

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO TECNOLÓGICO DE JOINVILLE  
CURSO DE ENGENHARIA NAVAL

ANA CAROLINA DE SIMONE GARCIA

AVALIAÇÃO DA SOLDAGEM PULSADA NOS PROCESSOS GMAW E FCAW NA  
PRESENÇA DE PRIMER NAVAL

Joinville

2019

ANA CAROLINA DE SIMONE GARCIA

AVALIAÇÃO DA SOLDAGEM PULSADA NOS PROCESSOS GMAW E FCAW NA  
PRESENÇA DE PRIMER NAVAL

Trabalho apresentado como requisito para  
obtenção do título de bacharel no Curso de  
Graduação em Engenharia Naval do Centro  
Tecnológico de Joinville da Universidade  
Federal de Santa Catarina.

Orientador: Prof. Dr. Tiago Vieira da Cunha.

Joinville

2019

ANA CAROLINA DE SIMONE GARCIA

AVALIAÇÃO DA SOLDAGEM PULSADA NOS PROCESSOS GMAW E FCAW NA  
PRESENÇA DE PRIMER NAVAL

Trabalho apresentado como requisito para  
obtenção do título de bacharel no Curso de  
Graduação em Engenharia Naval do Centro  
Tecnológico de Joinville da Universidade  
Federal de Santa Catarina.

Orientador: Prof. Dr. Tiago Vieira da Cunha.

**Banca Examinadora:**

---

Dr. Tiago Vieira da Cunha  
Orientador  
Presidente

---

Dr. Luís Fernando Peres Calil  
Membro  
Universidade Federal de Santa Catarina

---

Dr. Gabriel Benedet Dutra  
Membro  
Universidade Federal de Santa Catarina

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus e à minha família, que são os responsáveis pela minha vida e pelo caminho que segui até aqui.

Ao meu orientador Tiago Vieira da Cunha por toda a orientação e aprendizados que me proporcionou. Por sempre estar disposto a me auxiliar e em nenhum momento me deixar desanimar. Por me inspirar a sempre ter amor ao trabalho e a buscar constantemente ser uma pessoa melhor e fazer melhor.

Ao Laboratório de Tecnologia da Soldagem – LTS, da Universidade Federal de Santa Catarina, campus Joinville, onde eu tive a oportunidade de realizar e concretizar o meu trabalho. Lugar onde eu tive diversas experiências e aprendizados práticos de engenharia.

A todos os meus companheiros de laboratório, que estiveram sempre dispostos a me ensinar, aconselhar e auxiliar na execução do meu trabalho. Principalmente aos pós-graduandos Ana Clara Rode, Felipe dos Santos e Anna Louise Voigt.

Ao Laboratório de Metrologia e Qualidade industrial - METeQ, da Universidade Federal de Santa Catarina, campus Joinville, pelo empréstimo de instrumentos essenciais ao meu trabalho.

Ao Laboratório de Engenharia Naval, da Universidade Federal de Santa Catarina, campus Joinville, por ceder espaço para execução de parte do meu trabalho.

Aos servidores técnicos da Universidade Federal de Santa Catarina, campus Joinville, por todo auxílio prestado

A Navship, pela doação do arame tubular utilizado nos ensaios de soldagem, e ao meu colega de curso Marlon Amaral por proporcionar esse ato.

## RESUMO

A soldagem GMAW e FCAW são processos altamente empregados na indústria naval devido ao seu nível de automação e variabilidade em suas configurações. Os estaleiros onde ele está presente encontram-se em sua grande maioria no litoral, onde sofrem grande ação da umidade e da maresia. O que torna necessário serem tomadas medidas de proteção contra oxidação para as chapas metálicas não sofrerem danos químicos durante estocagem e processamento. Como ferramenta contra a corrosão é utilizada uma tinta do tipo Shop Primer que oferece proteção catódica às chapas, ela é aplicada ainda no momento de estocagem para garantir devida proteção. Todo estaleiro busca eficiência na construção de uma embarcação, pois se trata de um processo longo e composto de muitos detalhes. Tendo isso em vista, a tinta primer pode não ser, em alguns casos, devidamente retirada das chapas antes da soldagem e isso pode comprometer os cordões de solda, pois a soldagem se trata de um processo de união metálica. A tinta na superfície da peça de trabalho é um elemento discordante às características do processo e pode causar danos indesejados ao cordão de solda. Com base nesse problema o presente trabalho tem como propósito analisar a influência da presença do primer no processo de soldagem e na qualidade final do cordão de solda, também investigando quais condições mais propiciam o surgimento de defeitos e em quais o processo não é afetado. Para obtenção dessas condições foram utilizados na realização dos ensaios o arame maciço e tubular. Duas configurações de soldagem para cada arame e corpos de prova com quatro espessuras diferente de primer para cada configuração. A fim de avaliar a influência para diferentes combinações de níveis de soldagem e espessuras da tinta. Os resultados obtidos foram positivos, onde os processos apresentaram considerável nível de respingos, mas foram estáveis. Os cordões de solda apresentaram aspecto íntegro e uniforme externamente, mas internamente os cordões de cada arame tiveram características diferentes. O FCAW apresentou uma penetração muito baixa em todas as configurações, e cordões com melhor molhabilidade e largura. Enquanto o processo GMAW obteve valores de reforço e penetração melhor do que com arame tubular. Ao final da análise pode-se concluir que a soldagem na presença do primer utilizado é viável e os resultados do GMAW apresentaram melhores aspectos.

**Palavras-chave:** Primer. Soldagem. GMAW. FCAW. Cordão de solda.

## ABSTRACT

GMAW welding is a highly used process in the marine industry, which deals with handling of various metals, due to its level of automation and variability in its configurations. The shipyards where it is present are in the great majority on the coast, where they suffer great action of the humidity and the sea air. What makes it necessary to take measures of protection against oxidation for the metal sheets do not suffer chemical damages during storage and processing. As a tool against corrosion a Shop Primer type paint is used which provides cathodic protection to the plates, it is apply at the time of storage to ensure proper protection. Every shipyard looks for efficiency in the construction of a boat, because it is a long process and is composed of lot of details. With this in mind, the primer is often not properly remove from the plates before welding and this may compromise the weld beads, since welding is a process of metal bonding by techniques involving metals. The ink on the surface between the welding torch and the base part is an element that is inconsistent with the process characteristics and can cause undesirable damage to the weld bead and sheet metal. Based on this problem, the present work analyzes the influence that the presence of this ink has on the welding process and on the final quality of the weld bead and the metal plate, also investigating which conditions are most conducive to the appearance of defects and in which the process is not affected. In order to obtain these conditions, the solid and tubular wire were used in the tests, when tubular wire is used, the variation in the name of the process for FCAW occurs. Two weld configurations for each wire and test pieces with four different thicknesses of primer for each configuration. In order to evaluate the influence for different combinations of welding levels and ink thicknesses. The results were positive, where the processes presented a considerable level of spatter, but were stable. The weld beads presented an intact and uniform appearance externally, but internally the strands of each wire had different characteristics. FCAW showed a very low penetration in all configurations, and cords with better wettability and width. While the GMAW process obtained satisfactory reinforcement values, and penetration better than with tubular wire. At the end of the analysis it was concluded that the welding in the presence of the primer used is feasible and the results of the solid wire presented better aspects.

**Keywords:** GMAW. Welding. Primer. Corrosion. Weld bead.

## LISTA DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 1 - Soldagem GMAW .....   | 15 |
| Figura 2 - Diagrama de modos de transferência no processo GMAW e FCAW .....  | 16 |
| Figura 3 - Representação do comportamento da corrente: (Ip) corrente de pico, (Ib) corrente de base), (tp) tempo de pico, (tb) tempo de base, (Ic) corrente média) .....                                 | 17 |
| Figura 4 - Demonstração de soldagem no corpo de prova .....  | 21 |
| Figura 5 Bancada de ensaios: fonte de soldagem (1), tracionador (2), sistema de deslocamento (3), sistema de refrigeração (4), cilindro de gás (5), tocha de soldagem (6), sistema de aquisição (7)..... | 23 |
| Figura 6 - Oscilograma da corrente no processo GMAW 150 A .....  | 25 |
| Figura 7 - Geometria do cordão: penetração (P), largura (L), reforço (R), área depositada (Ad), área fundida (Af), ângulo de molhamento ( $\alpha$ ).....  | 26 |
| Figura 8 - Cordões de solda obtidos nos ensaios GMAW 100 A.....  | 27 |
| Figura 9 - Cordões de solda obtidos nos ensaios GMAW 150 A.....  | 28 |
| Figura 10 - Cordões de solda obtidos nos ensaios FCAW 100 A .....  | 28 |
| Figura 11 - Cordões de solda obtidos nos ensaios FCAW 150 A .....  | 29 |
| Figura 12 - Macrografia dos cordões de solda obtidos nos ensaios GMAW 100 A .....  | 30 |
| Figura 13 - Macrografias dos cordões de solda obtidos nos ensaios GMAW 150 A.....  | 31 |
| Figura 14 - Macrografias dos cordões de solda obtidas nos ensaios FCAW 100 A.....  | 32 |
| Figura 15 - Macrografia dos cordões de solda obtidos nos ensaios FCAW 100 A.....   | 33 |
| Figura 16 - Gráfico comparativo do ângulo de molhamento do cordão de solda entre as configurações de soldagem.....   | 34 |
| Figura 17 - Gráfico da largura dos cordões de solda obtidos .....  | 35 |
| Figura 18 - Gráfico da penetração dos cordões de solda obtidos .....   | 36 |
| Figura 19 - Gráfico do reforço dos cordões de solda obtidos.....   | 37 |
| Figura 20 - Gráficos comparativos da área fundida e da área depositada entre as correntes média para cada processo .....   | 38 |
| Figura 21 - Oscilogramas da tensão no processo GMAW 150 A para as condições sem primer e com primer .....  | 39 |
| Figura 22 - Oscilogramas da tensão no processo FCAW 150 A para as condições sem primer e com primer .....  | 40 |

## LISTA DE TABELAS

|   |    |
|---|----|
| Tabela 1- Composição do aço ASTM A36 .....  | 20 |
| Tabela 2 - Componentes do Shop Primer .....   | 21 |
| Tabela 3 - Espessuras médias de primer por camada aplicada.....                                 | 22 |
| Tabela 4 - Valores de correntes e tempos da operação da fonte de soldagem no modo pulsado ..... | 25 |

## **LISTA DE QUADROS**

|   |    |
|---|----|
| Quadro 1 - Parâmetros variáveis utilizados nos ensaios de soldagem..... | 23 |
|---|----|

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ASTM - American Society for Testing and Materials

AWS - American Welding Society

DNV GL - Det Norske Veritas Germanischer Lloyd

FCAW - Flux-cored Arc Welding

GMAW - Gas Metal Active Welding

MAG - Metal Active Gas

MIG - Metal Inert Gas

USB - Universal Serial Bus

## LISTA DE SÍMBOLOS

|    |                        |                    |
|----|------------------------|--------------------|
| A  | Corrente               | [Ampere]           |
| Af | Área fundida           | [mm <sup>2</sup> ] |
| Ar | Área do reforço        | [mm <sup>2</sup> ] |
| L  | Largura                | [mm]               |
| P  | Penetração             | [mm]               |
| R  | Reforço                | [mm]               |
| V  | Tensão                 | [Volt]             |
| Va | Velocidade do arame    | [m/min]            |
| Vs | Velocidade de soldagem | [cm/min]           |

## SUMÁRIO

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1. INTRODUÇÃO .....</b>                      | <b>12</b> |
| 1.1. OBJETIVOS .....                            | 13        |
| <b>1.1.1. Objetivo Geral .....</b>              | <b>13</b> |
| <b>1.1.2. Objetivos Específicos.....</b>        | <b>13</b> |
| <b>2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>            | <b>15</b> |
| 2.1. OS PROCESSOS GMAW E FCAW .....             | 15        |
| 2.2. PRIMER NAVAL .....                         | 17        |
| 2.3. ESTUDOS SOBRE PRIMER NA SOLDAGEM .....     | 18        |
| <b>3. MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>             | <b>20</b> |
| 3.1. PREPARAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA .....       | 20        |
| 3.2. PROCESSO DE SOLDAGEM .....                 | 22        |
| 3.4. PREPARAÇÃO METALOGRAFICA .....             | 26        |
| <b>4. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>         | <b>27</b> |
| 4.1. ANÁLISE EXTERNA DOS CORDÕES DE SOLDA ..... | 27        |
| 4.2. ANÁLISE INTERNA DOS CORDÕES DE SOLDA ..... | 29        |
| <b>5. CONCLUSÕES.....</b>                       | <b>41</b> |
| <b>6. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....</b> | <b>42</b> |
| <b>REFERÊNCIAS .....</b>                        | <b>43</b> |
| <b>ANEXOS .....</b>                             | <b>44</b> |

## 1. INTRODUÇÃO

A construção naval brasileira é um setor que manipula diversos tipos de aços e atua, principalmente, na união desses metais, utilizando como principal processo de união a soldagem. Neste contexto, um dos processos mais presentes é o Gas Metal Active Welding (GMAW) e Flux-cored Active Welding (FCAW), ambos similares, utilizam fonte de calor provinda de um arco elétrico mantido entre eletrodo e a peça, promovendo a fusão do material. É utilizado para realizar a união de chapas, reforçadores, entre outros elementos estruturais de um navio.

