



SEMINÁRIO NACIONAL DE CORROSÃO, INTEGRIDADE  
E PROTEÇÃO ANTICORROSIVA



# Limpeza a Laser, Sa 2 ½, SSPC SP11 e St3 – análise comparativa entre os padrões de limpeza e perfil de rugosidade.

Wagner Jantsch  
Balneário Camboriú, 27.03.2025



## ▪ **Apresentação:**

- Wagner Jantsch;
- Eng. Mecânico, UNERJ 2011;
- Especialização em Gestão Empresarial, UNICESUMAR 2018;
- Inspetor de Pintura N1, ABRACO 2015;
- Inspetor de Galvanização a fogo, ICZ 2024;
- Analista de Processos Industriais na WEG há 22 anos;
  - Responsável pela área de Pintura Industrial.

## ▪ **Agradecimentos:**

- **Richard Forster Bayer**, pela oportunidade de participar do SENIPA;
  - Parabênzo pela iniciativa de promover em Santa Catarina um evento de nível técnico de alto padrão, como o SENIPA;
- **Fernando Fragata**, pelas dicas e esclarecimentos técnicos.

## OBJETIVO

- i. Principais motivações do trabalho;
- ii. Equipamentos de Limpeza a Laser testados;
- iii. Testes práticos e os primeiros resultados;
- iv. Segurança e parâmetros do processo;
- v. Próximas etapas do projeto.

# MOTIVAÇÃO GERAL

## Trabalho do Mestre Fragata, apresentado em 2017

### Informações adicionais:

Em função dos resultados obtidos até o momento com a limpeza por meio de Laser, vê-se que algumas propriedades ***ainda precisam ser alcançadas (remoção de carepa de laminação, rugosidade, etc.)***. Portanto, somando-se os fatores acima descritos e as características técnicas obtidas, **é importante estimular o estudo e o desenvolvimento de novos modelos de equipamentos para se alcançar as propriedades desejadas**. Sobre este aspecto, já existem, segundo o fabricante, equipamentos de maior potência que, com ajustes, podem proporcionar os resultados esperados.



# MOTIVAÇÃO TÉCNICA

- **Processo alternativo**, visando opções para demandas que os processos como jateamento abrasivo, SSPC SP11 e St3 não podem ser aplicados.



Fonte:

<https://www.segurançadotrabalhoemacao.com.br/2017/03/quais-sao-os-riscos-do-jateamento-de.html>

- **Processos simplificados**, utilizar processos com menor esforço para os operadores, menor custo e impacto ao meio ambiente.



- **Desenvolvimento tecnológico**, estudar e entender o potencial do Laser para a indústria.

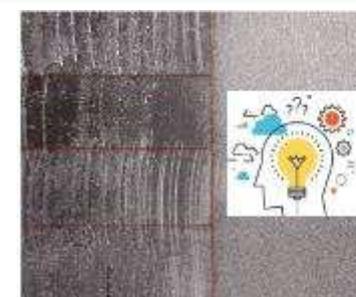
## LINHA DO TEMPO - ESTUDOS DAS MÁQUINAS DE LIMPEZA A LASER



**MÁQUINAS** robustas, pouca flexibilidade, baixa produtividade e potências entre 100-500W.  
**Oportunidades,** Limpeza de peças com oxidação leves.



**MÁQUINAS** portáteis, boa flexibilidade, alta produtividade e potências entre 1000-2000W.  
**Oportunidades,** Limpeza de soldas, remoção de oxidação pesada, soldas e perfil de rugosidades.



**ANO 2015**  
PROCESSO DE PINTURA

**ANO 2021**  
PROCESSO DE PINTURA

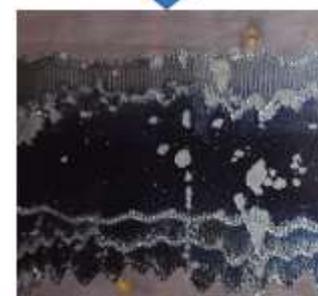
**ANO 2023**  
PROCESSO DE PINTURA

**ANO 2024**  
PROCESSO DE PINTURA E SOLDA

**ANO 2025**  
PROCESSO DE PINTURA E SOLDA



**MÁQUINAS** portáteis, pouca flexibilidade, baixa produtividade e potências. Exemplo: 500-1000W.  
**Oportunidades,** Limpeza de peças com oxidação leve.



**MÁQUINAS** portáteis, boa flexibilidade, alta produtividade e potências até 3000W.  
**Oportunidades,** Limpeza de soldas, remoção de oxidação, soldas, e perfil de rugosidade.

# REMOÇÃO DA CAREPA

CAREPA RESISTENTE  
AO TRATAMENTO



REMOÇÃO DA CAREPA



**NOTA:** Análises com Microscópio de Varredura (MEV) e Espectroscopia por Energia Dispersiva (EDS) ainda serão executados nos corpos de prova.



