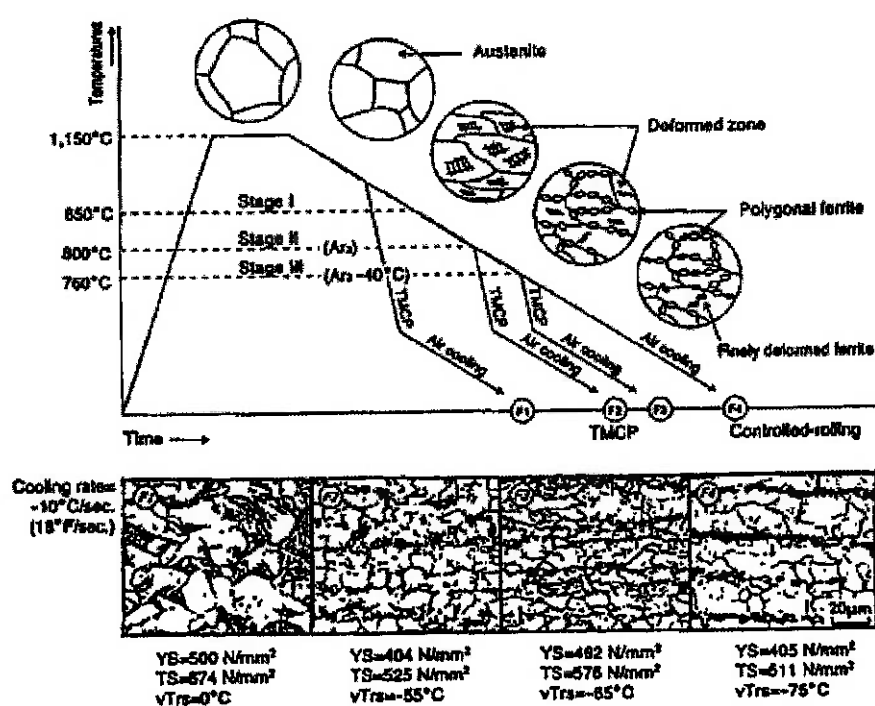


Figura 2. 18 - Conceito de micro estrutura do processo TMCP. [10]

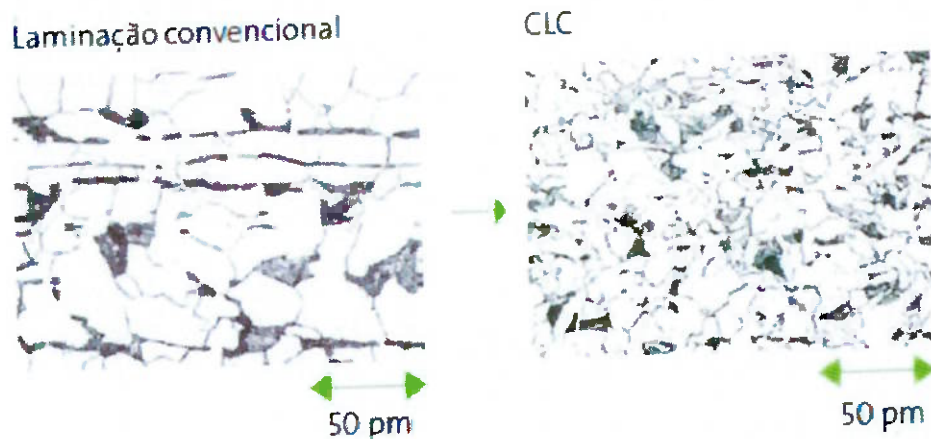


Figura 2. 19 - Comparativo entre micro estruturas convencional e TMCP. [10]

2.5.4 CARBONO EQUIVALENTE.

O carbono equivalente é um valor calculado a partir de uma fórmula que fornece a suscetibilidade da formação de trincas induzidas por hidrogênio de um determinado aço, a partir da sua composição química. O maior objetivo da medição do carbono equivalente de um aço é realizar a verificação da temperabilidade deste aço. O cálculo do carbono equivalente foi criado em 1940, quando foi proposta a realização de um cálculo que previsse a resistência, temperabilidade e dureza da ZAC de um aço. Assim, sabemos que quanto maior os valores citados acima, maior será a probabilidade de formação de trincas deste aço. Na figura 2. 21, podemos observar a fórmula para cálculo do CE simplificada, proposta pelo IIW (*International Institute of Welding*), utilizada atualmente. [13, 14]

$$CE = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Ni + Cu}{15}$$

Figura 2. 20 - Fórmula do Carbono Equivalente IIW [15]

Para a avaliação de resistência de uma em uma aplicação de estrutura soldada, está diretamente ligada a sua microestrutura, que por sua vez, está estará diretamente ligada a composição química do seu metal de base e também da taxa de resfriamento da junta soldada. O efeito da composição química devera ser observado pelo calculo CE, neste calculo os elementos de liga, assim, dependendo da influencia de cada um e de suas quantidades, observaremos o provável surgimento de trincas a frio em uma junta soldada.

Quando os valores do CE encontrados são superiores a 0,4, estes são considerados críticos para o surgimento de trincas. Com variações de hidrogênio no consumível de soldagem e a utilização de pré-aquecimento da junta, podem diminuir estes risco. [13, 14]

Os aços TMCP permitem uma produção de aços de alta resistência mecânica e com alto desempenho em termos de soldagem devido ao menor carbono equivalente, como pode ser observado na imagem 2. 22 e na tabela 2. 22 e 2. 2. [13, 14]

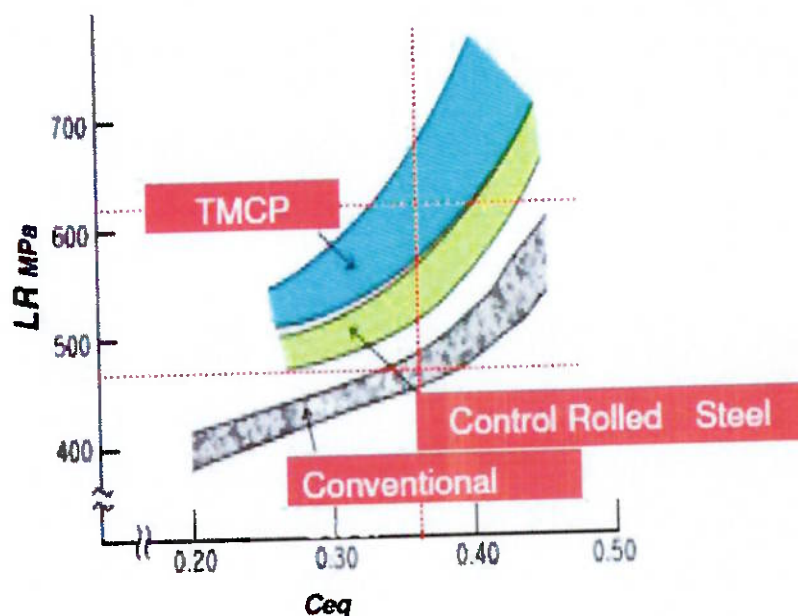


Figura 2. 21 - Comparativo entre o CE e LR de diferentes maneiras de laminações. [10]

Tabela 2. 2 - Comparativo entre C.E., Resistência e Soldabilidade de Aços Convencionais e Aços TMCP. [10]

Propriedades	Aços		
	Convencionas	TMCP	
C.E.	Maior	Menor	Maior
Resistência	Menor	Maior	Maior
Soldabilidade	Maior	Menor	Maior

2.5.5 COMPOSIÇÃO QUÍMICA.

Os aços TMCP possuem variações de composições químicas de acordo com cada fabricante, outra variável importante e que também diverge para cada fabricante são rotas de laminação, que podem apresentar pequenas

diferenças e com isso influenciar diretamente na microestrutura e propriedade mecânica dos aços produzidos por essa técnica.

Com relação à composição química, um fator muito importante e característico dos aços TMCP é o baixíssimo percentual de carbono em sua composição, sendo esse limitado a 0,10% combinado o também reduzido percentual de impurezas, como enxofre e fósforo. Na tabela 2. 3, podemos verificar uma importante relação entre o percentual de carbono com relação a soldabilidade e Necessidade de pré aquecimento. [16]

Tabela 2. 3 - Soldabilidade dos Aços.

Tipos de Aço	Composição	Soldabilidade geral	Pre-aquecimento	Recozimento para alívio de tensões
I	Aço-carbono, com C abaixo 0,30%	Prontamente soldável	Desnecessário	Desnecessário
	Aço-liga, de baixo teor em liga e C abaixo 0,15%	" "	"	"
II	Aço-carbono, com C entre 0,35 e 0,50%	Soldável com precauções	Preferível	Preferível
	Aço-liga, de baixo teor em liga e C entre 0,15 e 0,30%	" " "	"	"
III	Aço-carbono, com C acima de 0,50%	Difícil de soldar	Necessário	Necessário
	Aço-liga, com teor em liga acima de 3% e C acima de 0,30%	" " "	"	"

Quando comparamos aços produzidos pela rota TMCP e consideramos as sua resistência mecânica ligada a sua composição química, o fato mais importante que devemos levar em consideração com relação aos aços convencionais é a redução do teor de carbono em sua composição. Uma vez que, aços TMCP apresentam uma faixa aproximada de 0,03 a 0,08%C,

enquanto os aços C-MN apresentam uma faixa aproximada de 0,10 a 0,30%C.

[16]

Somente é possível esta redução considerável de carbono, pois os aços TMCP apresentam aumento de resistência através de outros mecanismos como, por exemplo, a sua laminação. [16]

Tabela 2. 4 - Comparativo entre as composições químicas dos aços EH-36 convencionas e TMCP retiradas de dados de catálogos.

Composição Química					
Grau	C	Si	Mn	P	S
EH-36 - Convencional	0,18 máx.	0,50 máx	0,70 - 1,60	0,035 máx.	0,035 máx.
EH-36 - TMCP	aprox. 0,08	aprox. 0,24	aprox. 1,53	aprox. 0,014	aprox. 0,01

3. OBJETIVOS.

Este trabalho tem como objetivo avaliar o comportamento dos materiais AH-36 com fabricação convencional e EH-36 com fabricação TMCP após serem soldados com o processo Eletrogás, visando o aumento de produtividade e manutenção das propriedades mecânicas em aplicações navais.

4. MATERIAIS E MÉTODOS.

4.1 PREPARAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA.

Para a preparação dos corpos de prova, as chapas foram cortadas pelo processo de corte por oxi-combustão. Pode-se observar a técnica utilizada nas imagens 4.1 e 4.2.

Utilizou-se os gases oxigênio e acetileno, e também um dispositivo para deslocamento continuo Goofer III®, da empresa Bug-o Systems®.



Figura 4. 1 - Preparação dos corpos de prova com oxi-corte.

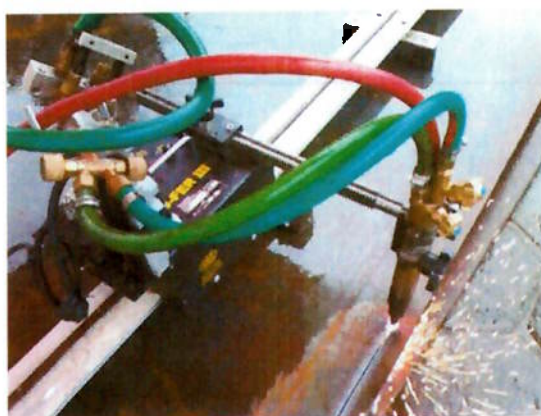


Figura 4. 2 - Dispositivo de deslocamento uniforme realizando cortes para a fabricação dos corpos de prova.

Os corpos de prova foram fabricados e montados segundo a imagem 4.3., com comprimento padronizado em 1 metro para ambos os corpos de prova.

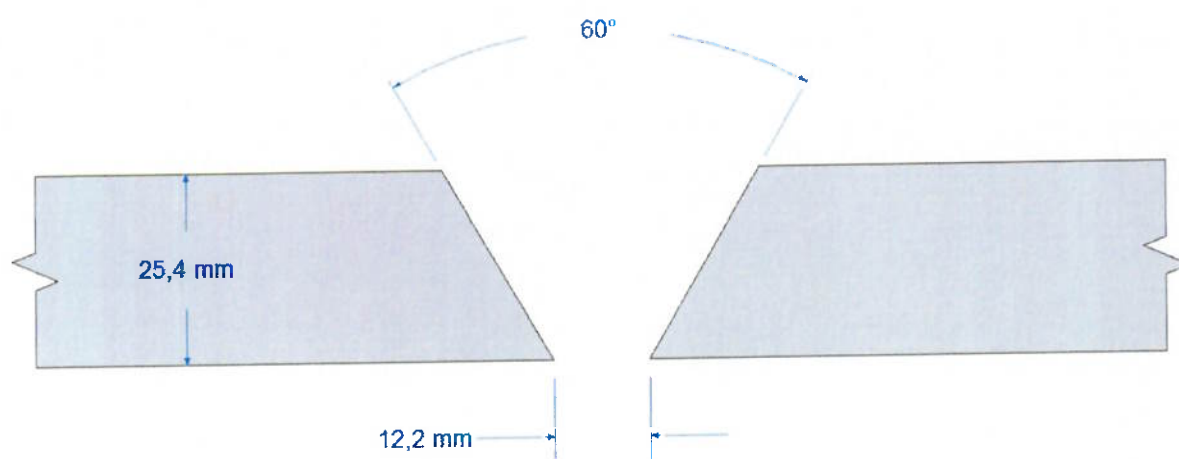


Figura 4. 3 - Formato das juntas a serem soldadas pelo processo EGW.