Os estaleiros, em sua grande maioria, estão localizados na costa, próximos ao mar para facilitar o lançamento das embarcações. O litoral apresenta elevada umidade relativa do ar e alta salinidade do ambiente devido a maresia. Tais condições propiciam a corrosão de superfícies metálicas. E devido à quantidade de metais ali manipulados, a corrosão se torna um grande problema aos estaleiros. Como solução, é aplicada uma tinta protetora nas chapas, chamada de Primer. O Primer é uma tinta classificada como de fundo ou primária, aplicada diretamente ao substrato e contém na composição pigmentos anticorrosivos. (GENTIL, 2007).

A construção de um grande navio é longa e composta de muitas etapas, o que acarreta na busca de eficiência nos processos com a finalidade de reduzir o alto tempo de produção.

Com isso, alguns detalhes simples da produção podem acabar sendo deixados de lado, como a adequada limpeza de uma superfície antes da soldagem. Além de que, dentro de um estaleiro, é difícil garantir uma qualidade final das soldas, uma vez que o soldador, como ser humano acaba sendo uma fonte de erros ao processo.

Nesse contexto, muitas vezes o primer não é retirado das chapas antes da soldagem, e sua união é realizada de maneira incorreta. Visto que o processo de Soldagem é uma operação de união que visa garantir a continuidade das propriedades metalúrgicas e químicas da peça (MODENESI, 2012). A presença do primer como elemento diferente pode interferir nessa continuidade.

Estudos já realizados na área por diferentes autores existem a fim de analisar

processos de união metálica na presença de primer. Análises quanto à porosidade, estabilidade do processo, características físicas dos cordões de solda foram realizadas para diferentes processos de soldagem. Características como respingos, alta porosidade devido à concentração de zinco, regiões com concentração de tensão são os mais encontrados.

Considerando todos esses fatos, o presente trabalho consistirá em analisar as consequências no cordão de solda quando realizada a soldagem GMAW e FCAW, em chapas de aço carbono com diferentes espessuras de primer naval aplicadas em sua superfície.

Será realizada inspeção visual da região externa do cordão e análise metalográfica para avaliar a morfologia da região interna. Ao final do trabalho espera-se compreender quais níveis que são aceitáveis ao realizar a soldagem.

## 1.1. OBJETIVOS

Visto que dentro da construção naval a soldagem inadequada na presença do primer pode acarretar diversos problemas. Para se tornar possível a análise da influência do primer no interior da região soldada de um aço naval, serão tomados os seguintes objetivos.

### 1.1.1. Objetivo Geral

Nesse trabalho serão realizados ensaios de soldagem GMAW e FCAW, com modo de transferência pulsada, variando a espessura do primer aplicado sobre chapas de aço ASTM A36 e os níveis de energia do processo para avaliar as limitações de parâmetros que permitem uma soldagem correta dentro do cenário apresentado.

### 1.1.2. Objetivos Específicos

- Aplicar e caracterizar a diferentes espessuras de primer sobre os corpos de prova.
- Definir parâmetros de soldagem da corrente pulsada para os arames ER70S-6 e E71T-1.
- Realizar ensaios de soldagem com os processos GMAW e FCAW empregando corrente pulsada.
- Analisar o efeito do primer quanto à estabilidade do processo.

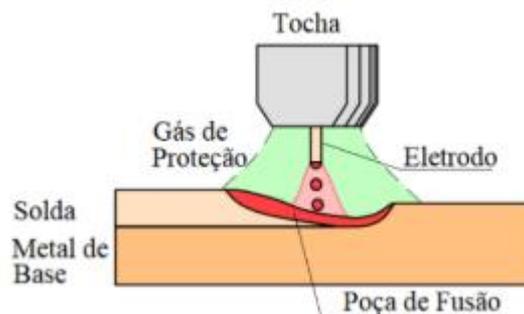
- Analisar os cordões de solda resultantes quanto à presença de descontinuidades e aspectos morfológicos.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1. OS PROCESSOS GMAW E FCAW

Dentre os variados processos de soldagem utilizados na indústria, um dos predominantes é a soldagem GMAW. Processo no qual se utiliza o calor de um arco elétrico para fundir a peça de base e eletrodo consumível. Se trata de um processo com alimentação de arame constante e automatizada, em que ele é desbobinado por um tracionador e direcionado à tocha de soldagem. Trata-se de um processo muito versátil, com alta taxa de deposição, que proporciona produtividade, devido ao método de alimentação do arame. Nesse processo, o metal fundido na ponta do arame tem que se transferir para a poça de fusão. Essa transferência depende da configuração dos parâmetros de soldagem. (MODENESI, 2012). A figura 1 ilustra o esquema do processo de soldagem GMAW.

Figura 1 - Soldagem GMAW



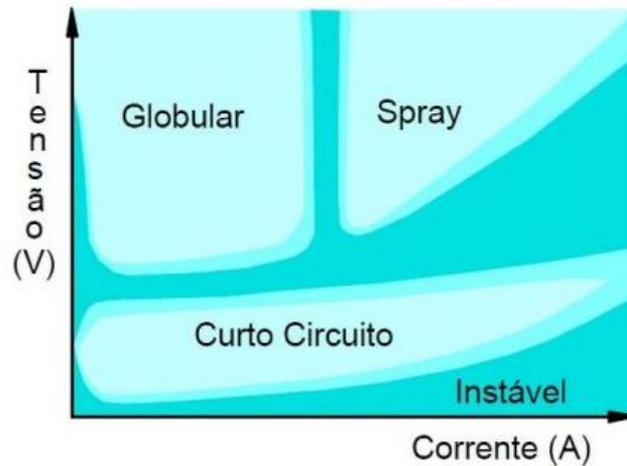
Fonte: Modenesi (2012, p.234).

Similar ao processo GMAW, existe a soldagem FCAW, quando o arame utilizado é do tipo tubular, esse arame contém fluxo dentro, com a finalidade de maior proteção da poça de fusão e obtenção de melhor qualidade do cordão de solda. Durante o processo de soldagem FCAW é gerado devido à presença do fluxo, uma escória, que permanece acima do cordão de solda e é retirada após sua “solidificação”.

Existem variáveis configurações para os processos GMAW e FCAW que podem ser classificadas pelo modo que a gota de metal fundido é transferida do arame para a poça de fusão. Esses modos são: globular, goticular (ou spray) e curto-circuito. Eles são definidos conforme a combinação de corrente e tensão do processo, e existe definida a chamada

corrente de transição, em que, como pode-se observar na figura 2, para valores abaixo dela tem-se a transferência globular, e para valores acima dela a transferência no modo goticular (ou spray).

Figura 2 – Diagrama de modos de transferência no processo GMAW e FCAW

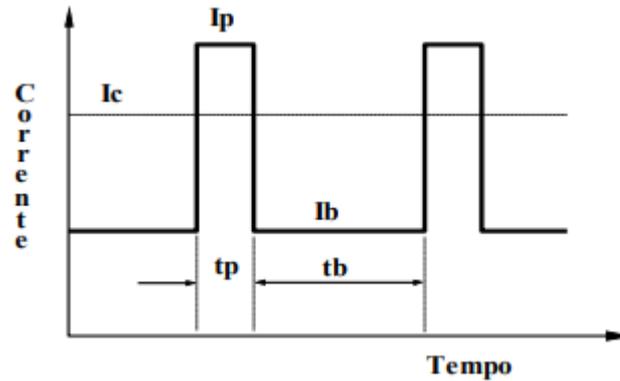


Fonte: Modenesi (2012, p.20).

Porém, como esses modos de transferência são dependentes da corrente, eles estão diretamente ligados ao aporte de energia do processo. Como forma alternativa existe o modo de transferência controlado do tipo pulsado. Esse modo tem como objetivo obter uma transferência controlada do metal de adição com as características desejáveis da transferência goticular (ou spray), mas com níveis bem baixos de corrente média (MODENESI,2012).

Ele atua com a oscilação da corrente em pulsos como mostrado na figura 3. Trabalha-se com dois valores de corrente, uma de base, baixa, inferior à corrente de transição, onde a gota de metal é fundida no arame, e uma corrente de pulso, alta, acima da corrente de transição, que faz com que a gota seja transferida para a poça.

Figura 3- Representação do comportamento da corrente: ( $I_p$ ) corrente de pico, ( $I_b$ ) corrente de base), ( $t_p$ ) tempo de pico, ( $t_b$ ) tempo de base, ( $I_c$ ) corrente média)



Fonte: Modenesi (2012, p.25).

A transferência no modo pulsado exige a utilização de uma fonte de soldagem eletrônica, com alto controle dos parâmetros de soldagem. Isso possibilita um alto controle do processo em questão e, principalmente, de aporte de energia. O que possibilita variar os valores de corrente média sem comprometer a estabilidade do processo. É possível trabalhar com a transferência goticular com uma corrente média menor, e assim menor aporte de energia, mais controle e estabilidade do processo.

## 2.2. PRIMER NAVAL

Um dos maiores problemas presentes em toda indústria que manipula aço carbono é a corrosão. Que se trata da deterioração do material metálico por ação química ou eletroquímica do ambiente. (GENTIL,2007). Independente da etapa de processamento, o aço precisa ser protegido para não sofrer corrosão e evitar que suas propriedades sejam danificadas. Pois o ambiente marinho possui alta umidade e salinidade, grandes causadores da oxidação.

Nos estaleiros as chapas são devidamente tratadas e protegidas já para estocagem. Antes de serem armazenadas, elas recebem sua primeira pintura de proteção com as chamadas tintas de fundo ou primárias, mais conhecidas como Shop Primers, aplicadas em contato direto com o substrato, e exercem mecanismo de proteção catódica, para o metal não sofrer oxidação antes mesmo de seu processamento.

Essa tinta possui como seus constituintes fundamentais o veículo fixo, pigmentos, solventes e aditivos. Para atmosferas marinhas e industriais, é recomendado o uso de tintas ricas em zinco à base de Silicato de Etila ou pigmentadas com Óxido de ferro e Fosfato de zinco (GENTIL, 2007).

### 2.3. ESTUDOS SOBRE PRIMER NA SOLDAGEM

Há presente na literatura trabalhos relacionados à processos de união de superfícies contendo primer. Onde são analisadas através de maneiras distintas o efeito da presença da tinta na união metálica resultante.

Vasconcelos (2014), acompanhando a rotina de um estaleiro, analisou a soldagem com eletrodo revestido, arco submerso e arame tubular realizadas em chapas de aço não especificadas, com 8 mm de espessura, mas já recebido pelo estaleiro com a presença do shop primer, não especificado. Nele foi observado o processo de união entre as chapas em que primeiro era realizada a soldagem por pontos com o eletrodo revestido, e depois concluída a união com arco submerso.

No caso do arco submerso foi utilizado uma corrente média de 500 A, tensão média de 30 V e velocidade de soldagem de 130 cm/min para o primeiro passe, e 60 cm/min para o segundo passe. Esse processo foi analisado repetidas vezes para união de diferentes chapas. Nos primeiros passes realizados foi observada a alta presença de poros ao longo do cordão, que eram reparadas com o uso de esmeril para tentar garantir a continuidade do cordão de solda. Posteriormente foi acompanhada a etapa de união dos reforçadores às chapas utilizando arame tubular, através do processo FCAW, com tensão de 30 V configurada na fonte e com corrente de 26 A à 28 A mostradas por amperímetro, para diferentes velocidade de arame entre 80 m/min e cerca de 200 m/min. Durante a realização dessa etapa foi observado pelo soldador a falta de limpeza da região a ser soldada, e mesmo assim ele realizou a soldagem. A presença de poros ao final da soldagem também foi constatada, e nesse caso não eram corrigidos através do esmerilhamento, apenas escondidos com ponteiros de solda.

Ao final ele concluiu como inadmissível a soldagem sobre o aço na presença de primer por provocar poros, alto índice de respingos causados pela instabilidade do arco, assim como também inadmissível o reparo dos cordões apenas por pontos de solda, por não corrige os poros presentes no fundo do cordão.

Azevedo et al. (2016) analisou soldagem por fricção em chapas aço GL A36 com 4 mm de espessura com a presença de primer rico em zinco, e verificou que, mesmo com a presença da tinta a qualidade do processo não foi afetada. Porém detectou um aumento da dureza do material e de regiões com concentração de tensão devido à alteração da microestrutura do material, em que foi detectado o aparecimento de martensita. Assim como uma redução na presença do Carbono devido a reações com os componentes da tinta.

Cunha, Garcia e Rios (2017) ao analisarem o processo GMAW no modo curto circuito com corrente média de 121 A e tensão média de 17 V. Em chapas de aço ASTM 569 com espessuras de 0,0784 a 0,2884 de primer aplicadas. Obtiveram resultados interessantes quanto à execução do processo, onde ocorreu uma excessiva liberação de fumaça durante os ensaios e foi observada a incidência de chamas de cor esverdeada durante o ensaio de uma chapa com 0,2574 mm de espessura de primer. Foi também observado que os cordões de solda de aparência mais íntegra foram aqueles onde as espessuras de primer eram menores.

Narayanan et al. (2015) estudaram os efeitos da soldagem em aço ATSM A653, que se trata de um aço galvanizado, analisando a influência da presença do zinco no processo. Realizando soldagem no modo de transferência pulsado com arame ER70S-6 de 1,1 mm de bitola, onde se observa a ocorrência de porosidade, falta de penetração do cordão de solda, e incidência de respingos durante o processo. Esse estudo é levado em consideração pois o zinco é um dos principais componentes constituintes da tinta primer, o que torna discutível seus efeitos sob o processo. Uma vez que sua presença durante o processo de soldagem pode causar indevida inclusão no cordão de solda e alterações na microestrutura do material.

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1. PREPARAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA

Os corpos de prova utilizados para trabalho foram de aço ASTM A36, esse aço foi selecionado por se tratar do tipo mais utilizado na indústria naval. A tabela 1 apresenta sua composição:

Tabela 1- Composição do aço ASTM A36

| <b>Elemento</b> | <b>Composição em % do peso</b> |
|-----------------|--------------------------------|
| Carbono         | 0,26                           |
| Manganês        | --                             |
| Fósforo         | Máx. 0,04                      |
| Enxofre         | Máx. 0,05                      |
| Silício         | Máx. 0,4                       |
| Cobre           | Mín. 0,2 (quando exigido)      |

Fonte: Norma ASTM A 36/A 36M (1996).

Foram cortados e lixados corpos de prova com dimensões de 200x75x8 mm, e então aplicada a tinta Primer, trabalho realizado no Laboratório de Engenharia Naval, da Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Joinville.

Foi pintada uma área de 65% da superfície das chapas, com um comprimento de 130mm, de modo a iniciar o processo soldando na região fora do primer, adentrar na região de primer e encerrar o processo ainda nessa região, como mostrado na figura 4.

Figura 4 - Demonstração de soldagem no corpo de prova



Fonte: A autora (2019).

A tinta utilizada foi a do tipo Shop Primer de Etil Silicato de Zinco, em que o fabricante garante a soldabilidade, certificado pela DNV GL e Lloyd's Register. Ela é obtida através da mistura de dois componentes. A tabela 2 apresenta a composição informada pelo fabricante:

Tabela 2 - Componentes do Shop Primer

| <b>Componente A</b>  | <b>Componente B</b>        |
|----------------------|----------------------------|
| Alcóois              | Resina Silicato inorgânico |
| Zinco Metálico       | Aditivos                   |
| Cargas Minerais      | Solventes alifáticos       |
| Pigmentos ativos     | Solventes aromáticos       |
| Pigmentos inertes    | -                          |
| Solventes Aromáticos | -                          |

Fonte: Fabricante da tinta Shop Primer utilizada. (2019)

Foi utilizado rolo de pintura para aplicação a partir de 2 camadas de tinta, e uso de pincel para aplicação de 1 camada a fim de se atingir precisão da espessura.

A tinta foi aplicada de uma a quatro camadas nos corpos de prova. Então, com o uso de um micrômetro foram medidas as espessuras das chapas sem primer e com primer em diferentes pontos.

Para a região sem primer foram tiradas 5 medidas e excluídas as duas medidas mais discrepantes, e então calculada uma média da espessura da região com os dados restantes. Para a região com primer calculadas foram tiradas 10 medidas e excluídas as 3 medidas mais discrepantes, e então calculada uma média da espessura da região com os dados restantes. Então foram subtraídas as respectivas médias para obter um valor médio das espessuras das camadas de primer.

Esse procedimento foi feito para todos os corpos de prova, ou seja, obteve-se diferentes espessuras médias para cada um dos quatro números de camadas de primer. Então a partir de cada grupo dessas médias, foram calculadas novamente médias, finais, da espessura da tinta, conforme indicado na tabela 3.

Tabela 3 - Espessuras médias de primer por camada aplicada

| <b>Nº de camadas</b> | <b>Espessura (<math>\mu\text{m}</math>)</b> |
|----------------------|---|
| 1                    | 13,0  |
| 2                    | 45,0  |
| 3                    | 68,0  |
| 4                    | 85,0  |

Fonte: A autora (2019).

A faixa de aplicação recomendada pelo fabricante é de espessura máxima de 20 $\mu\text{m}$ . Nesse caso, somente a espessura relativa à uma camada de primer respeita essa faixa. O restante das espessuras está acima desse valor, mas mesmo assim foram submetidas aos ensaios para testar a influência do primer. Pois no ambiente de um estaleiro, onde ele é aplicado, os métodos de aplicação e conferência podem ser imprecisos e nem sempre a espessura final vai respeitar esse limite.

### 3.2. PROCESSO DE SOLDAGEM

Para a realização dos ensaios de soldagem foi montada uma bancada no Laboratório de Tecnologia da Soldagem – LTS, da Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Joinville. Com uma fonte de soldagem modelo Digiplus A7, com capacidade de corrente de até 450 A. Para operar no modo de corrente pulsada foi utilizada a função de modo sinérgico

da fonte, na qual ela configura automaticamente as correntes de pulso e de base, os tempos de pulso e de base, assim como a velocidade do arame.

Para alimentação do arame foi utilizado um tracionador, para manter a saída constante de arame através da tocha MIG/MAG, equipada com sistema de refrigeração.

A tocha foi fixada no sistema de descolamento Tartílope V2, sistema que se desloca sobre trilho, que permite o ajuste da posição inicial e final do trajeto, e também da velocidade de soldagem.

Para a aquisição dos dados foi utilizado o sistema SAP V4 que ao ser conectado na saída da fonte, permite ler os níveis de corrente e tensão de arco do processo, bem como a velocidade do arame. A figura 5 apresenta o modo como foi organizada a bancada de ensaios.

Figura 5 - Bancada de ensaios: fonte de soldagem (1), tracionador (2), sistema de deslocamento (3), sistema de refrigeração (4), cilindro de gás (5), tocha de soldagem (6), sistema de aquisição (7).



Fonte: A autora (2019).

Os ensaios foram realizados na posição plana para dois diferentes processos GMAW e FCAW, e para cada um deles foram definidas duas correntes médias de soldagem, de 100 A e 150 A. Gerando 4 combinações de corrente média e tipo de processo. Para cada combinação

obtida foram realizados ensaios de soldagem em corpos de prova possuindo 4 diferentes espessuras de tinta aplicadas. Totalizando 16 corpos de prova, sendo 8 pertencente ao processo GMAW e 8 ao processo FCAW. Foram utilizados arames com bitola de 1,2 mm e os gases selecionados para cada processo foi de acordo com a norma AWS 5.36. Esses dados estão apresentados no quadro 1, onde estão sinalizados, respectivamente, os 4 grupos de combinações: GMAW 100 A, GMAW 150 A, FCAW 100 A e FCAW 150 A.

Quadro 1 - Parâmetros variáveis utilizados nos ensaios de soldagem

| Corpo do Prova | Nº de camadas | Corrente média (A) | Va (m/min) | Processo | Gás                     | Arame   |
|----------------|---------------|--------------------|------------|----------|-------------------------|---------|
| 1A             | 1             | 100                | 2,3        | GMAW     | Ar + 5%CO <sub>2</sub>  | ER70S-6 |
| 2A             | 2             |                    |            |          |                         |         |
| 3A             | 3             |                    |            |          |                         |         |
| 4A             | 4             |                    |            |          |                         |         |
| 1B             | 1             | 150                | 3,7        |          |                         |         |
| 2B             | 2             |                    |            |          |                         |         |
| 3B             | 3             |                    |            |          |                         |         |
| 4B             | 4             |                    |            |          |                         |         |
| 1C             | 1             | 100                | 3,3        | FCAW     | Ar + 15%CO <sub>2</sub> | ER71T-1 |
| 2C             | 2             |                    |            |          |                         |         |
| 3C             | 3             |                    |            |          |                         |         |
| 4C             | 4             |                    |            |          |                         |         |
| 1D             | 1             | 150                | 4,7        |          |                         |         |
| 2D             | 2             |                    |            |          |                         |         |
| 3D             | 3             |                    |            |          |                         |         |
| 4D             | 4             |                    |            |          |                         |         |

Fonte: A autora (2019).

Os demais parâmetros de soldagem como velocidade de soldagem de 20 cm/min, DBCP de 18 mm e vazão de gás de 18 l/min foram constantes em todas as configurações dos processos.

O modo sinérgico da fonte de soldagem determina eletronicamente os valores de corrente de base e de pulso, e tempo de base e pulso baseado na corrente média que o usuário requiere e em dados do arame a ser utilizado. Pelo sistema de aquisição foram obtidos esses valores para os processos de soldagem na peça referência, sem a presença do primer, presentes na tabela 4.

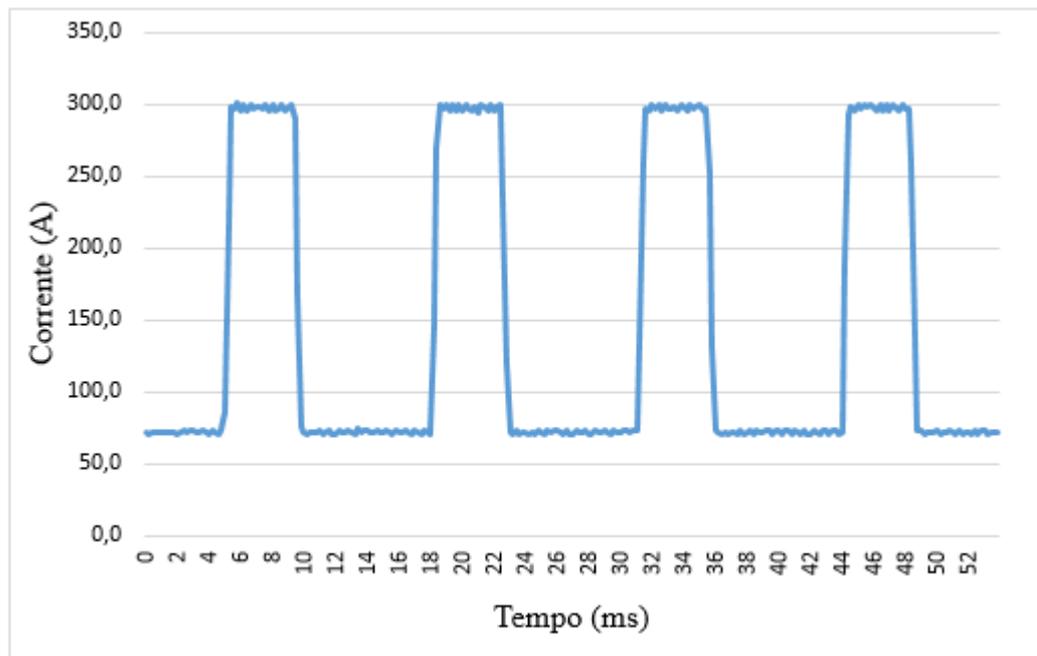
Tabela 4 - Valores de correntes e tempos da operação da fonte de soldagem no modo pulsado

| <b>Dados</b>          | <b>GMAW 100A</b> | <b>GMAW 150A</b> | <b>FCAW 100A</b> | <b>FCAW 150A</b> |
|-----------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| Corrente de base (A)  | 40               | 72               | 64               | 104              |
| Tempo de base (ms)    | 14               | 8                | 24               | 25               |
| Corrente de pulso (A) | 297              | 299              | 299              | 282              |
| Tempo de pulso (ms)   | 4                | 4                | 4                | 5                |

Fonte: A autora (2019).