4.2 EQUIPAMENTO DE SOLDAGEM.

Para a soldagem foram utilizados os seguintes equipamentos;

1. Fonte de soldagem – Idealarc DC-1000, empresa Lincoln Electric, pode ser observado na imagem 4.4.
2. Alimentador de arame – NA-3, empresa Lincoln Electric, pode ser observado na imagem 4.5.
3. Manipulador de soldagem – Vertical Up Welder, empresa Koike, pode ser observado na imagem 4.6.

4.3 CONSUMÍVEL PARA SOLDAGEM.

Para a soldagem Eletrogás foi utilizado um arame autoprotégido da empresa Lincoln Electric segue informações sobre o consumível:

1. Nome comercial: Innershield NR-431
2. Classificação: AWS – A5.26/26M-97, EG72T-1
 - TS: Min. 345 N/m²
 - Alongamento: 483 – 655 %
 - Impacto: 22 J a 27 °C
3. Diâmetro: 2,4 mm

4.3 SOLDAGEM.

Os cordões de solda foram realizadas em campo com o objetivo de se aproximar o máximo possível de uma soldagem real. Podem-se observar alguns dos momentos importantes dos testes nas imagens, 4.8, 4.9 e 4.10, seguem alguns dados importantes relacionados à soldagem:

1. Parâmetros de soldagem:
 - Corrente: 550 A.
 - Tensão: 40 V.
 - DBCP: 55 mm.
2. As soldagem foram realizadas em 1 arame e em somente 2 passe.
3. A posição utilizada para os 2 corpos de prova foi a vertical ascendente.



Figura 4. 4 - Corpo de prova soldado com EGW.



Figura 4. 5 - Visão aproximada do corpo de prova soldado com EGW.



Figura 4. 6 - Cordão de solda feito em EGW após limpeza.

4.4 ENSAIOS.

Para a verificação dos resultados alcançados, foram realizados ensaios algumas verificações:

1. Ensaio de impacto
2. Análises químicas
3. Micrografias

4.4.1 ENSAIO DE IMPACTO.

É um ensaio para estudo de fratura frágil, este é um ensaio padronizado e deve ser feito de acordo com normas específicas.

4.4.2 ANÁLISE QUÍMICA DO METAL DE BASE E METAL DE SOLDA.

Estas análises foram realizadas para verificação da composição química com relação ao certificado recebido e também para análise após a realização das soldagens, podemos observar a preparação e a realização da análise nas imagens 4.11 e 4.12.

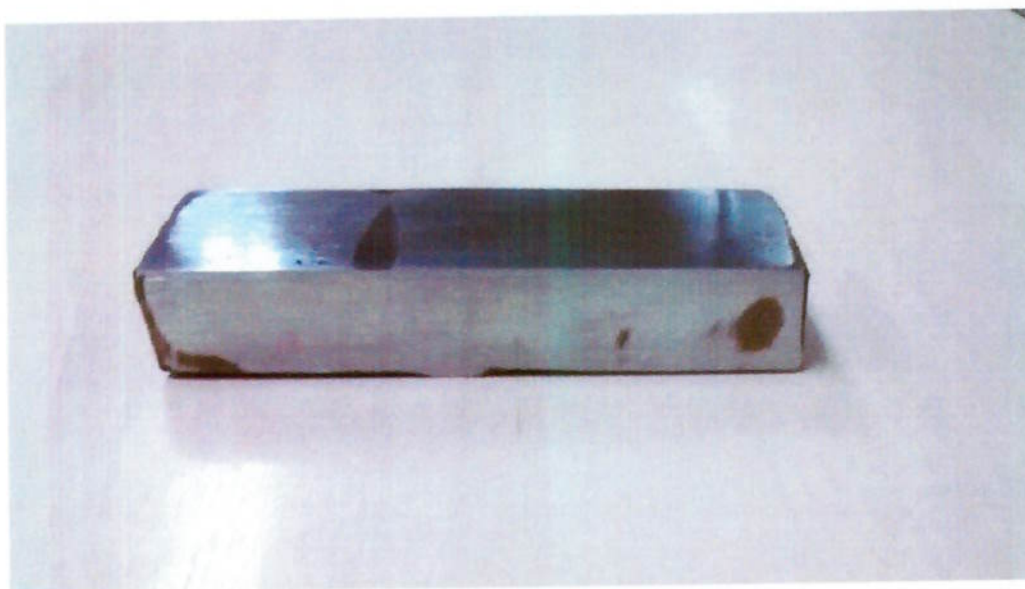


Figura 4. 7 - Material após lixamento para análise química.

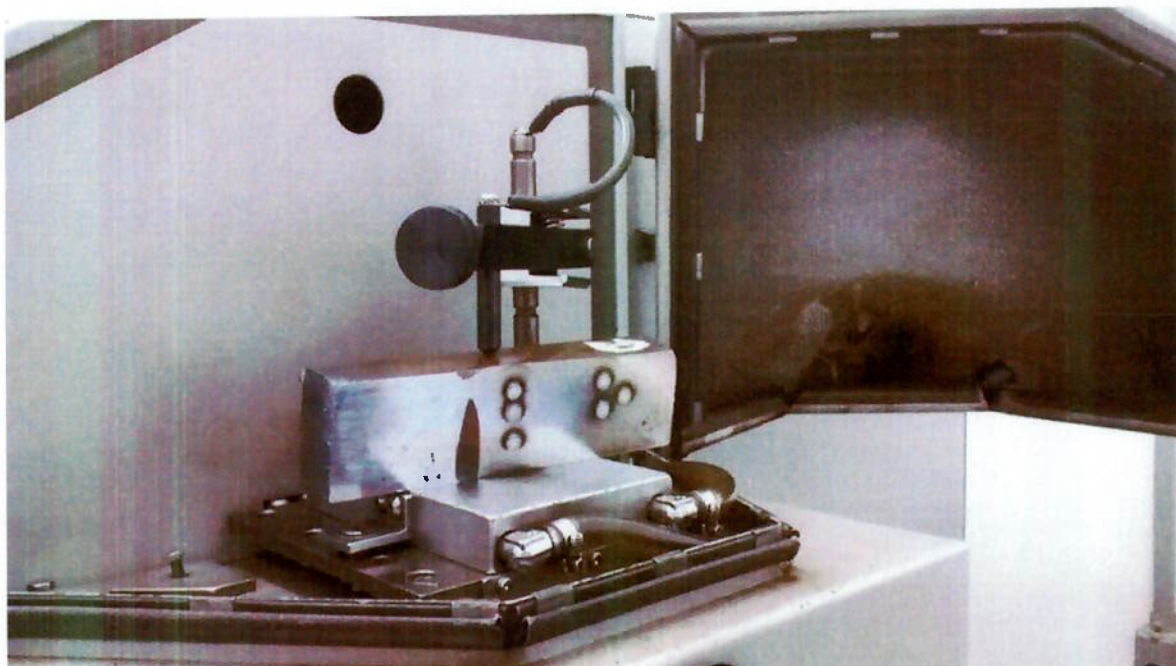


Figura 4. 8 - Material durante análise química.

4.4.2 CARACTERIZAÇÃO METALOGRÁFICA.

- MACROGRAFIA.

Foi realizada a macrografia do corpo de prova para a verificação do perfil dos cordões de solda e da zona afetada pelo calor (ZAC). Para a revelação dos cordões e da ZAC, foi utilizado o reagente Nital 5%. O equipamento utilizado para obter as imagens foi uma lupa estereoscópica da marca Carl Zeiss® e o software Axio Vision®.

- MICROSCOPIA ÓPTICA.

A realização da análise microestrutural foi feita em seções cortadas da junta soldada e iniciou-se com uma preparação na face das amostras com lixas de diferentes granulometrias. A sequência de granulometria das lixas foi: 180, 220,

320, 400, 600 e 1000 “meshes” e polidas com pasta de diamante na sequência: 6, 3 e 1 μm de tamanho médio de partícula.

Uma vez obtida à superfície totalmente polida o material foi submetido ao ataque do reagente Nital com concentração de 2% durante um tempo médio de 15s e na sequência observou-se a microestrutura resultante no metal de solda, na ZAC e no metal de base.

A aquisição de imagens foi feita utilizando a câmera digital Opticam OPT 10000® acoplada no microscópio de marca Olympus® BX60M®.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.

Os resultados a seguir serão baseados em análise de micrografias e macrografias, análises químicas dos metais de solda e metais de base e ensaios mecânicos.

5.1 ANÁLISES DAS MICROESTRUTURAS.

A figura 5. 1 demonstra que a soldagem realizada no aço AH-36 pelo processo Eletrogás não apresentou descontinuidades como: falta de fusão, falta de penetração ou inclusão de escória. Pode-se observar também que a aparência do cordão de solda e a zona afetada pelo calor.

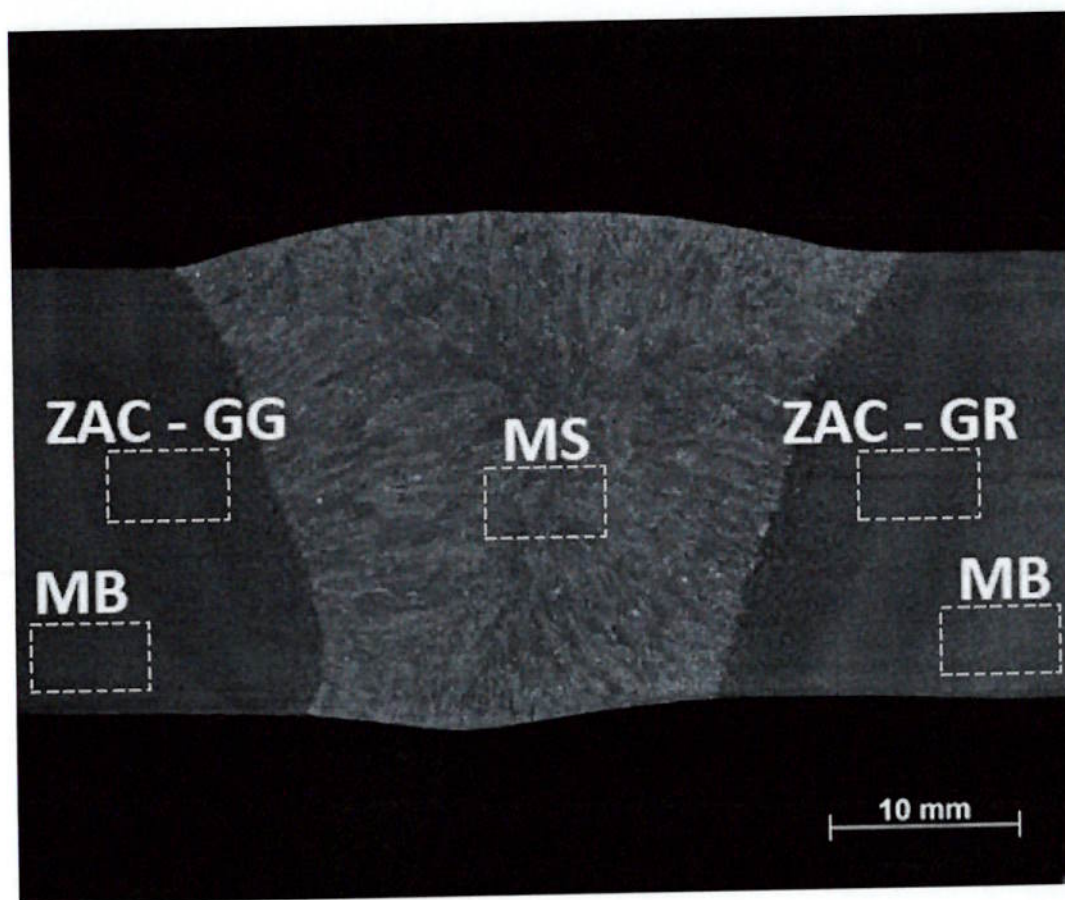


Figura 5. 1 - Macrografia realizada em junta soldada com aço AH-36, em destaque as regiões com objetivo de análise: ZAC, MB e MS.

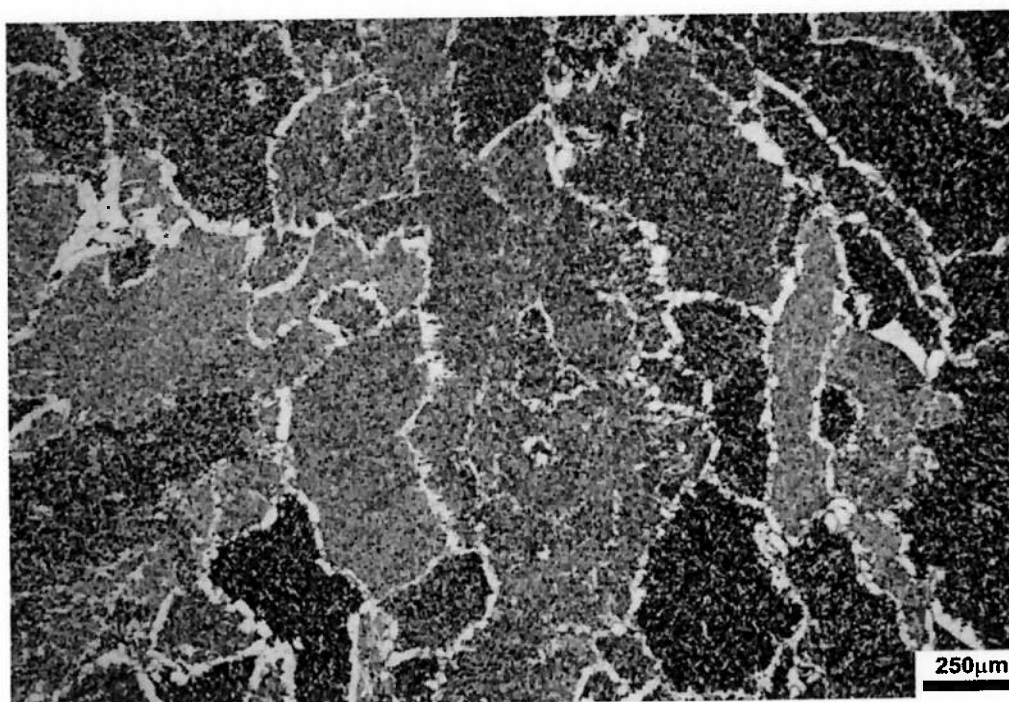


Figura 5. 2 - Microestrutura no centro do cordão de solda em junta soldada com aço AH-36, com aumento em 50X. Ataque: Nital 2%.

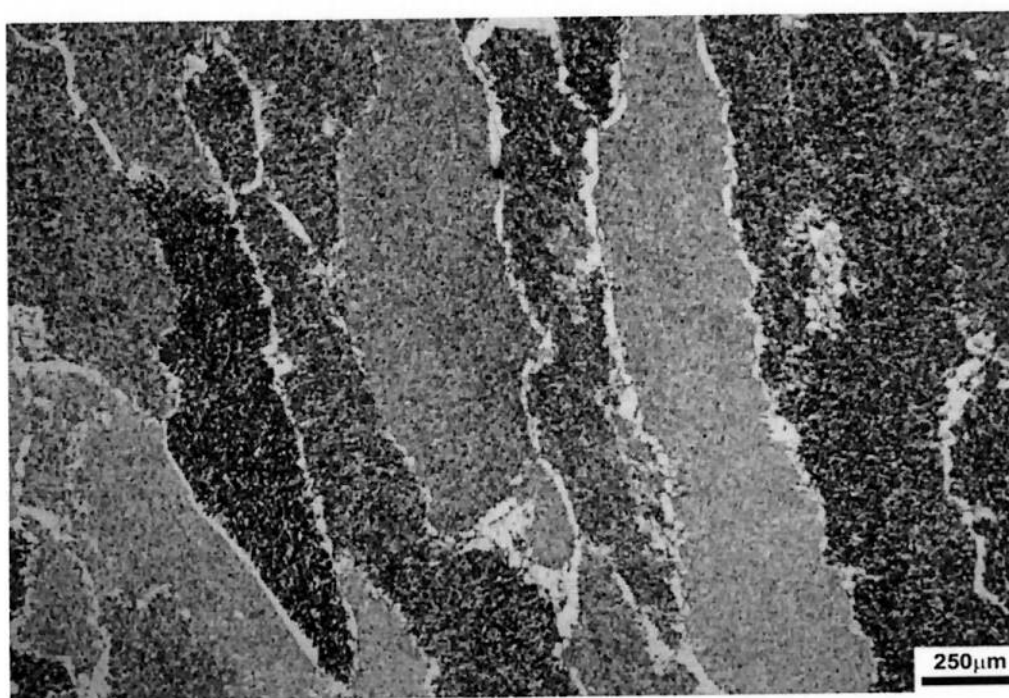


Figura 5. 3 - Microestrutura fora do cordão de solda em junta soldada com aço AH-36, com aumento 50x. Ataque Nital 2%.

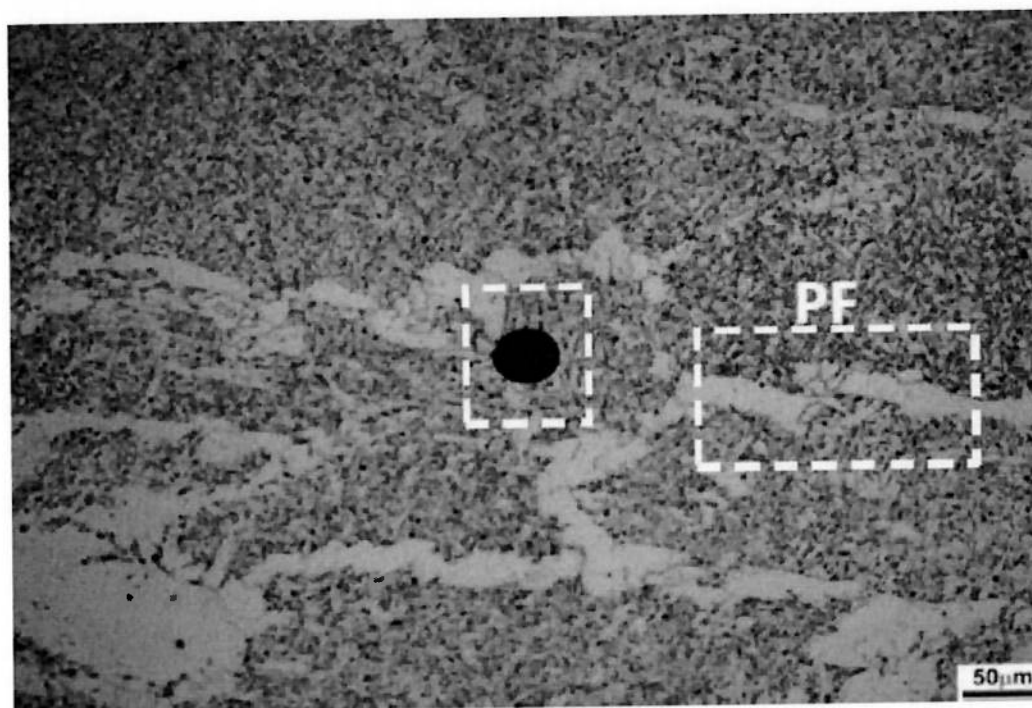


Figura 5. 4 - Microestrutura em junta soldada com aço AH-36, podemos observar ferrita de contorno de grão (PF) e inclusão de escória, aumento utilizado de 200x. Ataque: Nital 2%.

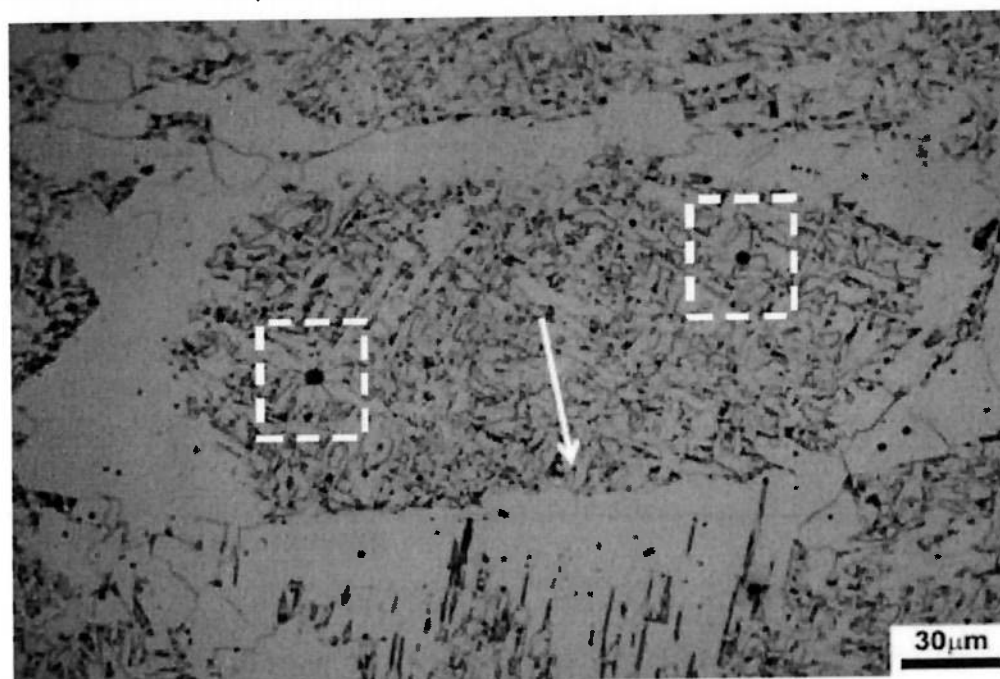


Figura 5. 5 - Microestrutura em junta soldada com aço AH-36, podemos observar ferrita de contorno de grão (PF), ferrita (F) que propaga a partir da inclusão de escória, aumento utilizado de 500x. Ataque: Nital 2%.

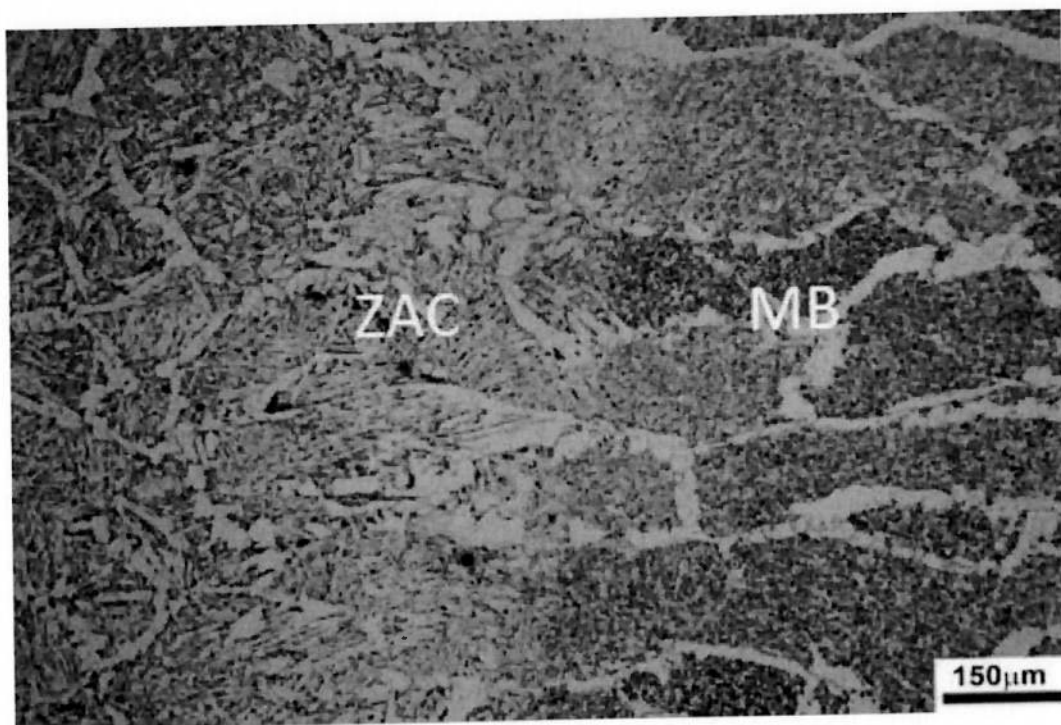


Figura 5. 6 - Microestrutura na transição do MS para a ZAC em metal de base AH-36. Aumento 100x. Ataque: Nital 2%.

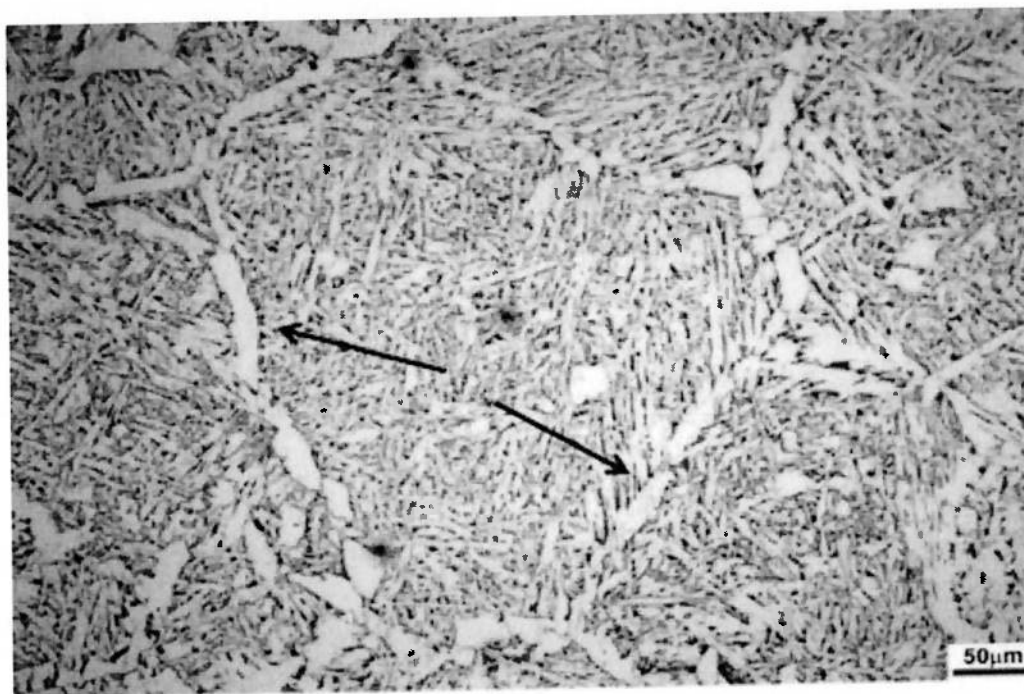


Figura 5. 7 - Microestrutura mostrando ferrita de contorno de grão (PF) na ZAC - GG em metal de base AH-36. Aumento 200x. Ataque: Nital 2%.