Através do sistema de aquisição foram coletados valores como a corrente e a tensão durante os processos. Na figura 6 é apresentado o oscilograma da corrente referente a um trecho de aproximadamente 0,05 segundo de soldagem do processo GMAW com corrente média de 150 A na chapa com espessura de 85  $\mu\text{m}$  de primer. Onde fica evidente o modo pulsado que a fonte consegue estabelecer, tendo definidos e constantes os intervalos de tempo de base e de pico e corrente de base e de pico.

Figura 6 - Oscilograma da corrente no processo GMAW 150 A



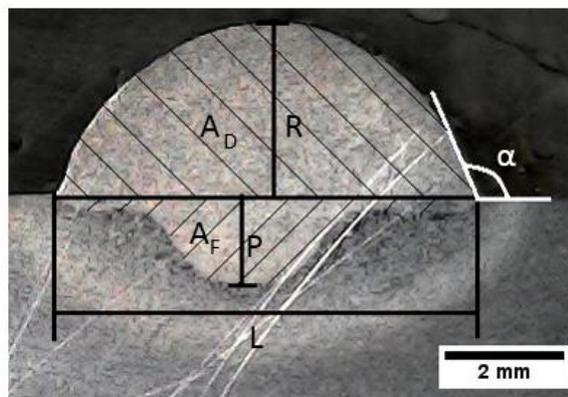
Fonte: A autora (2019).

### 3.4. PREPARAÇÃO METALOGRAFICA

Foi realizada preparação metalográfica para ser possível analisar a secção transversal do cordão de solda e, assim, sua morfologia. O preparo foi realizado no Laboratório de Tecnologia da Soldagem – LTS, da Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Joinville.

Os corpos de prova foram cortados em dimensão suficiente para conter toda a largura do cordão de solda e ser compacto para o embutimento. Após o corte as amostras foram embutidas em resina para melhor manipulação e segurança, e então lixadas nas lixas 80, 120, 180, 240, 400, 600. Foi realizado o ataque químico na peça com Nital 4%, através do método de esfregamento com auxílio de algodão, de modo a revelar a zona fundida do cordão de solda. Através do software ImageJ foram realizadas medições dos principais aspectos da secção transversal do cordão de solda a serem analisados, como mostrado na figura 7.

Figura 7 - Geometria do cordão: penetração (P), largura (L), reforço (R), área depositada ( $A_D$ ), área fundida ( $A_F$ ), ângulo de molhamento ( $\alpha$ )



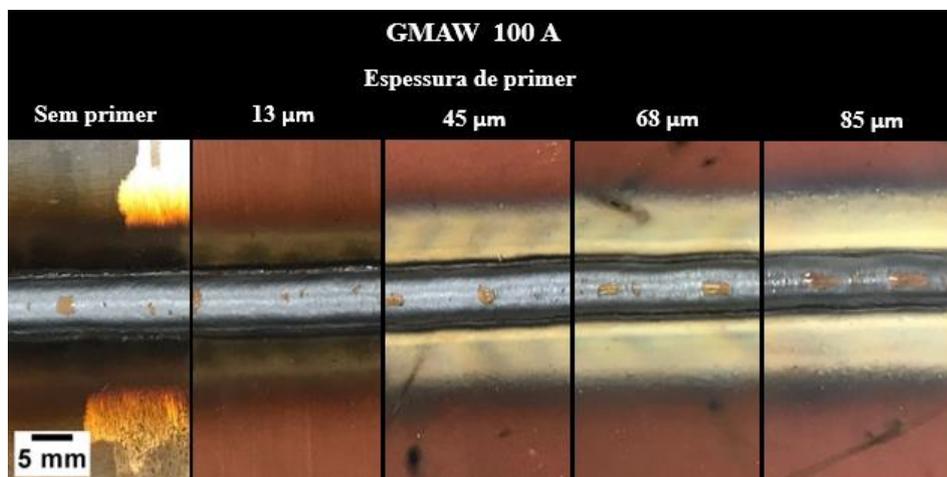
Fonte: A autora (2019).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1. ANÁLISE EXTERNA DOS CORDÕES DE SOLDA

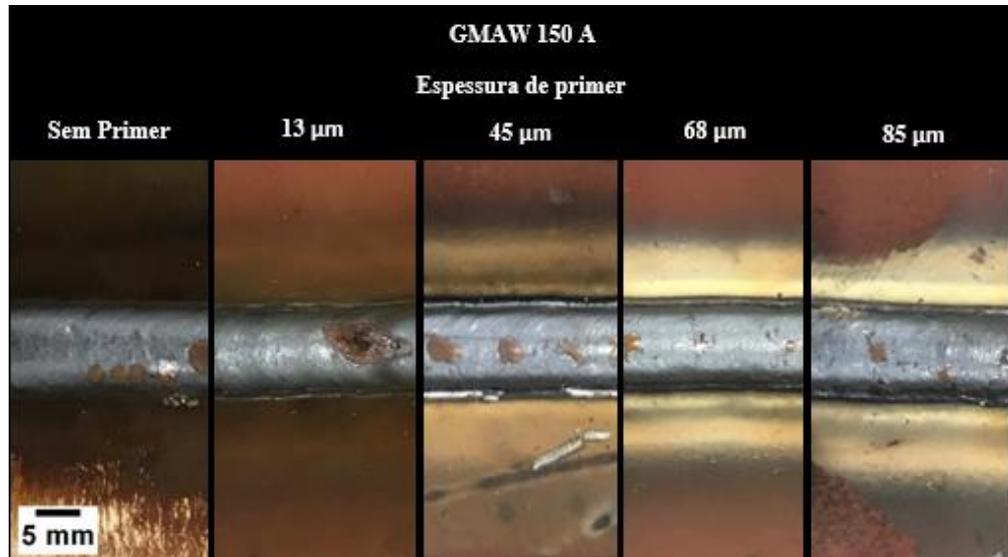
Ao entrar na zona de primer o arco apresentou certa instabilidade, mas não prejudicial ao processo. Foram observados altos níveis de respingos direcionados no sentido da soldagem, em quantidade proporcional à espessura da camada de primer, principalmente no processo FCAW. Os cordões de solda obtidos nos ensaios de todas configurações, GMAW 100 A e 150 A, e FCAW 100 A e 150 A, apresentaram, evidente alteração em sua molhabilidade, que tendeu a se intensificar de acordo com a espessura da camada de primer presente na peça. As figuras 8, 9, 10 e 11 apresentam imagens externas dos cordões de solda na parte sem primer e nas 4 diferentes espessuras de tinta aplicadas para as 4 condições de soldagem.

Figura 8 - Cordões de solda obtidos nos ensaios GMAW 100 A



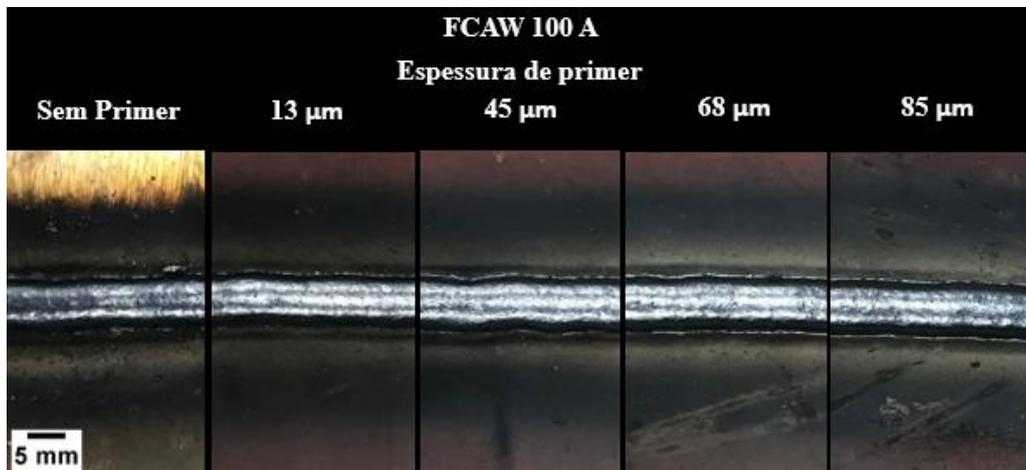
Fonte: A autora (2019)

Figura 9 - Cordões de solda obtidos nos ensaios GMAW 150 A



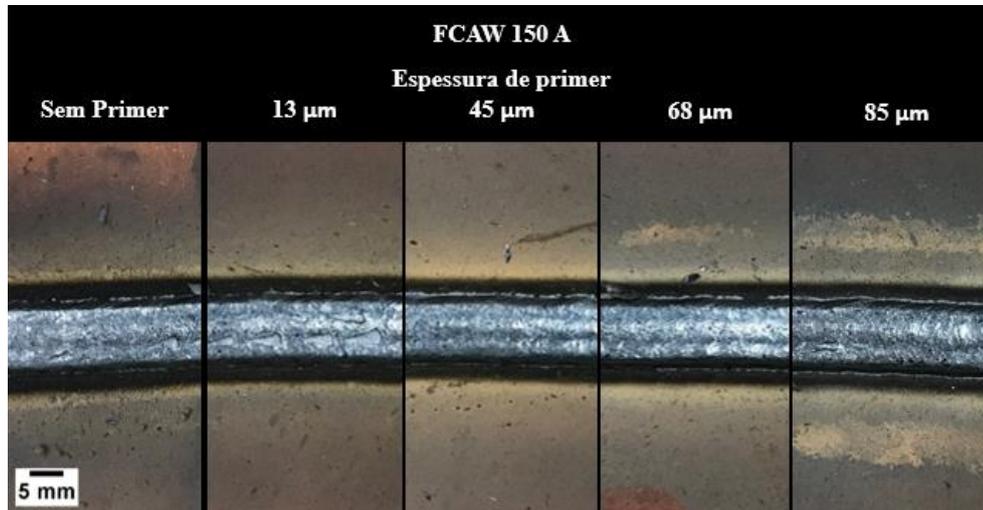
Fonte: A autora (2019)

Figura 10 - Cordões de solda obtidos nos ensaios FCAW 100 A



Fonte: A autora (2019)

Figura 11 - Cordões de solda obtidos nos ensaios FCAW 150 A



Fonte: A autora (2019)

Para os ensaios FCAW observa-se cordões com aspecto mais brilhante, característica do uso do arame tubular.

Observa-se que para a corrente média de 150 A ainda no processo FCAW, a rugosidade superficial dos cordões de solda está comprometida, isso devido à escória formada na superfície, característica do arame tubular, no momento em que foi retirada pelo soldador.

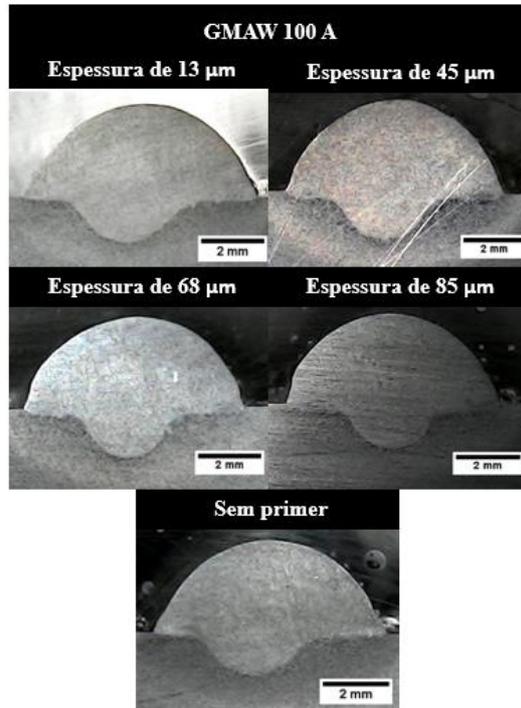
Os cordões apresentaram largura e reforço regulares em todo o seu comprimento, para todas as configurações de soldagem e espessuras de primer analisadas. As imagens dos corpos de prova dos ensaios GMAW 100 A e FCAW 100 A apresentam uma redução na largura do cordão para as altas espessuras de primer.

Diferente do caso de Vasconcelos (2014) que verificou alta instabilidade e poros nos cordões de solda, para o cenário desse trabalho essas características foram bastante positivas.