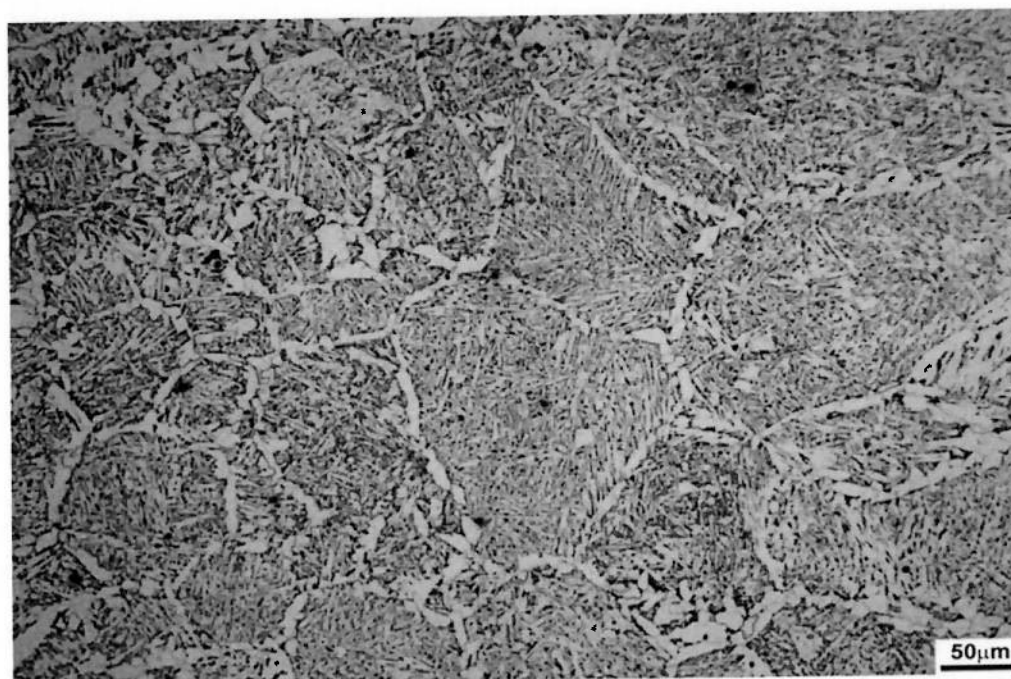


Figura 5. 8 - Microestrutura mostrando ferrita de contorno de grão (PF) na região da ZAC - GG em metal de base AH-36. 200 x. Ataque: Nital 2%.

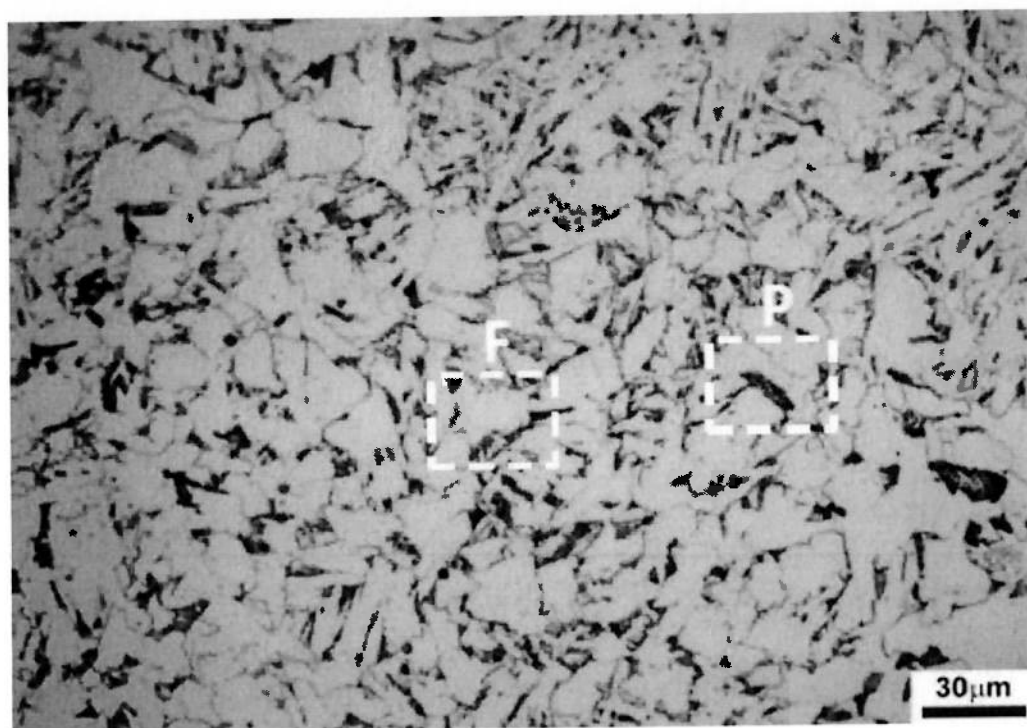


Figura 5. 9 - Microestrutura mostrando ferrita (F) e perlita (P) da ZAC - GF no metal de base AH-36 na ZAC. Aumento 500x. Ataque: Nital 2%.

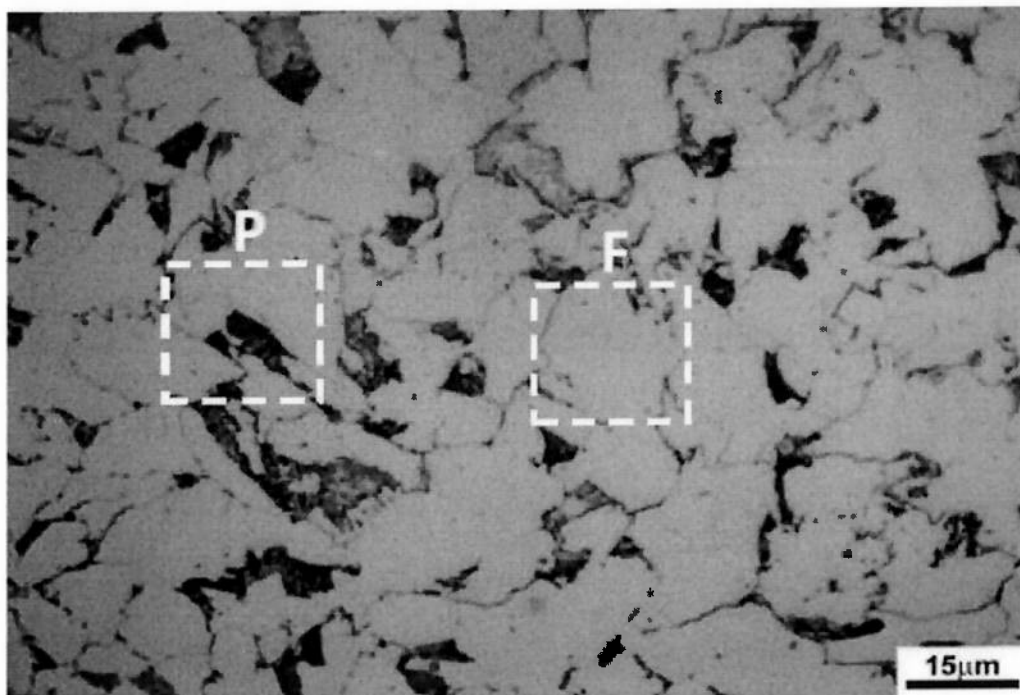


Figura 5. 10 - Microestrutura mostrando perlita (P) em região de GF no metal de base AH-36 na ZAC. 1000x. Ataque: Nital 2%.

Em grande parte das micrografias realizadas no corpo de prova do MB AH-36 soldado pelo processo eletrogás, foi possível observar uma quantidade relativa de inclusões de escórias encontradas, este tipo de descontinuidade é encontrado devido ao arame utilizado, de forma tubular, uma vez que devido geração de escória durante o processo de soldagem, haveria a possibilidade de aparecimento desta descontinuidade.

Uma grande quantidade de PF também foi encontrada no MB e também na ZAC, este resultado já era esperado devido as elevadas temperaturas de transformação alcançadas, característico do processo de soldagem eletrogás que alcançou uma soldagem total em um único passe em um corpo de prova com espessura de 25,4 mm.

A figura 5. 11 demonstra que a soldagem realizada no aço AH-36 pelo processo Eletrogás não apresentou descontinuidades como: falta de fusão, falta de penetração ou inclusão de escória. Pode-se observar também que a aparência do cordão de solda e a zona afetada pelo calor.

As áreas indicadas em branco foram analisadas detalhadamente a partir de diversas micrografias a seguir.

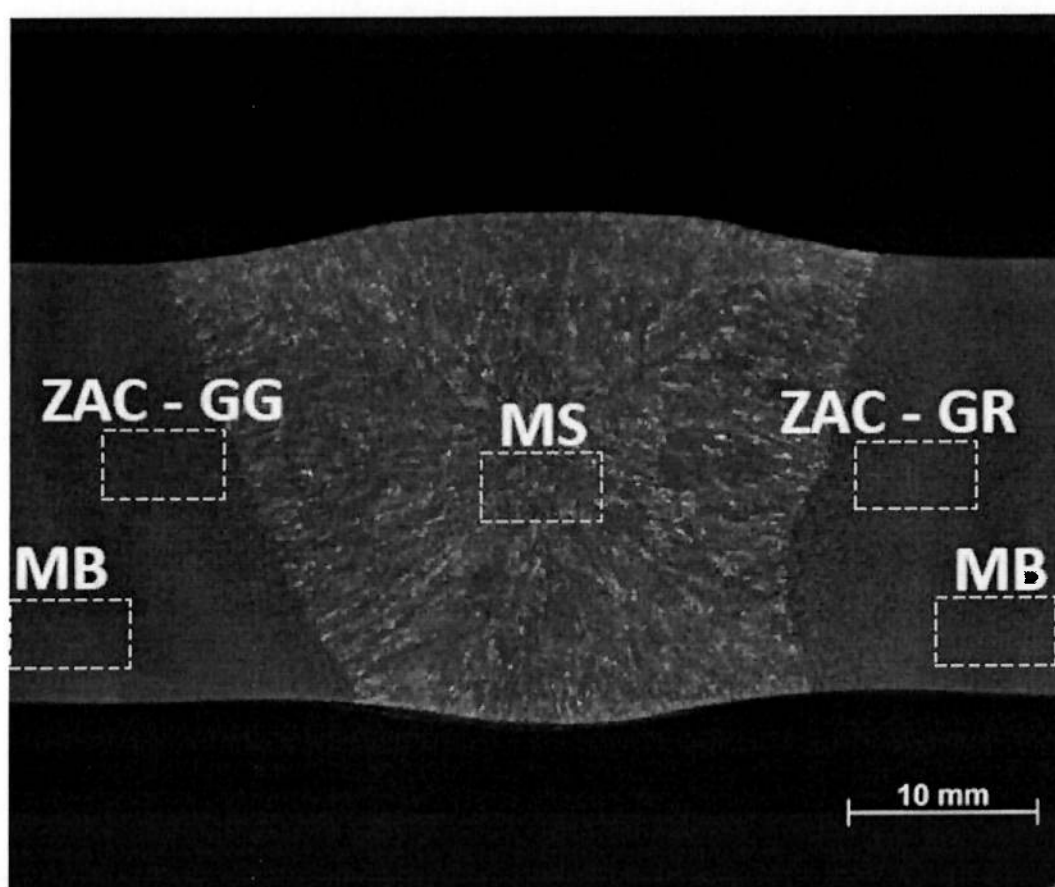


Figura 5. 11 - Macrografia realizada em junta soldada com aço EH-36, em destaque as regiões com objetivo de análise: ZAC, MB e MS.