#### 4.2. ANÁLISE INTERNA DOS CORDÕES DE SOLDA

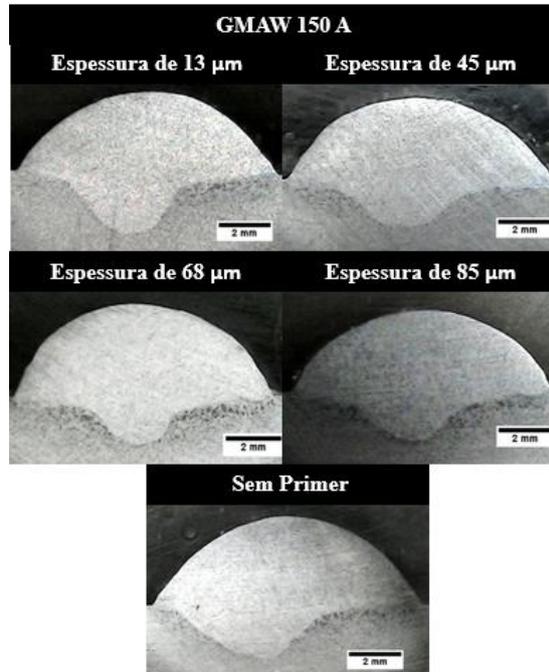
Abaixo estão apresentadas as figuras 12, 13, 14 e 15, obtidas para estudo macrográfico da secção transversal dos cordões de solda, onde são analisados aspectos morfológicos dos mesmos.

Figura 12 - Macrografia dos cordões de solda obtidos nos ensaios GMAW 100 A



Fonte: A autora (2019).

Figura 13 - Macrografias dos cordões de solda obtidos nos ensaios GMAW 150 A

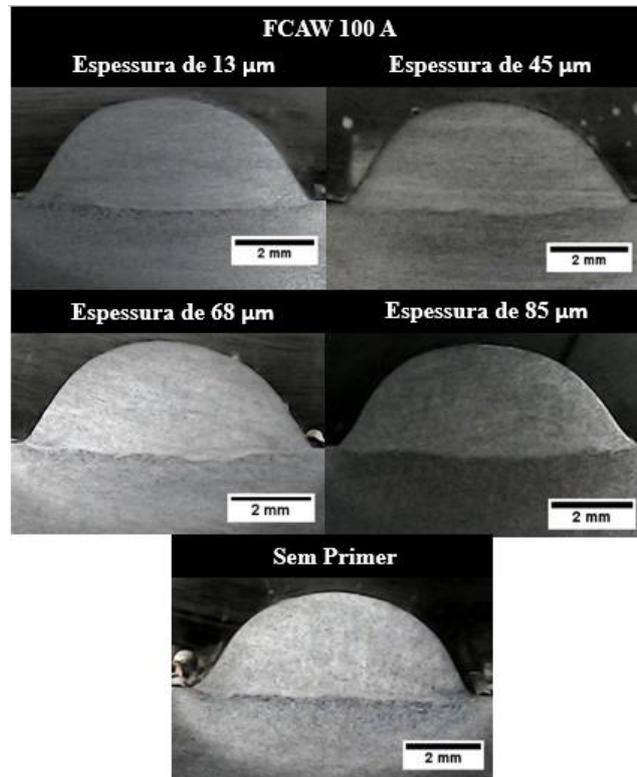


Fonte: A autora (2019).

Nas amostras dos ensaios GMAW de 100 A, observa-se cordões com perfis de seção transversal similares, tanto do reforço quanto da zona fundida. Ao se comparar as amostras com a presença de primer e a referência nota-se a diminuição da largura dos cordões de solda, e nessas imagens fica mais evidente a mudança na molhabilidade do cordão causada pelo primer.

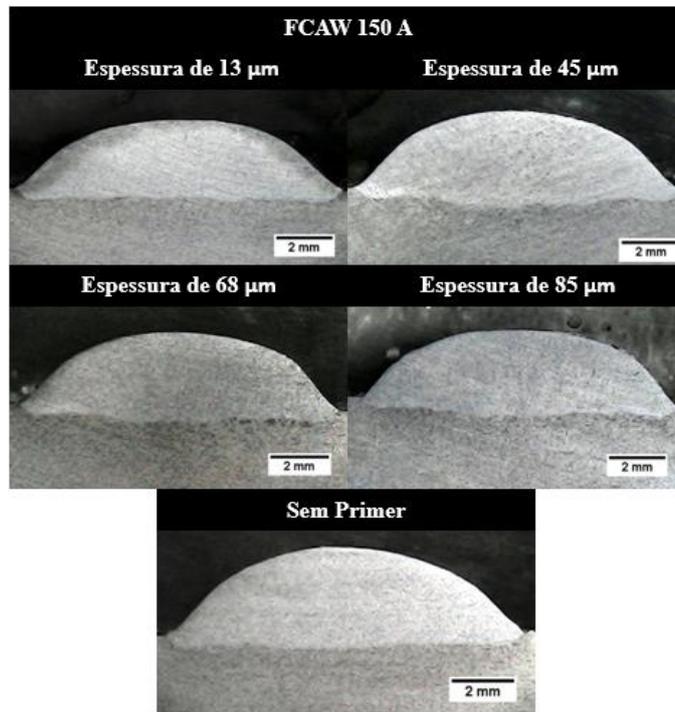
Para a corrente de 150 A o perfil do reforço sofre alterações principalmente na molhabilidade, enquanto o perfil da penetração da amostra sem primer e das amostras com primer possuem geometria bem distintas. Também se observa uma redução da altura do reforço e da penetração para o aumento da espessura das camadas de primer.

Figura 14 - Macrografias dos cordões de solda obtidas nos ensaios FCAW 100 A



Fonte: A autora (2019).

Figura 15 - Macrografia dos cordões de solda obtidos nos ensaios FCAW 150 A



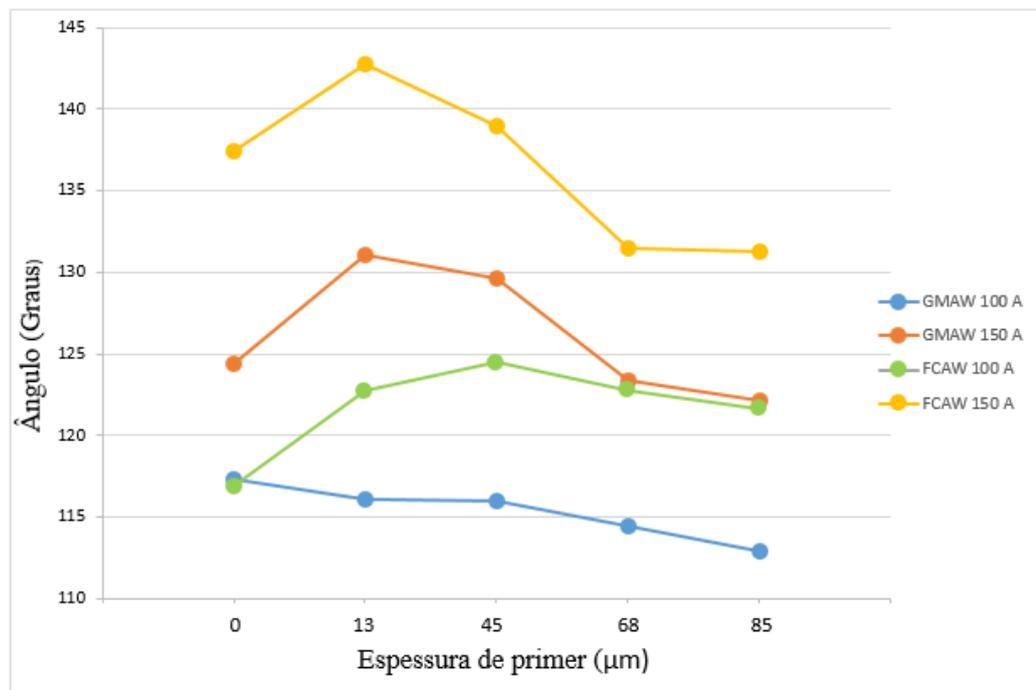
Fonte: A autora (2019).

O processo FCAW na corrente média de 150 A apresenta cordões mais largos do que na corrente média de 100 A. Observou-se que para as duas correntes, a região da zona fundida é claramente muito pequena, mas isso ocorreu independente do primer, pois as referências já apresentaram esse aspecto.

Afim de se obter uma análise mais completa e quantitativa das amostras foram gerados gráficos contendo os valores obtidos através do software ImageJ de medidas relevantes dos cordões de solda.

Foi obtido o ângulo de molhamento ( $\alpha$ ) dos cordões de solda, que é medido entre a superfície da peça e a parede do cordão de solda, apresentado na figura 16.

Figura 16 - Gráfico comparativo do ângulo de molhamento do cordão de solda entre as configurações de soldagem

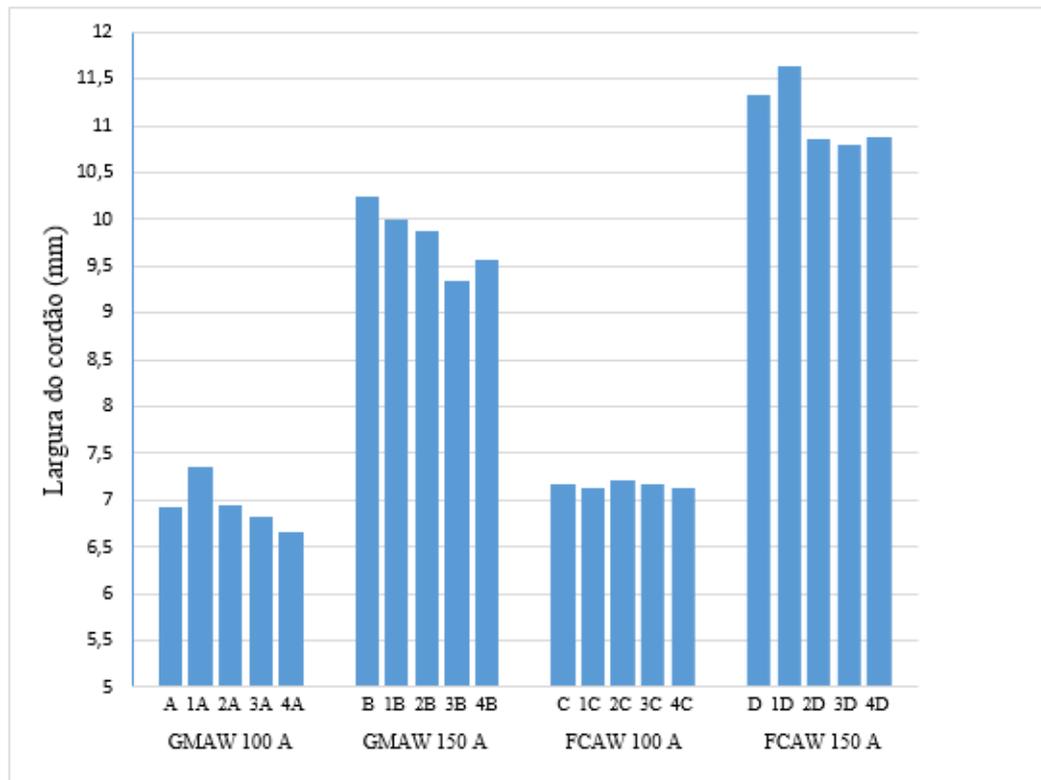


Fonte: A autora (2019).

O ângulo de molhamento dos processos operados com corrente média de 150 A sofreu mudanças bastante similares, em que teve um aumento com a presença do primer, mas após a espessura de 45  $\mu\text{m}$  sofreu significativa diminuição. Enquanto para a corrente média de 100 A o tipo de arame influenciou, o arame tubular teve um aumento e só diminuiu após a espessura de 45  $\mu\text{m}$  de primer, enquanto no processo com arame maciço o ângulo de molhamento do cordão só diminuiu com o aumento da espessura da tinta.

Para poder avaliar as larguras dos diferentes cordões de solda obtidos e compará-las, é apresentado abaixo na figura 17 um gráfico de barras comparativo da largura entre todas as amostras.