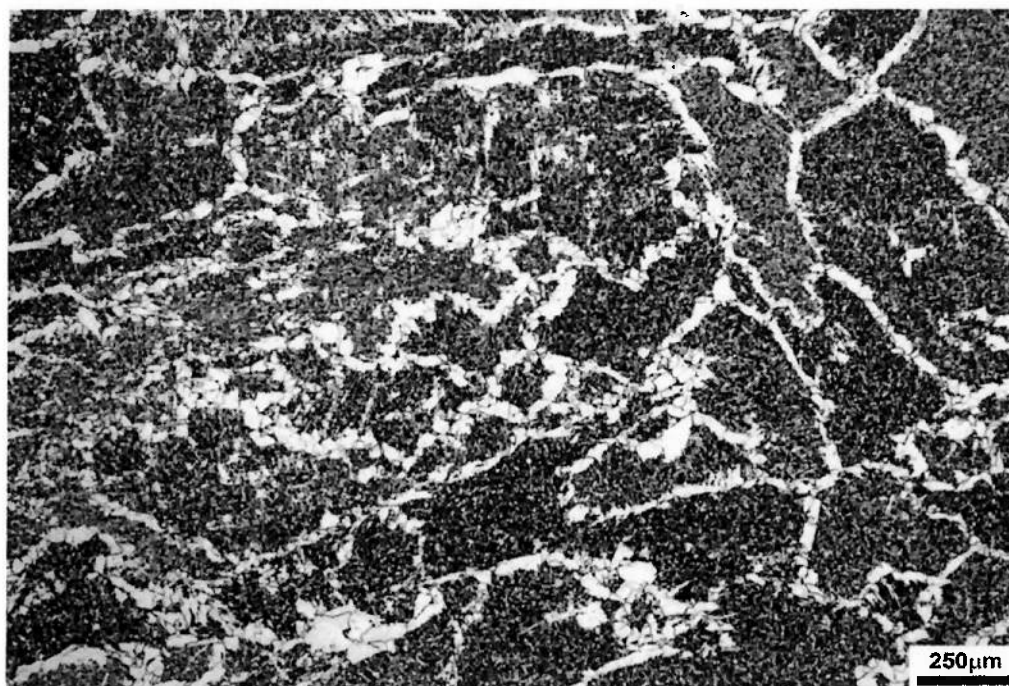


Figura 5. 12 - Microestrutura mostrando o centro do cordão de solda em metal de base EH-36. 50x. Ataque: Nital 2%.

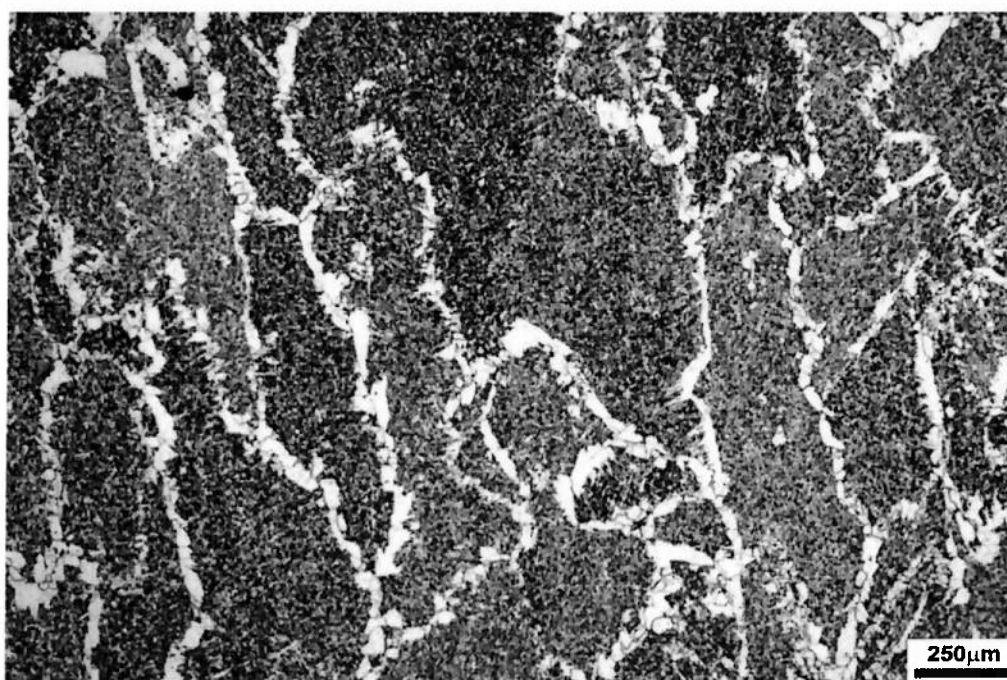


Figura 5. 13 - Microestrutura mostrando a extremidade do cordão de solda em metal de base EH-36. Ressaltando a diferença do tamanho dos grãos da austenita, quando comparado com a figura 5.11. 50x. Ataque: Nital 2%.

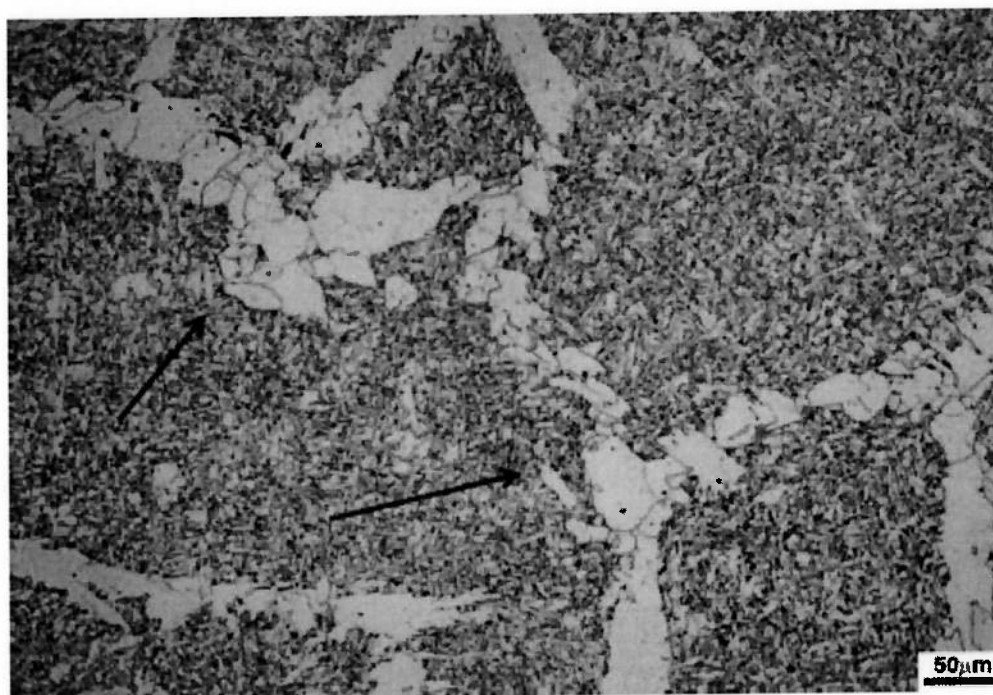


Figura 5. 14 - Microestrutura mostrando ferrita de contorno de grão (FS) MS do cordão de solda em metal de base EH-36. 200x. Ataque: Nital 2%.

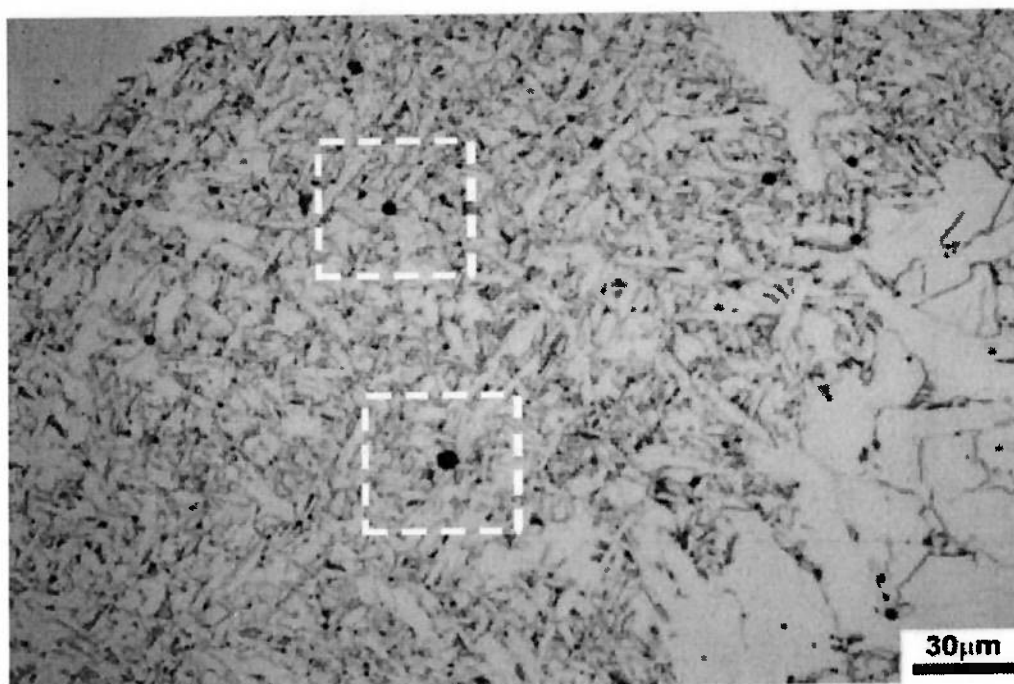


Figura 5. 15 - Microestrutura mostrando a presença de ferrita acicular, ferrita de contorno de grão e inclusão de escória em metal de base EH-36. 500x. Ataque: Nital 2%.

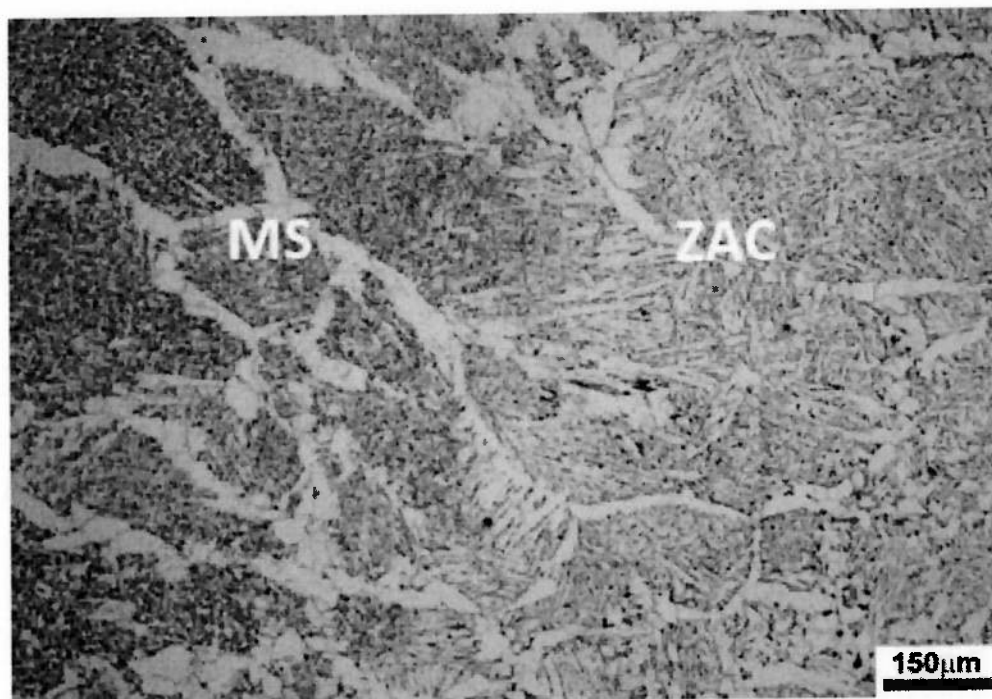


Figura 5. 16 - Microestrutura mostrando a divisão entre o cordão de solda e a ZAC com GG em metal de base EH-36. 100x. Ataque: Nital 2%.

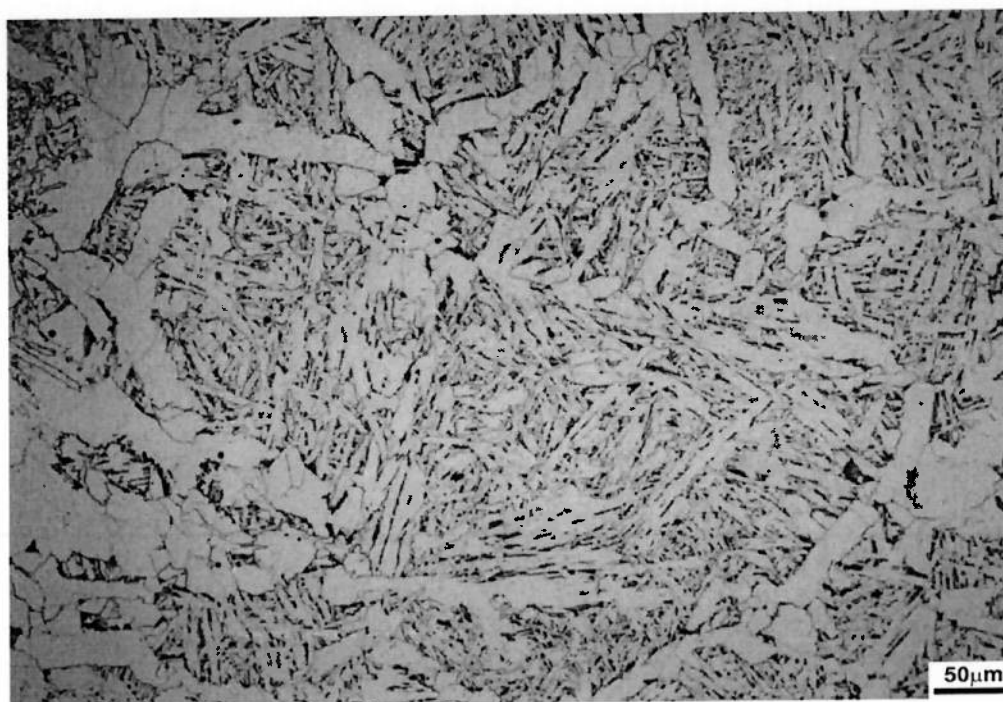


Figura 5. 17 - Microestrutura mostrando a ZAC com ferrita de contorno de grão (FS) metal de base EH-36. 200x. Ataque: Nital 2%.

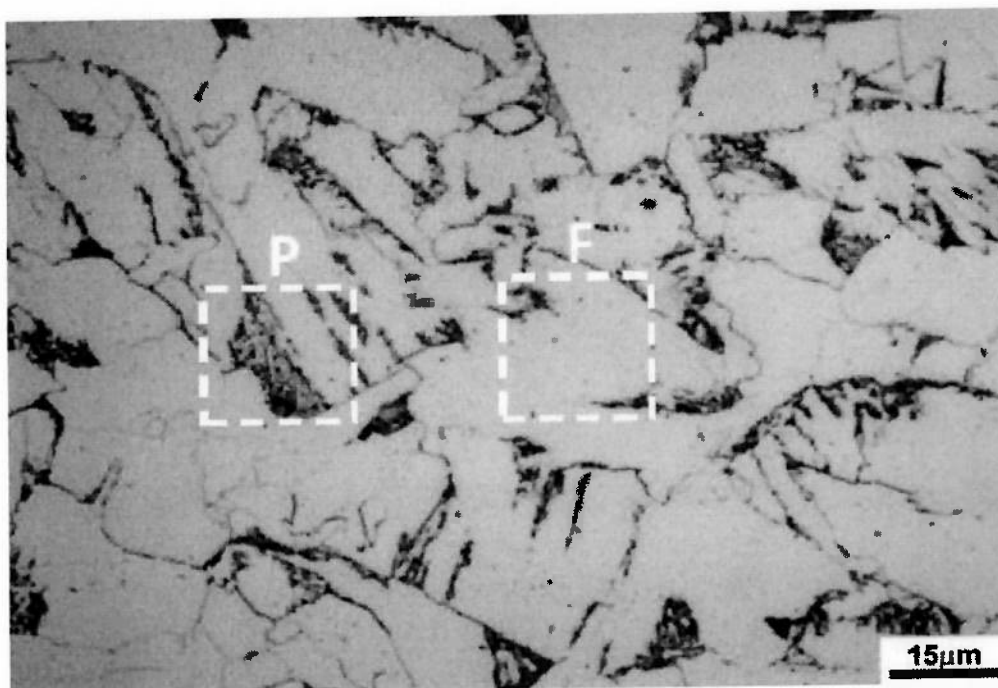


Figura 5. 18 - Microestrutura mostrando a presença de perlita (P) na ZAC em metal de base EH-36. 100x. Ataque: Nital 2%.

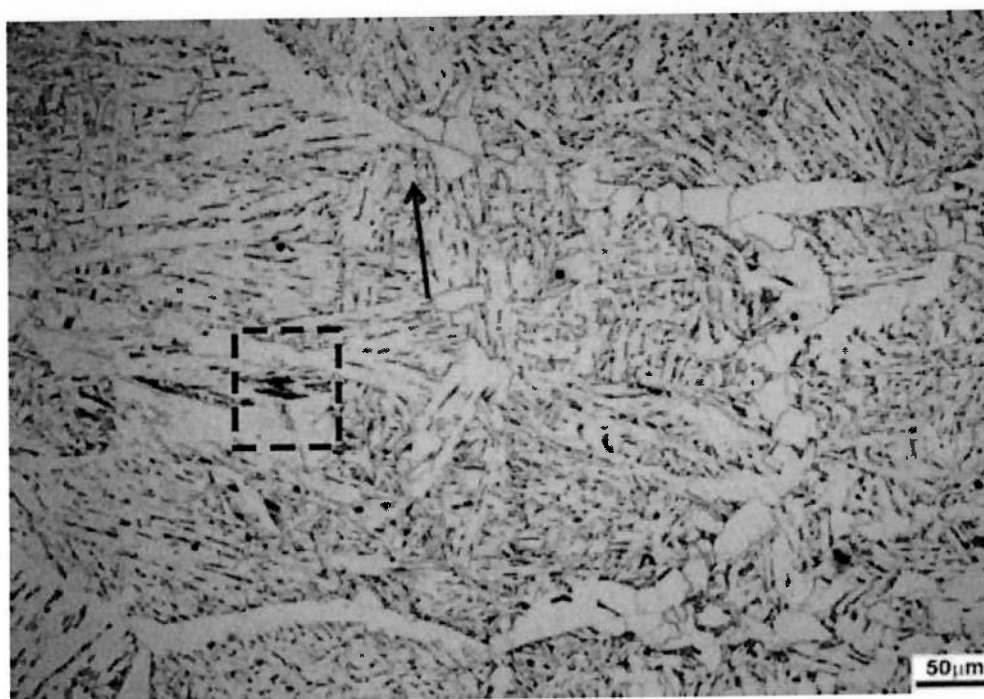


Figura 5. 19 - Microestrutura mostrando a presença de ferrita de contorno de grão (FS) e perlita (P) na ZAC em metal de base EH-36. 200x. Ataque: Nital 2%.

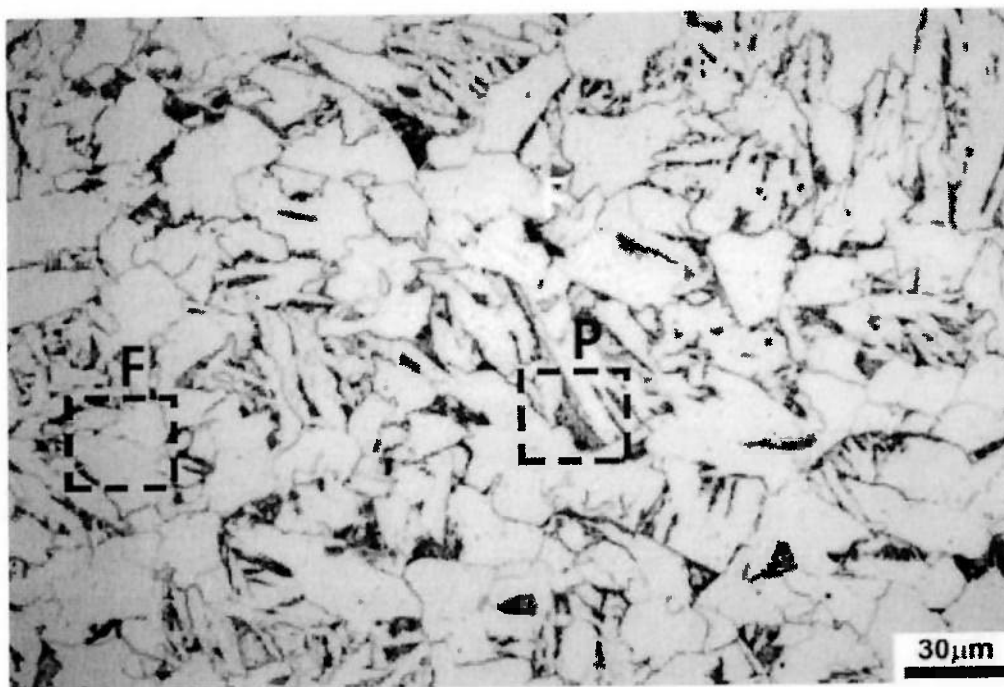


Figura 5. 20 - Microestrutura mostrando ferrita (F) e perlita (P) na região da ZAC - GF em metal de base EH-36. 500x. Ataque: Nital 2%.

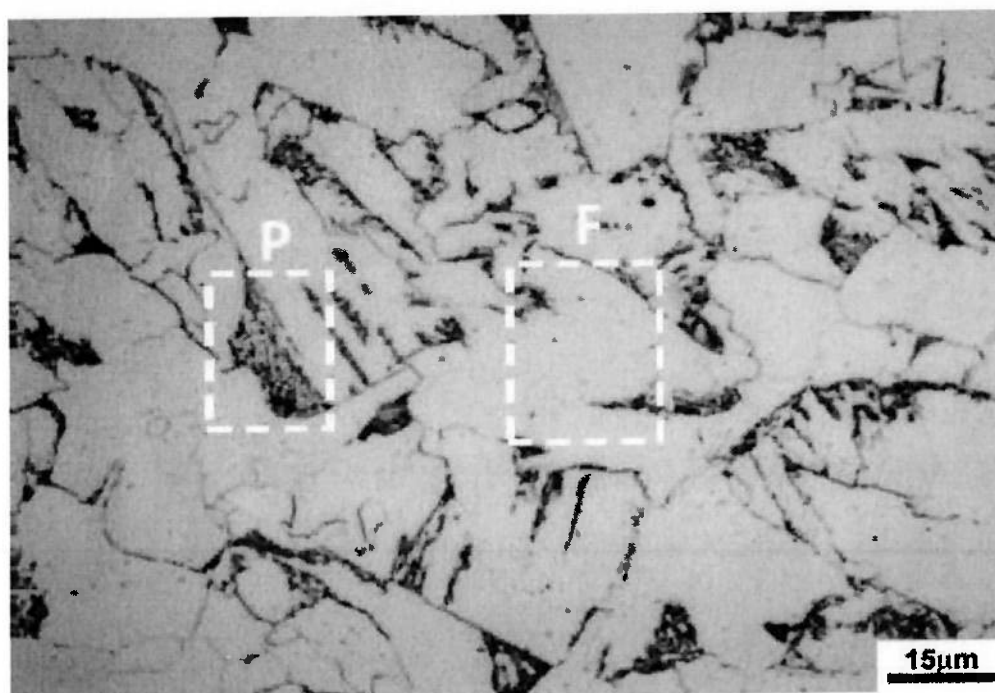


Figura 5. 21 - Microestrutura mostrando a presença de perlita (P) região da ZAC - GG em metal de base EH-36. 1000x. Ataque: Nital 2%.

As análises micrográficas do corpo de prova fabricado com MB EH-36 se mostraram muito semelhantes as análises realizadas com o MB AH-36, com estruturas muito parecidas. Apresentando grande quantidade de ferrita (F) e perlita (P) em regiões como a ZAC.

Foi observado também uma grande diferença granulométrica em na zona de transição entre a ZAC e o MS, devido ao grande aporte de calor do processo de soldagem.

Neste metal de base, foi encontrado um quantidade menor de inclusões de escórias, isso não era esperado pois o processo de soldagem e arame é o mesmo do MB AH-36.

Uma grande quantidade de PF também foi encontrada no MB e também na ZAC, este resultado já era esperado devido as elevadas temperaturas de transformação alcançadas, característico do processo de soldagem eletrogás que alcançou uma soldagem total em um único passe em um corpo de prova com espessura de 25,4 mm.

5.2 ANÁLISES QUÍMICAS.

Nas tabelas 5. 1, pode-se observar um comparativo entre a composição química dos metais de base EH-36, AH-36 e a faixa de aceitável pela norma ABS para ambos os metais de base.

É possível observar que os valores de ambos os metais de base atendem a norma.

Pode-se ressaltar a quantidade baixa de C no EH-36, produzido pela rota TMCP, valor esperado significativo para o resultado final do processo.

Ambos os metais de base apresentaram valores baixos de elementos residuais, Si, S e P, algo muito importante também para a alcançar bons resultados mecânicos finais no processo.

Ambos os aços, mas principalmente o EH-36, apresentou uma grande quantidade de Mn em sua composição, com valores muito próximos do máximo da norma ABS, este é um fator de muita importância para esta aplicação pois o Mn é um elemento redutor da susceptibilidade a ocorrências de trincas na soldagem.

Tabela 5. 1 – Comparação das análises químicas dos metais de base com a norma ABS.

ANÁLISES QUÍMICAS			
	ABS	EH-36 (MB)	AH-36 (MB)
C	0,180	0,08032	0,12177
Si	0,90 - 1,16	0,25308	0,27945
S	0,035	0,00000	0,00227
P	0,035	0,01315	0,01497
Mn	0,10 - 1,60	1,55432	1,38109
Ni	-	0,01497	0,01894
Cr	0,200	0,02577	0,03106
Mo	0,080	0,00610	0,00991
V	0,05 - 0,10	0,00991	0,03714
Cu	0,350	0,01822	0,03970
Ti	0,020	0,01705	0,01235
Sn	-	0,00133	0,00799
Al	0,015	0,03579	0,02925
Nb	0,02 - 0,05	0,01009	0,01779

As análises químicas apresentadas na tabela 5. 2 são referentes ao corpo de prova do metal de base EH-36, produzido pela rota TMCP.

As análises foram realizadas em duas regiões, lateralmente, ou seja, em toda superfície do cordão, na direção longitudinal e a outra análise foi realizada no topo do cordão de solda, no início e no final de cada cordão.

Com relação aos resultados encontrados, quando comparamos as análises laterais e topo, nenhuma grande diferença foi encontrada.

Quando comparamos os resultados encontrados com a composição química do metal de base EH-36, conseguimos notar principalmente uma menor quantidade de carbono neste no MS.