Figura 17 - Gráfico da largura dos cordões de solda obtidos



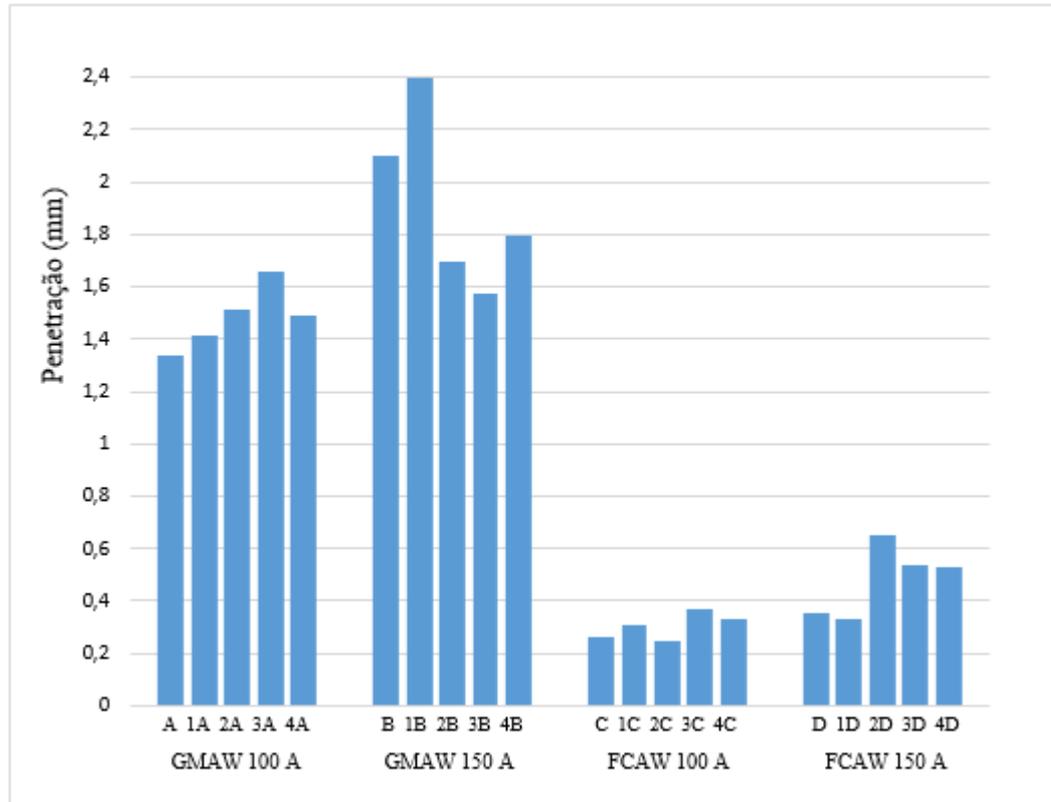
Fonte: A autora (2019).

Independentemente do nível de corrente empregado, os cordões produzidos com o processo de arame tubular apresentaram maiores larguras quando comparado aos cordões obtidos com o processo GMAW. No qual, a largura dos cordões diminuiu com o aumento da espessura de primer. Apesar de ser observado nos valores de 3B e 4B o que se acredita ser uma aleatoriedade dos dados, onde 3B está abaixo do que deveria ser, ou 4B está acima do que deveria ser. Que pode ter sido causado por erros de falta de sensibilidade na medição.

No processo FCAW 100 A, apesar de pequenas distinções, a largura se manteve próximo ao mesmo valor para todas as espessuras, e para a corrente média de 150 A a largura aumentou na primeira espessura de primer e depois sofreu diminuição para as seguintes camadas.

Para avaliar a penetração dos corpos de prova e compará-las é apresentado abaixo na figura 18 o gráfico de barras referente aos valores de penetração obtidos.

Figura 18 - Gráfico da penetração dos cordões de solda obtidos



Fonte: A autora (2019).

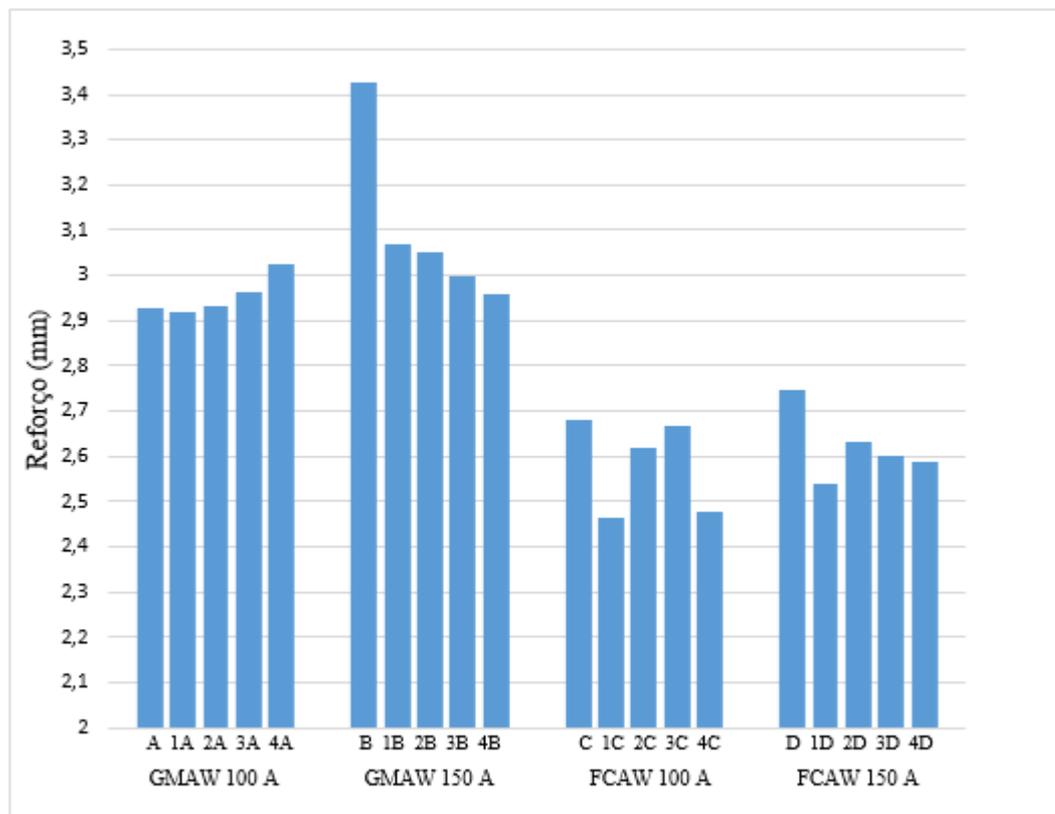
Nos processos GMAW e FCAW, os cordões dos ensaios de corrente média de 150 A apresentaram penetração maior do que os dos ensaios de corrente média de 100 A.

Ao comparar os dois processos, fica evidente a baixíssima penetração no arame tubular, em uns casos com menos de 0,5 mm.

Com exceção do GMAW 150 A, a penetração nos cordões em GMAW 100 A, FCAW 100 A e FCAW 150 A apresentou aumento conforme a espessura do primer. Porém com variações um tanto quanto aleatórias entre os valores de cada grupo, que acredita-se assim como já mencionado no caso da largura dos cordões, serem medidas aleatórias causadas por erros de medição.

Na figura 19 é apresentado o gráfico de barras para comparação dos valores da altura do reforço dos cordões de solda de todos os corpos de prova.

Figura 19 - Gráfico do reforço dos cordões de solda obtidos



Fonte: A autora (2019).

Ao comparar os processos, GMAW apresentou valores maiores de reforço do que FCAW.

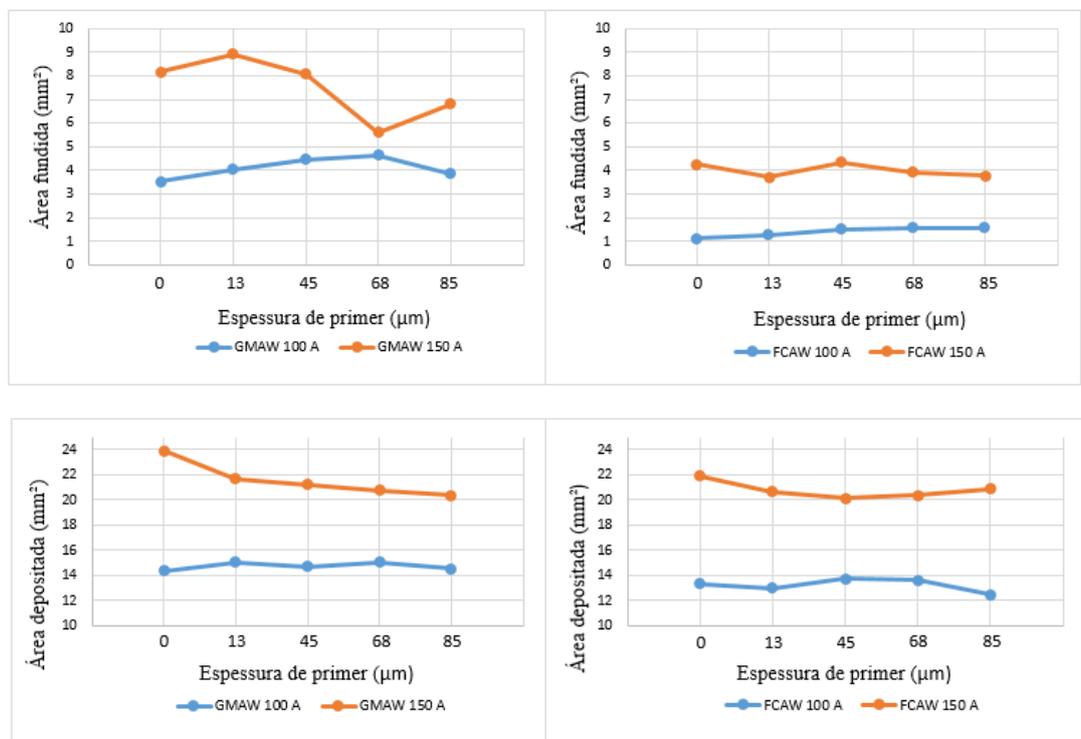
Dentro do processo GMAW o valor do reforço medido sofreu diferentes variações para as correntes médias de 100 A e 150 A. Nos ensaios de corrente média de 100 A ele aumentou conforme o aumento da espessura do primer, enquanto nos ensaios de 150 A, diminuiu conforme o aumento da espessura do primer. Também pode-se observar o valor da amostra B como muito discrepante.

No processo FCAW o comportamento do valor de reforço foi similar entre as duas correntes médias para as 2 primeiras espessuras de primer, em que ele sofreu uma queda para a primeira espessura em relação à referência. Mas depois, para a segunda espessura, teve considerável aumento, e para os valores superiores de espessura apresentaram padrões

distintos. Que também foram classificados como aleatórios devido erros por falta de sensibilidade na medição.

Para completar a avaliação quantitativa dos aspectos físicos dos cordões de solda, na figura 20 são apresentados os gráficos da área fundida e da área depositada comparando os ensaios realizados nas duas diferentes correntes médias em cada processo.

Figura 20 - Gráficos comparativos da área fundida e da área depositada entre as correntes média para cada processo



Fonte: A autora (2019).

Observa-se um aumento gradual da área fundida para os dois processos quando utilizada a corrente média de 100 A. Enquanto para a corrente média de 150 A no GMAW, o valor da área fundida aumenta para a espessura de 13 µm de primer, depois sofre grande queda para as outras espessuras, e na de 130 µm volta a ter um valor maior. Ainda para a corrente média de 150 A, no FCAW, apesar de pequenas variações a área fundida permanece com um valor médio constante. Além dos valores evidentemente maiores no processo GMAW do que no processo FCAW, para as duas correntes médias, de 100 A e 150 A.

A área depositada apresenta comportamentos similares entre os dois processos para os mesmos valores de corrente média. Para a corrente de 100 A apesar de pequenas variações, o valor médio das áreas se mantem, e no FCAW ele é um pouco menor do que para GMAW. Apesar da velocidade de soldagem ser maior no FCAW, devido ao nível de respingos durante o processo ter sido maior, houve menor deposição de material nesse processo.

Na corrente média de 150 A, para os dois processos, a área depositada sofre redução conforme a espessura de primer presente nos corpos de prova, também devido aos altos níveis de respingos nos ensaios.

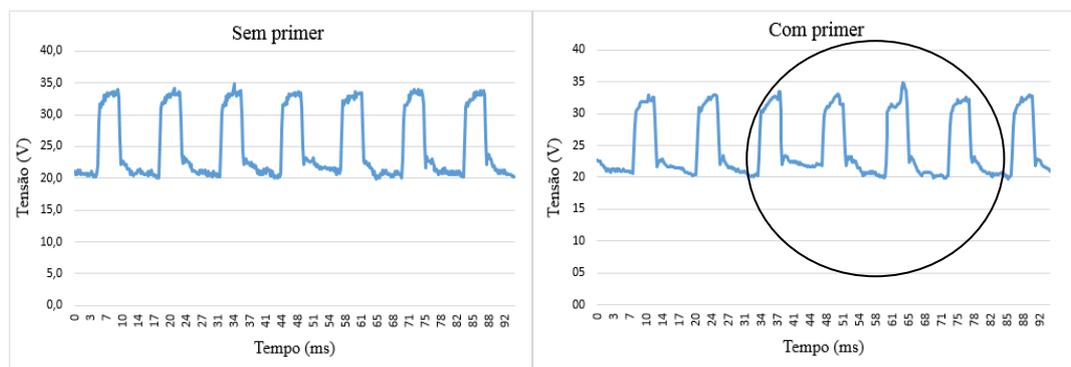
Se trata de processos em que a fonte é do tipo corrente constante, a tensão varia conforme a integridade do processo e a altura de arco, apresentando também comportamento em pulsos.