Tabela 5. 2 – Análises químicas dos metais de solda do EH-36

ANÁLISES QUÍMICAS		
	EH-36 (MS) LATERAL	EH-36 (MS) TOPO
C	0,04299	0,04221
Si	0,38379	0,40250
S	0,00357	0,00309
P	0,01087	0,01008
Mn	1,51368	1,55327
Ni	0,01927	0,01899
Cr	0,03079	0,03040
Mo	0,24277	0,24711
V	0,03346	0,03432
Cu	0,03196	0,03165
W	0,00022	-
Ti	0,00346	0,00331
Sn	0,00321	0,00313
Al	0,01453	0,01407
Nb	0,00032	0,00007

Na tabela 5. 3 está relacionada a composição química do metal de solda no corpo de prova do AH-36, produzido pela rota de fabricação convencional.

As análises foram realizadas em duas regiões, lateralmente, ou seja, em toda superfície do cordão, na direção longitudinal e a outra análise foi realizada no topo do cordão de solda, no início e no final de cada cordão.

Neste caso também não se obteve grande diferença entre a composição química encontrada nos topos e nas laterais.

Comparando-se os resultados obtidos nesta análise com a composição química realizada no metal de base, é possível verificar que a quantidade de C é inferior a do MB e que o percentual de elementos residuais é superior.

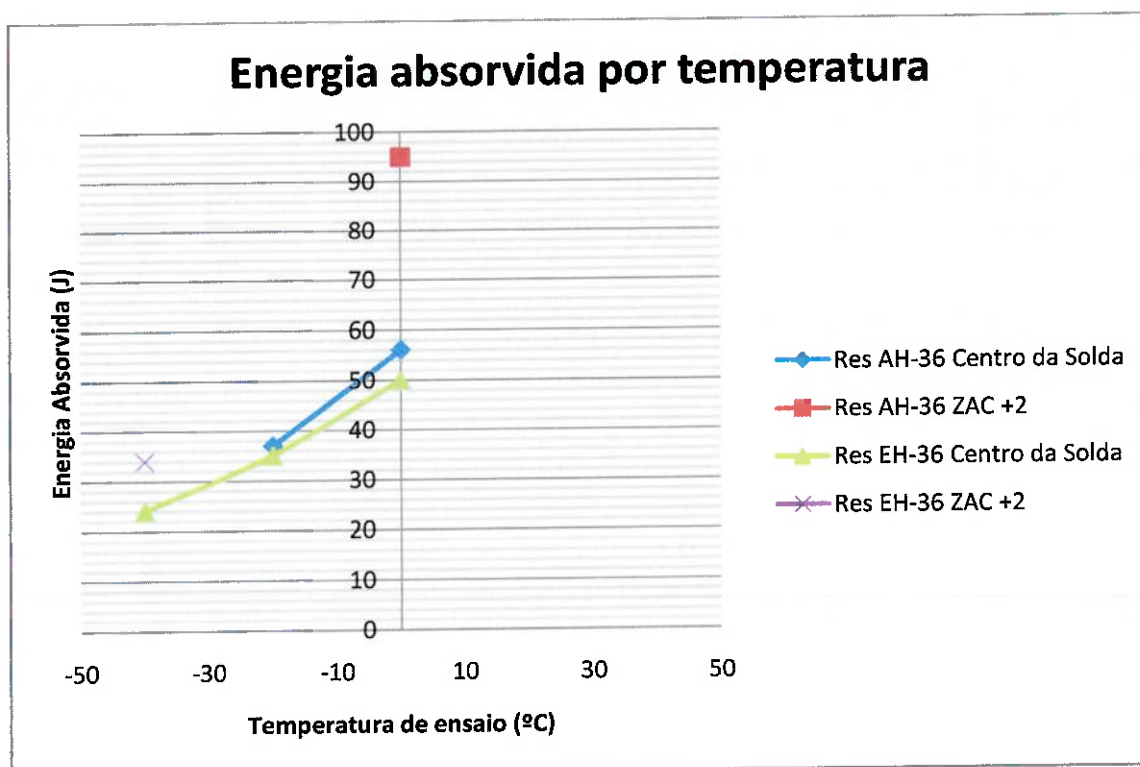
Tabela 5. 3 – Análises químicas dos metais de solda do AH-36

ANÁLISE QUÍMICAS		
	AH-36 (MS) LATERAL	AH-36 (MS) TOPO
C	0,05927	0,05873
Si	0,36195	0,37255
S	0,00465	0,00454
P	0,01105	0,01074
Mn	1,44131	1,44921
Ni	0,02053	0,02031
Cr	0,03267	0,03234
Mo	0,23805	0,24062
V	0,04057	0,04064
Cu	0,03828	0,03795
W	0,00027	0,00000
Ti	0,00302	0,00297
Sn	0,00510	0,00501
Al	0,01377	0,01453
Nb	0,00211	0,00188

5.3 ENSAIOS MECANICOS.

Nos ensaios mecânicos realizados, se pode observar o gráfico a seguir os ensaios de impacto foram realizados em 0°C e -20 °C para o MB AH-36 e 0°C, -20°C e -40°C para o MB EH-36, conforme requisitos da norma ABS.

O MS quando avaliado conforme requisitos do AH-36, apresentou resultados aceitáveis e dentro do esperado, porém o MS quando avaliado dentro de alguns requisitos do EH-36, apresentou possibilidades de melhorias para alcançar melhores resultados, principalmente a -40°C.



6. CONCLUSÕES

Após as análises de ambos os resultados, foi possível alcançar as seguintes conclusões:

- De acordo com os ensaios de impacto na ZAC, foi possível concluir que ambos atendem aos requisitos mínimos da norma, que é 34J.
- Quanto ao metal de solda, o depósito mostrou-se adequado para aplicações em temperaturas até -20 °C, somente.
- Com relação as análises químicas, ambos os materiais atendem a norma ABS. Com relação ao EH-36, de acordo com o esperado, apresentou menor quantidade de carbono e elementos residuais
- Os resultados de impacto encontrados na ZAC foram realizados somente para confirmação dos requisitos da norma, porém é necessário observar que EH-36 passou com valores mínimos. Com isso, podemos concluir que o processo de soldagem, afetou a estrutura do metal de base consideravelmente.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

1. FONSECA, Maurílio Magalhães. Arte Naval. 7. ed. : Serviço de Documentação da Marinha, 2005. p. 0 - 873.
2. WAINER, E.; BRANDI, S. D.; MELO, F. D. H. Soldagem: Processos e Metalurgia. São Paulo: Edgar Blücher, 1995.
3. AWS Welding Handbook. Welding Process. 8. ed. Miami: American Welding Society, 1990. 2 v.
4. WELDING Process. The Procedure Handbook of Arc Welding. 43º Ed. Cleveland: The James F. Lincoln Arc Welding Foundation, 2000.
5. ASM. (1993). *Metals Handbook* (Vols. Volume 6 - Welding, Brazing and Soldering). ASM.
6. MYERS, Tom. FCAW Welding Guide: Innershield Wire. , Cleveland - OH, v. , n. c3.2400, p. 0 - 76. 03/2015.
7. FORTES, Cleber. Apostila de Arames Tubulares. , , v. , n. , p. 0 - 51. 05/2004. Disponível em: <http://www.esab.com.br/>. Acesso em: /12/2014.
8. Machado, M. L., Marques Sobrinho, V. d., & Arrivabene, L. F. (2003). *Siderurgia para Não Siderurgistas*. Vitória: ABM.
9. Usiminas. (Setembro de 2012). SINCRO. Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil: LÁPIS RARO - Agência de Comunicação .
10. Sincron. Usiminas, , v. , n. , p. 0 - 17. 09/2012.
11. CHIAVERINI, Vicente. Tecnologia Mecânica, Processos de Fabricação e Tratamento. São Paulo, 1997.

12. ASSUNÇÃO, Hugo. SOLDABILIDADE DO AÇO AH36 OBTIDO VIA ROTA TMCP UTILIZANDO O PROCESSO DE SOLDAGEM A ARCO SUBMERSO.. São Paulo: , 2013. p. 114.
13. Theophilo Moura Maciel; , Raimundo Carlos Silverio Junior; SILVA, Paulo Guedes da. EFEITO DO CARBONO EQUIVALENTE SOBRE A PRESENÇA DE TRINCAS A FRIO EM JUNTAS SOLDADAS DE AÇOS ARBL . Campina Grande - PB - Brasil: Desconhecido, 2012. p. 575 - 578. Disponível em: <http://www.dem.ufrn.br>. Acesso em: /10/2014.
14. TURANI, Leonardo de Oliveira. A Tecnologia CLC de produção de Chapas Grossas aplicada à indústria de Petróleo e Gás. 2010. Apresentação ao II Seminário de Óleo, Gás e Energia Renováveis Disponível em: <http://ielged.fiemg.com.br>. Acesso em: 05/10/2014.
15. Carbono Equivalente. 2005. Disponível em: <http://www.maxwell.vrac.puc-rio.br>. Acesso em: 09/12/2014

ANEXO I – Certificado –

[illegible]

[illegible]

ANEXO II – Ensaios de Impacto

	RELATÓRIO DE ENSAIO/ANÁLISE Nº 002304-09342-14G-I-003-(S)	
	VIA ORIGINAL	
	<i>"Laboratório pertencente à Rede Brasileira de Laboratórios de Ensaios"</i>	

Empresa Solicitante: LINCOLN ELECTRIC DO BRASIL IND. E COM. LTDA.
 AVENIDA PAPA JOAO PAULO I 1818, CUMBICA – CEP: 07170-350 – GUARULHOS/SP

Informações fornecidas pelo solicitante:

Material.....: AH36
 Amostra.....: LEB 22
 Documento.....: ND
 Fornecedor Declarado.....: ---
 Natureza do ensaio/análise.....: Mecânico

RESULTADOS DO ENSAIO**1. Ensaio de impacto:**

Centro de solda
Temperatura 0,0°C

Corpo de prova A	Resultados Obtidos em Joules	*U (Joules)
CP1	56	± 1,7
CP2	56	± 1,7
CP3	56	± 1,7
Média	56	---

ZAC + 2
Temperatura 0,0°C

Corpo de prova B	Resultados Obtidos em Joules	*U (Joules)
CP1	99	± 1,7
CP2	91	± 1,7
CP3	95	± 1,7
Média	95	---

Centro de solda
Temperatura -20,0°C

Corpo de prova C	Resultados Obtidos em Joules	*U (Joules)
CP1	39	± 1,7
CP2	32	± 1,7
CP3	40	± 1,7
Média	37	---

Preparação: Conforme NORMA CLIENTE

Ensaio: NORMA CLIENTE

Condições Ambientais: Temperatura: 22,0°C

Temperatura de Ensaio CPA: 0,0 °C

Temperatura de Ensaio CPB: 0,0 °C

Temperatura de Ensaio CPC: -20,0 °C

Dimensões: Largura CPA: 10,0 mm Espessura CPA: 10,0mm

SGS LABMAT ANÁLISES E ENSAIOS DE MATERIAIS LTDA.

MATRIZ: Rua João Leonardo Fustano, 201 – Distrito Industrial Uninorte – Piracicaba/SP – CEP: 13413-102 Tel./ Fax: (19) 3917-1670/ 3433-1091
UNIDADE GRANDE SÃO PAULO: Rua Águia, 218 – Itapeিকা – Guarulhos/SP – CEP: 07043-040 – Tel./Fax: (11) 2086-9090
www.oruzolabmat.com.br sac@oruzolabmat.com.br

	RELATÓRIO DE ENSAIO/ANÁLISE Nº 002304-09342-14G-I-003-(S) VIA ORIGINAL <i>"Laboratório pertencente à Rede Brasileira de Laboratórios de Ensaios"</i>	
---	--	---

Dimensões: Largura CPB: 10,0 mm Espessura CPB: 10,0mm

Dimensões: Largura CPC: 10,0 mm Espessura CPC: 10,0mm

Comprimento: 55,0 mm Entalhe em V

Equipamento: LBM-034-4-SP - Indicador e Controlador de Temperatura - Certificado de calibração nº2964/13 - Validade: 30/09/15
 LBM-040-1-SP - Projetor de Perfil - Certificado de Calibração nº LMC 5701-13 - Contemp - Validade: 30/12/14
 LBM-153-SP - Máquina de Ensaio de Impacto - INCertificado de Calibração nº 124671-101ASTM-IPT - Validade: 30/06/14
 LBM-386-SP - Paquímetro Digital - Certificado de Calibração Nº 14264-104-Aferitec - Validade: 31/03/15

Procedimento de análises/ensaios: PT-016-SP Ensaio de Impacto em Materiais Metálicos rev.G**Local do ensaio:** LABORATORIO - GUARULHOS

*A incerteza expandida de medição relatada é declarada como a incerteza padrão da medição multiplicada pelo fator de abrangência k , o qual para uma distribuição t com graus de liberdade efetivos (ν_{eff}) corresponde a uma probabilidade de abrangência de aproximadamente 95%. A incerteza padrão da medição foi determinada de acordo com a publicação EA-4/02.

Data do recebimento da amostra: 13/05/2014**Data da conclusão do ensaio/análise:** 20/05/2014**Nota:** Este relatório cancela e substitui o relatório nº002304-09342-14G-I-003.