Abaixo pode-se observar os oscilogramas de tensão para o processo sem presença de primer e com a presença de primer para o processo GMAW com a corrente média de 150 A, apresentado na figura 21, e para o processo FCAW com corrente média de 150 A, apresentado na figura 22. Ambos para um intervalo de aproximadamente 1 milissegundo do processo.

Nota-se que no GMAW a oscilação da tensão é mais estável na ausência de primer e na presença dele apresenta certa instabilidade, como no intervalo  $0,031 < t < 0,071$ , indicado no oscilograma. Mas os valores de pulso e base da tensão não sofrem grande alteração.

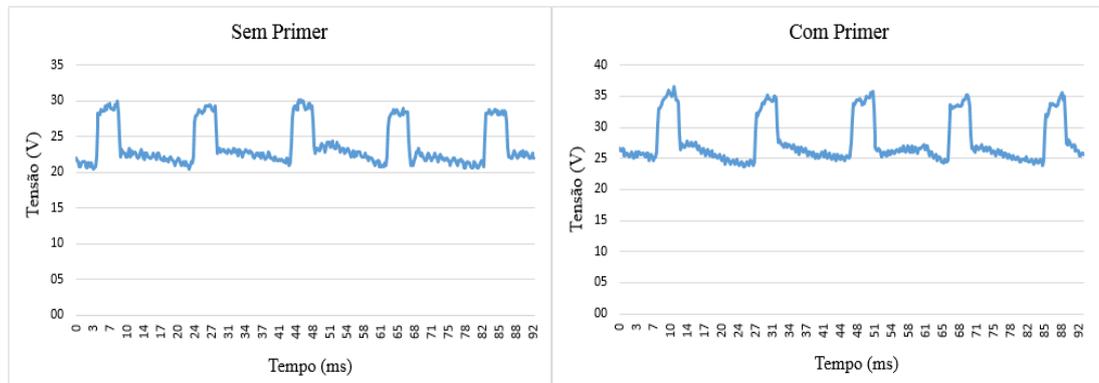
No processo FCAW se observa que de modo geral há instabilidade, e que os valores de tensão são maiores quando há a presença do primer.

Figura 21 - Oscilogramas da tensão no processo GMAW 150 A para as condições sem primer e com primer



Fonte: A autora (2019).

Figura 22 - Oscilogramas da tensão no processo FCAW 150 A para as condições sem primer e com primer



Fonte: A autora (2019).

## 5. CONCLUSÕES

Com a realização desse trabalho, pode-se concluir que:

- O ângulo de molhamento dos cordões de solda tende a diminuir para as espessuras maiores de primer.
- O processo FCAW resulta em melhor molhabilidade e largura do cordão de solda do que o GMAW, que por sua vez apresenta melhores valores de reforço e penetração.
- No processo FCAW o uso das correntes médias de 100 A e 150 A apresentam comportamentos similares nos resultados.
- O processo GMAW, operado com a corrente média de 150 A garante melhores resultados para espessuras de primer dentro da faixa recomendada pelo fabricante, que é abaixo de 20  $\mu\text{m}$ .
- A tinta cumpre a certificação do fabricante quanto à soldabilidade, em questão de estabilidade do processo e integridade dos cordões de solda, para todas as condições analisadas.

## 6. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Realizar análise microestrutural a fim de identificar possíveis alterações da microestrutura e inclusões de elementos da tinta no cordão de solda. O que espera ser encontrado de acordo com Azevedo et al (2016).
- Desenvolver o estudo em ambiente que reproduza as condições reais dos estaleiros em termos de temperatura, incidência solar e ação de vento. Pois a combinação desses fenômenos com a presença da tinta pode resultar em problemas para a soldagem.
- Desenvolver o estudo utilizando outros processos de soldagem presentes nos estaleiros como SAW e SMAW.

## REFERÊNCIAS

WAINER, E.; BRANDI, S. D.; MELLO, F. D. H. **Soldagem: processos e metalurgia**. 10. ed. São Paulo: Blucher, 1992.

MARQUES, P. V.; MODENESI, P. J.; BRACARENSE, A. Q. **Soldagem: fundamentos e tecnologia**. 3. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2012.

MODENESI, P. J. **Introdução à física do arco elétrico**. 41p. Trabalho acadêmico não identificado – Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais, Universidade Federal de Minas Gerais. 2012. Disponível em: <<http://demet.eng.ufmg.br/wp-content/uploads/2012/10/fundamentosfisicos1.pdf>>. Acesso em: 18 fev. 2019.

GENTIL, V. **Corrosão**. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2007

AZEVEDO, J. et al. Friction stir welding of shipbuilding steel with primer. **Soldagem & Inspeção**, v. 21, n. 1, p. 16-29, 2016

VASCONCELOS, A. M. **Análise da sequência de soldagem em painéis típicos navais**. 2014. 145p. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Naval e Oceânica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

GARCIA, G.; HENRIQUE, M. R.; CUNHA, T. V. Influência da aplicação do primer naval em chapas metálicas de aço carbono em processo de soldagem MAG em curto circuito. In: IX CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE FABRICAÇÃO, **Anais...** Joinville, 2017. p. 2-10.

BR, ESAB. **Apostila de arames tubulares**. 2004. Disponível em: <[https://www.esab.com.br/br/pt/education/apostilas/upload/1901098rev1\\_apostilaaramestubulares\\_ok.pdf](https://www.esab.com.br/br/pt/education/apostilas/upload/1901098rev1_apostilaaramestubulares_ok.pdf)>. Acesso em: 07 jun. 2019.

NARAYANAN, B. K.; HENRY J.; LIAO Y. C.; GALIHER D. **Solutions for woldeing zinc coated steels**. 2015. Disponível em: <<https://m.lincolnelectric.com/assets/US/EN/literature/mc1595.pdf>>. Acesso em: 15 out. 2018.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS - ASTM. Standard Specification for Carbono Structural Steel. **ASTM A 36/A 36M – 96**. West Conshohocken, PA, USA. 1996

AMERICAN WELDING SOCIETY – AWS. Specification for Carbon and Low-Alloy Steel Flux Cored Electrodes for Flux Cored Arc Welding and Metal Cored Electrodes for Gas Metal Welding. **AWS A5.36/A5.36M**. Danvers, MA, USA. 2016.

## **ANEXOS**

ANEXO A – Boletim técnico da tinta primer utilizada



## WEGZINC 401

**DESCRIÇÃO DO PRODUTO:** Shop primer de Etil Silicato de Zinco, bicomponente, proporciona boa proteção anticorrosiva mesmo após aquecimento de até 800°C. Não interfere no processo de soldagem, corte a gás e desempenho. Certificado pelo DNV e Lloyd's Register para shop primers resistente à soldabilidade.

**RECOMENDAÇÕES DE USO:** Especialmente desenvolvido para proteção do aço durante construção e montagem em obras novas. Utilizado quando necessita de rapidez no processo de soldagem. Indicado para reduzir o processo de preparação secundária de superfícies.

**EMBALAGENS:**

|              |                               |
|--------------|-------------------------------|
| Componente A | WEGZINC 401 – Balde (8 L)     |
| Componente B | WEGZINC 401 – 10001919 (12 L) |

|              |                                 |
|--------------|---------------------------------|
| Componente A | WEGZINC 401 – Galão (1,44 L)    |
| Componente B | WEGZINC 401 – 10001920 (2,16 L) |

**CARACTERÍSTICAS:**

|                      |   |
|----------------------|---|
| Cores                | Cinza, Vermelho Oxido e Verde   |
| Brilho/ Aspecto      | Fosco   |
| Sólidos por Volume   | 25 a 2% (ISO 3233 - 1998)   |
| VOC                  | 640g/l  |
| Prazo de Validade    | 12 meses a 25°C – Componente A  |
|                      | 06 meses a 25°C – Componente B  |
| Espessura por demão  | 15 – 20 micrometros seco.   |
| Rendimento teórico   | 16,7 m <sup>2</sup> /litro na espessura de 15 micrometros seco e 12,5 m <sup>2</sup> /litro na espessura de 20 micrometros seco. Sem considerar os fatores de perda na aplicação. |
| Resistência ao calor |   |

|                   |  |           |      |
|-------------------|--|-----------|------|
| Secagem           |  | 25°C      |      |
| Manuseio          |  | 3 minutos |      |
| Final             |  | 2 minutos |      |
| Secagem Repintura | 10°C   | 25°C      | 35°C |
|                   | Consultar Weg Tintas para utilizar primer adequado |           |      |

### CÓPIA PARA INFORMAÇÃO

WEG TINTAS LTDA - CNPJ 12.006.069/0001-21  
 Matriz: Rodovia BR 280, Km 50 - Fone: (+55) (47) 3278-4000 - Fax: (+55) (47) 3278-2500 - CEP 89070-000 - Guarani - SC  
 Filial: PAUMAR S.A. INDÚSTRIA E COMÉRCIO - CNPJ 06.821.141/0001-83  
 Rua Dr. Ulysses Guimarães, 918 - Fone: (+55) (11) 4547-8100 - CEP 06070-050 - Mauá - SP  
 EMERGÊNCIA: (+55) 0800 720 8000 - E-mail: [tintas@weg.net](mailto:tintas@weg.net) - [www.weg.net](http://www.weg.net)

### PREPARAÇÃO DA SUPERFÍCIE

A performance deste produto está associada ao grau de preparação da superfície. Remover completamente óleos, graxos e gorduras aplicando um produto desengraxante ou conforme o método de limpeza com solvente de norma SSPC SP1.

A sujidade acumulada deve ser removida, utilizando uma escova seca e os sais solúveis devem ser removidos, lavando com água doce em alta pressão.

#### Preparação por Jateamento Abrasivo

Recomendamos efetuar a pintura sobre superfícies jateadas ao grau Sa 2½ ou conforme norma SSPC SP10. Padrão visual ISO 8501-1.

Aviolar a superfície após o jateamento, observando a presença de defeitos superficiais revelados após o tratamento, adotando práticas apropriadas para minimizar os defeitos através de esmerilhamento ou preenchimento.

A granalha de aço utilizada deverá ser angular ou uma mistura de angular (24-30 mils) com esférica (24-55 mils), sendo predominante um perfil angular.

Caso ocorra oxidação entre o jateamento e a aplicação do WEGDNC 401, toda a superfície deve ser jateada novamente ao padrão visual especificado.

Recomenda-se um perfil de rugosidade de 45 a 65 micra.

Nunca deverá ser aplicado sobre "barra" de laminação.

Para maiores informações consultar o Departamento Técnico da WEG Tintas através do fone especificado no final deste boletim.

### PREPARAÇÃO PARA APLICAÇÃO:

**Mistura**  
Homogeneizar o conteúdo de cada um dos componentes por meio de agitação mecânica ou pneumática (A e B). Assegurar de que nenhum sedimento fique retido no fundo da embalagem. Adicionar o componente B ao componente A, nas proporções (volume) indicadas, sob agitação, até completa homogeneização, respeitando a relação de mistura.

Após, passar a mistura por uma peneira 30 -70 mesh. A aplicação somente deve ser feita com equipamentos que disponham de agitação mecânica durante toda a aplicação.

**Relação de mistura**  
0,67A X 1B em volume

**Dilúente**  
Recomendado - Dilúente Etil Silicato 9002

**Diluição**  
Dependendo do método de aplicação, diluir no máximo 5% em volume.

Somente adicione o Dilúente depois de completa a mistura dos componentes A + B. Não dilua com solventes que não sejam permitidos pela legislação local e nem exceda o percentual de diluição indicado.

Excessiva diluição de tinta poderá afetar a formação do filme, o aspecto e dificultar a obtenção da espessura especificada.

**Vida útil da mistura**  
24 horas a 25°C

**Tempo de indução (25°C)**  
Não necessita de indução.

**Nota:** Em locais de muito calor, recomendamos consultar o Departamento Técnico da WEG Tintas através do fone especificado no final deste boletim.

#### CÓPIA PARA INFORMAÇÃO

WEG TINTAS LTDA - CNPJ 13.006.690/0001-01  
 Metrô: Rodovia BR 280, Km 50 - Fone: (+55) (47) 3278-4000 - Fax: (+55) (47) 3278-2530 - CEP 06070-000 - Guararãpe - SC  
 Filial: PALMAR S.A. INDÚSTRIA E COMÉRCIO - CNPJ 06.821.141/0001-83  
 Rua Dr. Ulysses Guimarães, 913 - Fone: (+55) (11) 4547-6100 - CEP 06070-000 - Meud - SP  
 EMERGÊNCIA: (+55) 0800 720 8000 - E-mail: [tintas@weg.net](mailto:tintas@weg.net) - www.weg.net

## FORMAS DE APLICAÇÃO

Os dados abaixo servem como guia, podendo ser utilizados equipamentos similares.

Mudanças nas pressões e nos tamanhos dos bicos podem ser necessárias para melhorar as características da pulverização.

Antes da aplicação esteja seguro de que os equipamentos e respectivos componentes estejam limpos e nas melhores condições.

Purgue a linha de ar comprimido para evitar contaminação da tinta.

Após efetuar a mistura dos produtos bicomponentes, se ocorrer perdas na aplicação, e estas tiverem o seu pot-life ultrapassado (tinta apresenta variação na sua fluidez), esta não poderá mais ser rediluída para posterior aplicação.

Reforçar todos os cantos vivos, fendas e cordões de solda com trincha, para evitar falhas prematuras nestas áreas. Quando aplicar por pulverização, faça uma sobreposição de 50% de cada passe da pistola, para evitar que fiquem áreas descobertas e desprotegidas, terminando com repasse cruzado.

### Pistola arless:

|                         |                          |
|-------------------------|--------------------------|
| Uso Arless .....        | 50 : 1                   |
| Pressão do fluido ..... | 2500psi                  |
| Mangueira .....         | 1/4" de diâmetro interno |
| Bico .....              | 0,015" a 0,023"          |
| Filtro .....            | Malha 60                 |
| Diluição .....          | -                        |

### Pistola convencional:

|                             |                   |
|-----------------------------|-------------------|
| Pistola .....               | JGA 5023 Devibias |
| Bico de fluido .....        | EA                |
| Cabo de ar .....            | 704               |
| Pressão de atomização ..... | 50 a 55 psi       |
| Pressão no tanque .....     | 10 a 20 psi       |
| Diluição .....              | Max. 5%           |

### Trincha:

Recomendado somente para retoques de pequenas áreas ou "stripe coat" (parafusos, porcas, cordões de solda, cantos vivos e retoques).

### Rofo:

Recomendado somente para retoques de pequenas áreas ou "stripe coat" (parafusos, porcas, cordões de solda, cantos vivos e retoques).

Limpeza dos equipamentos: Utilizar Diluente Etí Sílicato 9002.

Nota: Não deixar o produto catalisado permanecer em contato com as mangueiras, pistolas e equipamentos usados na aplicação, pois, pela temperatura acima das descritas na tabela de pot life, a tinta apresentará variação na sua fluidez e irá endurecer dificultando a limpeza.

Lavar completamente todo o equipamento utilizado.

## CÓPIA PARA INFORMAÇÃO

WEG TINTAS LTDA - CNPJ 12.006.069/0001-21  
 Matriz: Rodovia BR 250, Km 50 - Fone: (+55) (47) 3278-4000 - Fax: (+55) (47) 3278-5500 - CEP 86270-000 - Guararê - SC  
 Filial: PAUMAR S.A. INDÚSTRIA E COMÉRCIO - CNPJ 06.821.141/0001-83  
 Rua Dr. Ulysses Guimarães, 218 - Fone: +55 (11) 4547-6100 - CEP 06072-000 - Mauá - SP  
 EMERGÊNCIA: (+55) 0800 730 6000 - E-mail: [tintas@weg.net](mailto:tintas@weg.net) - [www.weg.net](http://www.weg.net)

**DESEMPENHO NA APLICAÇÃO**

Para um bom desempenho do produto, recomendamos seguir as orientações abaixo:

Recomendamos uma preparação de superfície ao grau Sa 2½ ou SSPC SP10. Padrão visual ISO 8501-1.

Em pinturas executadas na orla marítima, se expostas à ação de maré, recomendamos efetuar limpeza com água doce entre demãos eliminando as impurezas depositadas.

Não aplicar o produto após o tempo de vida útil da mistura (pot life), caso este tempo for ultrapassado.

Recomendamos pintar somente se a temperatura medida da superfície estiver no mínimo 3°C maior que a temperatura do ponto de orvalho.

Podem ocorrer pequenas variações de cor, aspecto e brilho das peças aplicadas em períodos de umidade relativa do ar elevada, dias de chuva, em locais com temperatura baixa ou em situações em que as peças foram aplicadas e colocadas para secar em ambientes externos.

A temperatura do substrato e as condições climáticas e ambientais podem interferir no tempo de secagem do produto.

Para melhores propriedades de aplicação, a temperatura de tinta deverá estar entre 21-27°C, antes da mistura e aplicação.

Deverá ser evitada a aplicação em condições adversas, como umidade relativa do ar (URA) acima de 85% ou superfícies condensadas, o brilho e a cor poderão sofrer pequenas alterações.

Em pinturas efetuadas variando o método de aplicação de tintas na mesma obra, poderá gerar diferença de brilho e aspecto final das peças pintadas.

A aplicação somente deve ser feita com equipamentos que dispõem de agitação mecânica durante toda a aplicação.

A aplicação em espessuras acima da recomendada ocasionará perda na propriedade de solubilidade.

Para maiores informações consultar o Departamento Técnico da WEG Tintas através do fone especificado no final deste boletim.

**COMPATIBILIDADE DE SISTEMAS E REPINTURAS DE MANUTENÇÃO**

Não se dispense a correta limpeza e desengorduramento da superfície para a aplicação da demão subsequente do esquema de pintura.

Deverá ser respeitado o intervalo de repintura do primer para aplicação do acabamento. Caso seja ultrapassado o intervalo máximo indicado se faz necessário proceder lixamento manual / mecânico utilizando lixa para quebra do brilho. A superfície do primer deverá estar seca e isenta de contaminantes.

Para maiores informações consultar o Departamento Técnico da WEG Tintas através do fone especificado no final deste boletim.

**CÓPIA PARA INFORMAÇÃO**

WEG TINTAS LTDA - CNPJ 13.006.069/0001-21  
 Matriz: Rodovia BR 380, Km 50 - Fone: (+55) (47) 3278-4000 - Fax: (+55) (47) 3278-5500 - CEP 89070-000 - Guaraniápolis - SC  
 Filial: PALMAR S.A. INDÚSTRIA E COMÉRCIO - CNPJ 00.821.141/0001-53  
 Rua Dr. Ulysses Guimarães, 918 - Fone: +55 (11) 4547-8100 - CEP 06073-050 - Mauá - SP  
 EMERGÊNCIA: (+55) 0800 720 6000 - E-mail: [tintas@weg.net](mailto:tintas@weg.net) - [www.weg.net](http://www.weg.net)

**PRECAUÇÕES DE SEGURANÇA:**

Antes do manuseio deste produto é indispensável uma criteriosa leitura de todas as informações contidas na sua ficha de informações de segurança de produtos químicos (FISPQ), disponível em nosso site, no endereço eletrônico indicado ao final deste boletim técnico.

O preparo da superfície, manuseio e o uso de tintas durante a pintura e secagem, por tratar-se de produtos inflamáveis, devem ser realizados em locais ventilados, longe de chamas, faíscas ou calor excessivo, utilizando de equipamentos de proteção individual (EPI's) apropriados para a etapa a ser realizada.

O contato com a pele pode causar irritações.

Se ingerido, não induzir ao vômito. No caso de contato com os olhos, lavá-los abundantemente com água. Em qualquer dos casos, procurar um médico imediatamente.

Não fumar na área de trabalho.

Certificar que as instalações elétricas estejam perfeitas e que não provoquem faíscas.

Não usar diluente para limpeza da pele, mãos e outras partes do corpo. Para limpar as mãos usar álcool, em seguida, lavar com água e sabão de limpeza apropriada.

Em caso de incêndio, usar extintores de CO<sub>2</sub> ou pó químico. Não é recomendado o uso de água para extinguir o fogo produzido pela queima das tintas.

O armazenamento de tintas e diluentes deve ser feito em locais ventilados e protegidos do intemperismo. A temperatura pode variar entre 10 a 40°C.

Docendo sintomas de intoxicação pela inalação de vapores químicos, a pessoa intoxicada deve ser removida imediatamente do local de trabalho para locais ventilados.

Em caso de desmaio, chamar imediatamente um médico.

Produto destinado para uso e manuseio de profissionais ligados a área de pintura.

A aplicação e utilização deste produto, deverá ser realizada, em conformidade com todas as normas e regulamentos Nacionais de Saúde, Segurança e Meio Ambiente.

Se for necessário a realização de remoções de tinta já aplicada e endurecida do substrato, o operador e as pessoas que estão no mesmo ambiente, deverão utilizar equipamentos de proteção individual (EPI's), apropriados conforme indicado na ficha de informações de segurança (FISPQ).

Em situações que ocorrem a necessidade de efetuar processos de acidez de peças metálicas pintadas com este produto, serão liberados poeiras e gases (fumaça) que exigirão a utilização de equipamento de proteção individual apropriado (máscaras com filtros de carvão ativado e até equipamentos de ar mandado) de acordo com cada ambiente.

As aplicações em áreas confinadas requerem ventilação adequada, além de métodos e procedimentos específicos. Para estas situações contactar a área de segurança de sua empresa.

Para maiores informações consultar o Departamento Técnico da WEG Tintas através do fone especificado no final deste boletim.

**NOTA:**

As informações contidas neste boletim técnico baseiam-se na experiência e no conhecimento adquirido em campo pela equipe técnica da WEG Tintas.

Em caso de utilização do produto sem prévia consulta à WEG Tintas sobre a adequação do mesmo ao fim no qual o cliente pretende utilizá-lo, o cliente fica ciente de que a utilização se dará por sua exclusiva responsabilidade, sendo que a WEG Tintas não se responsabiliza pelo comportamento, segurança, adequação ou durabilidade do produto.

Algumas informações contidas neste boletim são apenas estimativas, e podem sofrer variações em decorrência de fatores fora do controle do fabricante. Assim, a WEG Tintas não garante e não assume qualquer responsabilidade quanto a rendimento, desempenho ou quanto a quaisquer danos materiais ou pessoais resultantes do uso incorreto dos produtos em questão ou das informações contidas neste Boletim Técnico.

As informações contidas neste boletim técnico estão sujeitas a modificações periódicas, sem prévio aviso, devido à política de evolução e melhoria contínua de nossos produtos e serviços, fornecendo soluções com qualidade para satisfazer às necessidades de nossos clientes.

**CÓPIA PARA INFORMAÇÃO**

WEG TINTAS LTDA - CNPJ 12.006.059/0001-21  
 Metrô: Rodovia BR 290, Km 50 - Fone: (+55) (47) 3278-4000 - Fax: (+55) (47) 3278-0500 - CEP 06070-000 - Guaratubá - SC  
 Filial: PALMAR S.A. INDÚSTRIA E COMÉRCIO - CNPJ 00.821.141/0001-53  
 Rua Dr. Ulysses Guimarães, 913 - Fone: +55 (11) 4547-6100 - CEP 09072-000 - Mauá - SP  
 EMERGÊNCIA: (+55) 0800 720 0000 - E-mail: [tintas@weg.net](mailto:tintas@weg.net) - [www.weg.net](http://www.weg.net)

ANEXO B – Imagem da etiqueta presente na lata do componente A da tinta contendo sua composição química

**WEGZINC 401DNV Nº2. VERMELHO OXIDO**

**COMPONENTE A**

**LOTE: 2051907**

FABRICAÇÃO: 01/2019  
VALIDADE: 07/2019

**CONTEÚDO: 1,44 L** / **2,93 kg**

**DILUENTE: DILUENTE ETIL SILICATO 9002**

| COMPONENTES                                    | VOLUME | PESO |
|--|--------|------|
| A)14091258 TINTA LIQ WEGZINC 401 VERM OXIDO    | 1      | 100  |
| B)10001920 CATALISADOR ET SIL WZINC 401 COMP B | 1.5    | 70   |

**COMPOSIÇÃO QUÍMICA:**  
ALCOOLS, ZINCO METALICO, CARGAS MINERAIS, PIGMENTOS ATIVOS, PIGMENTOS INERTES, SOLVENTES AROMATICOS

Emb. Nr.: 36

7 9 0 9 3 2 3 5 2 6 8 4 2

ANEXO B – Imagem da etiqueta presente na lata do componente B da tinta contendo sua composição química