GUARULHOS - SP, 20 de Maio de 2014

 Eng. Gustavo Santoro Ceccatto Coordenador de Laboratório - Unidade Guarulhos CREA 506904/976	 Leandro Gusmão da Silva Técnico de Laboratório
Signatário Autorizado Carimbo e Assinatura	Carimbo e Assinatura

Os resultados apresentados no presente relatório têm significação restrita e se aplicam apenas às amostras ensaiadas/analisadas.
 As amostragens enviadas para análise são realizadas pelo próprio cliente.

Este documento tem sua marca de autenticidade gravada. Este Relatório de Ensaio/Análise só deve ser reproduzido completo. Reprodução de partes requer aprovação escrita do Laboratório.
 Este relatório atende aos requisitos de Acreditação pela Cgcre/Inmetro, a qual avaliou a competência do laboratório.

A Cgcre é signatário do Acordo de Reconhecimento Mútuo da ILAC - International Laboratory Accreditation Cooperation e de Acordo Bilateral de Reconhecimento Mútuo com a EA - European Cooperation for Accreditation.

The results presented in this report are limited, and apply only to the samples tested / analyzed.

The samples sent for analysis are responsibility by the customer.

This document is authentic. This Test Report / Analysis can only be reproduced completely. Reproduction of parts requires written approval of the laboratory.

This report meets the requirements of the Accreditation Code / INMETRO, which assessed the competence of the laboratory.

Cgcre is a signatory to the ILAC Mutual Recognition Agreement - International Laboratory Accreditation Cooperation and Bilateral Mutual Recognition Agreement with EA - European Cooperation for Accreditation.

As informações contidas no presente relatório (ou certificado) são obtidas a partir dos resultados de procedimentos de inspeção ou teste ou calibrações ou ensaios realizados em conformidade com as instruções do nosso cliente, e/ou a nossa avaliação de tais resultados com base em quaisquer normas técnicas, práticas comerciais ou aduaneiras, ou outras circunstâncias que deverão, em nossa opinião profissional, serem consideradas. Os resultados acima refletem aquilo que foi encontrado no local e na data da inspeção, teste ou calibração. Este relatório não libera os compradores e vendedores das suas responsabilidades contratuais, nem prejudica o direito de reclamação do comprador contra o fornecedor ou vendedor para compensação de qualquer defeito não detectado durante nossa verificação ou ocorrido depois, seja aparente ou oculto.

Este documento é emitido pela Companhia sob suas condições gerais de serviços acessíveis em http://www.sgs.com/terms_and_conditions.htm. Chamamos atenção para os itens de limitação de responsabilidade, indenização e jurisdição ali definidos. Qualquer alteração não autorizada, rasura ou falsificação do conteúdo ou aparência deste documento é ilegal e os responsáveis poderão ser processados na extensão total da lei.

The information stated in this report (or certificate) is derived from the results of inspection or testing or calibration or essay procedures carried out in accordance with the instructions of our Client, and/or our assessment of such results on the basis of any technical standards, trade custom or practice, or other circumstances which should in our professional opinion be taken into account. The above reflects our findings at time and place of inspection, testing or calibration. This report does not release buyers or sellers from their contractual responsibilities nor does it prejudice buyer's right of claim toward seller/suppliers for compensation for any apparent and/or hidden defects not detected during our inspection or occurring thereafter.

This document is issued by the Company under its General Conditions of Service accessible at http://www.sgs.com/terms_and_conditions.htm. Attention is drawn to the limitation of liability, indemnification and jurisdiction issues defined therein. Any unauthorized alteration, forgery or falsification of the content or appearance of this document is unlawful and offenders may be prosecuted to the fullest extent of the law.

Fim do Relatório

	RELATÓRIO DE ENSAIO/ANÁLISE Nº 002304-09345-14G-I-003-(S) VIA ORIGINAL	
	<i>"Laboratório pertencente à Rede Brasileira de Laboratórios de Ensaios"</i>	

Empresa Solicitante: LINCOLN ELECTRIC DO BRASIL IND. E COM. LTDA.
 AVENIDA PAPA JOAO PAULO I 1818, CUMBICA – CEP: 07170-350 – GUARULHOS/SP

Informações fornecidas pelo solicitante:

Material.....: EH36
 Amostra.....: LEB 23
 Documento.....: ND
 Fornecedor Declarado.....: ---
 Natureza do ensaio/análise.....: Mecânico

RESULTADOS DO ENSAIO

1. Ensaio de impacto:

Centro de Solda
Temperatura 0,0°C

Corpo de prova A	Resultados Obtidos em Joules	*U (Joules)
CP1	55	± 1,7
CP2	45	± 1,7
CP3	49	± 1,7
Média	50	---

Centro de Solda
Temperatura -20,0°C

Corpo de prova B	Resultados Obtidos em Joules	*U (Joules)
CP1	32	± 1,7
CP2	30	± 1,7
CP3	42	± 1,7
Média	35	---

Centro de Solda
Temperatura -40,0°C

Corpo de prova C	Resultados Obtidos em Joules	*U (Joules)
CP1	21	± 1,7
CP2	21	± 1,7
CP3	30	± 1,7
Média	24	---

SGS LABMAT ANÁLISES E ENSAIOS DE MATERIAIS LTDA.

MATRIZ: Rua João Leonardo Fustaino, 201 – Distrito Industrial Uninorte – Piracicaba/SP – CEP: 13413-102 Tel./ Fax: (19) 3917-1670/ 3433-1091
UNIDADE GRANDE SÃO PAULO: Rua Águia, 208 – Itapeica – Guarulhos/SP – CEP: 07043-040 – Tel./Fax: (11) 2086-9090
www.grupolabmat.com.br sac@grupolabmat.com.br

	RELATÓRIO DE ENSAIO/ANÁLISE Nº 002304-09345-14G-I-003-(S)	
	VIA ORIGINAL <i>"Laboratório pertencente à Rede Brasileira de Laboratórios de Ensaios"</i>	

ZAC +2
Temperatura -40,0°C

Corpo de prova D	Resultados Obtidos em Joules	*U (Joules)
CP1	26	± 1,7
CP2	34	± 1,7
CP3	41	± 1,7
Média	34	---

Preparação: Conforme NORMA CLIENTE

Ensaio: NORMA CLIENTE

Condições Ambientais: Temperatura: 22,0°C

Temperatura de Ensaio CPA: 0,0 °C

Temperatura de Ensaio CPB: -20,0 °C

Temperatura de Ensaio CPC: -40,0 °C

Temperatura de Ensaio CPD: -40,0 °C

Dimensões: Largura CPA: 10,0 mm Espessura CPA: 10,0mm

Dimensões: Largura CPB: 10,0 mm Espessura CPB: 10,0mm

Dimensões: Largura CPC: 10,0 mm Espessura CPC: 10,0mm

Dimensões: Largura CPD: 10,0 mm Espessura CPD: 10,0mm

Comprimento: 55,0 mm **Entalhe em V**

Equipamento: LBM-034-4-SP - Indicador e Controlador de Temperatura - Certificado de calibração nº2964/13 - Validade: 30/09/15

LBM-040-1-SP - Projetor de Perfil - Certificado de Calibração nº LMC 5701-13 - Contemp - Validade: 30/12/14

LBM-153-SP - Máquina de Ensaio de Impacto - INCertificado de Calibração nº 124671-101ASTM-IPT - Validade: 31/06/14

LBM-386-SP - Paquímetro Digital - Certificado de Calibração nº 14264-104-Afentec - Validade: 31/03/15

Procedimento de análises/ensaios: PT-06-SP Ensaio de Impacto em Materiais Metálicos rev.G

Local do ensaio: LABORATORIO - GUARULHOS

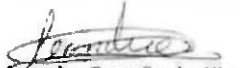
*A incerteza expandida de medição relatada é declarada como a incerteza padrão da medição multiplicada pelo fator de abrangência k , o qual para uma distribuição t com graus de liberdade efetivos (ν_{eff}) corresponde a uma probabilidade de abrangência de aproximadamente 95%. A incerteza padrão da medição foi determinada de acordo com a publicação EA-4/02.

Data do recebimento da amostra: 13/05/2014

Data da conclusão do ensaio/análise: 20/05/2014

Nota: Este relatório cancela e substitui o relatório nº002304-09345-14G-I-003.

GUARULHOS - SP, 20 de Maio de 2014

 Eng. Gustavo Sanfaro Ceccatto Coordenador de Laboratório - Unidade Guarulhos CREA 50696/47976	 Leandro Gusmão da Silva Técnico de Laboratório
Signatário Autorizado Carimbo e Assinatura	Carimbo e Assinatura

Os resultados apresentados no presente relatório têm significação restrita e se aplicam apenas às amostras ensaiadas/analizadas.

As amostras enviadas para análise são realizadas pelo próprio cliente.

Este documento tem sua marca de autenticidade gravada. Este Relatório de Ensaio/Análise só deve ser reproduzido completo. Reprodução de partes requer aprovação escrita do Laboratório.

Este Relatório atende aos requisitos de Acreditação pela Cgcre/Inmetro, a qual atesta a competência do laboratório.

A Cgcre é signatária do Acordo de Reconhecimento Mútuo da ILAC - International Laboratory Accreditation Cooperation e do Acordo Bilateral de Reconhecimento Mútuo com a EA - European Cooperation for Accreditation.

The results presented in this report are limited, and apply only to the samples tested / analyzed.

The samples sent for analysis are responsibility of the customer.

This document is authentic. This Test Report / Analysis can only be reproduced completely. Reproduction of parts requires written approval of the laboratory.

This report meets the requirements of the Accreditation Cgcre / INMETRO, which assessed the competence of the laboratory.

Cgcre is a signatory to the ILAC Mutual Recognition Agreement - International Laboratory Accreditation Cooperation and Bilateral Mutual Recognition Agreement with EA - European Cooperation for Accreditation.

As informações contidas no presente relatório (ou certificado) são obtidas a partir dos resultados de procedimentos de inspeção ou teste ou calibração ou ensaio realizados em conformidade com as instruções do

nosso cliente, e/ou a nossa avaliação de tais resultados com base em quaisquer normas técnicas, práticas comerciais ou aduaneiras, ou outras circunstâncias que devam, em nossa opinião profissional, serem

consideradas. Os resultados acima refletem aquilo que foi encontrado no local e na data da inspeção, teste ou calibração. Este relatório não libera os compradores e vendedores das suas responsabilidades contratuais,

nenhum prejuízo o direito de reclamação do comprador contra o fornecedor ou vendedor para compensação de qualquer defeito não detectado durante nossa verificação ou ocorrido depois, seja evidente ou oculto.

Este documento é emitido pela Companhia sob suas condições gerais de serviços acessíveis em http://www.sgs.com/terms_and_conditions.htm. Chamemos atenção para os itens de limitação de responsabilidade,

indenização e jurisdição ali definidos. Qualquer situação não autorizada, reusa ou falsificação do conteúdo ou aparência deste documento é ilegal e os responsáveis poderão ser processados na extensão total da lei.

The information stated in this report (or certificate) is derived from the results of inspection or testing or calibration or assay procedures carried out in accordance with the instructions of our Client, and/or our

assessment of such results on the basis of any technical standards, trade custom or practice, or other circumstances which should in our professional opinion be taken into account. The above reflects our findings on

time and place of inspection, testing or calibration. This report does not release buyers or sellers from their contractual responsibilities nor does it prejudice buyer's right of claim toward seller/suppliers for

compensation for any apparent and/or hidden defects not detected during our inspection or occurring thereafter.

This document is issued by the Company under its General Conditions of Service accessible at http://www.sgs.com/terms_and_conditions.htm. Attention is drawn to the limitation of liability, indemnification and

jurisdiction issues defined therein. Any unauthorized alteration, forgery or falsification of the content or appearance of this document is unlawful and offenders may be prosecuted to the fullest extent of the law.

Fim do Relatório

SGS LABMAT ANÁLISES E ENSAIOS DE MATERIAIS LTDA.

MATRIZ: Rua João Leonardo Fustaino, 201 - Distrito Industrial Uninorte - Piracicaba/SP - CEP: 13413-102 Tel./ Fax: (19) 3917-1670/ 3433-1091

UNIDADE GRANDE SÃO PAULO: Rua Águia, 208 - Itapeiqua - Guarulhos/SP - CEP: 07043-040 - Tel./Fax: (11) 2086-9090

www.grupolabmat.com.br

sac@grupolabmat.com.br

LH-034-SP

Verificado Por: Mansangela

Aprovado Por: Gustavo Ceccatto

Data: 05/08/13

Rev. D

Pg. 2/3

	RELATÓRIO DE ENSAIO/ANÁLISE Nº 002304-09345-14G-I-003-(S) VIA ORIGINAL "Laboratório pertencente à Rede Brasileira de Laboratórios de Ensaios"	
---	--	---

SGS LABMAT ANÁLISES E ENSAIOS DE MATERIAIS LTDA.

MATRIZ: Rua João Leonardo Fustaino, 201 – Distrito Industrial Uninorte – Piracicaba/SP – CEP: 13413-102 Tel./ Fax: (19) 3917-1670/ 3433-1091

UNIDADE GRANDE SÃO PAULO: Rua Áquila, 208 – Itapegica – Guarulhos/SP – CEP: 07043-040 – Tel./Fax: (11) 2086-9090

www.grupolabmat.com.br

sac@grupolabmat.com.br

LM-034-SP

Verificado Por: Marisangela

Aprovado Por: Gustavo Ceccatto

Data: 05/08/13

Rev. D

Pg. 3/3