# LIMPEZA DE CORDÃO DE SOLDA



**NOTA:** Os padrões obtidos ainda devem passar por aprovações com base em normas técnicas.

# RESULTADO DA LIMPEZA



**GRAU "A" DE OXIDAÇÃO**  
PADRÃO ISO 8501-1  
CHAPA COM ESPESSURA  
DE 12,5mm

**MÁQUINA 4:1 3000W**  
Com variação dos parâmetros



**PADRÕES RESULTANTES**  
Os resultados tiveram grande  
variação, partes mais escuras  
são carepas de laminação.



**NOTA:** Ainda serão realizadas análises metalográficas e microscópicas dos perfis de rugosidade encontrados.

# RUGOSIDADE

**GRAU B DE OXIDAÇÃO**  
PADRÃO ISO 8501-1  
CHAPAS DE 8mm



**MÁQUINA 4:1 3000W**  
Com variação dos parâmetros



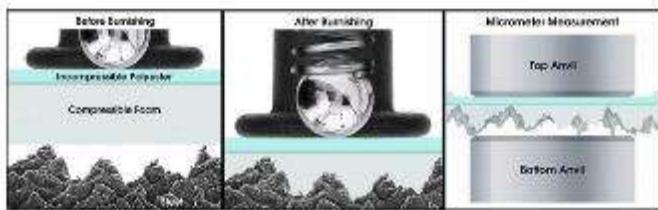
**RUGOSIDADE**  
**RUGOSÍMETRO**  
ABNT 15488



**RUGOSIDADE**  
**FITA RÉPLICA**  
ISO 8503-5

# ANÁLISE SUPERFICIAL

Análise metalográfica e comparativo com a Fita Réplica.



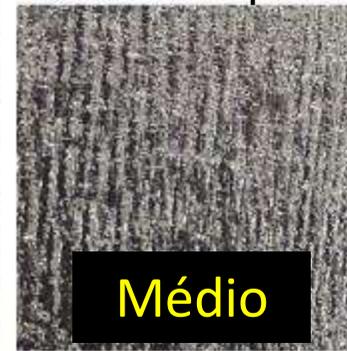
Fonte: <https://pt-br.testextape.com/surface-profile>

**NOTA:** Resultados não padronizados, ainda dependem de aprovações técnicas.

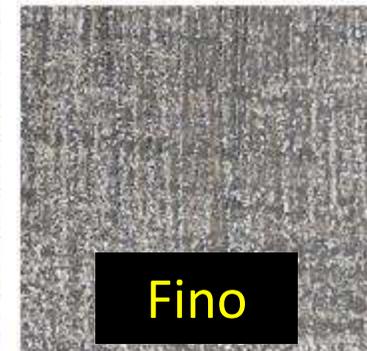
Padrões não conhecidos: Limpeza a Laser



Grossoiro



Médio



Fino

Padrões de limpeza conhecidos:



Sa 2 1/2



SSPC SP11



St 3



# ESQUEMA DE PINTURA



**RUGOSIDADE CONFORME ABNT NBR 15488**  
Altura do perfil de rugosidade: 125  $\mu\text{m}$

**ESQUEMA DE PINTURA 1**  
1x Epóxi Alta Espessura  
Espessura película seca: 150  $\mu\text{m}$



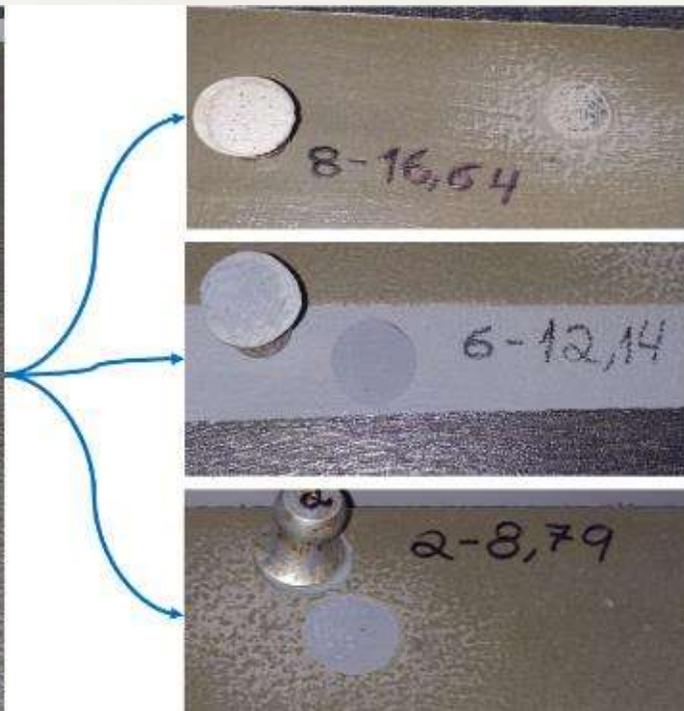
**ESQUEMAS DE PINTURA 2**  
1x Demão Epóxi Rico Zinco  
Espessura de película seca: 70 $\mu\text{m}$



**ESQUEMAS DE PINTURA 3**  
1x Demão Epóxi Rico Zinco  
1x Demão Epóxi Alta Espessura  
Espessura de película seca: 200 $\mu\text{m}$

**NOTA:** Os esquemas de pintura selecionados para o teste já apresentam bons resultados de aderência sobre jateamento abrasivo.

# TESTE DE ADERÊNCIA – PULL OFF



**PULL OFF**  
**ABNT NBR 15877**

**Valor médio sistema 1:**  
15,48 MPa

**Valor médio sistema 2:**  
14,31 MPa

**Valor médio sistema 3:**  
8,03 MPa

**Falha padrão:**  
Coesiva em B

**NOTA:** Novos sistemas de pintura serão testados e submetidos a testes de desempenho anticorrosivo, no entanto, os resultados comprovaram que o tipo de tratamento não prejudicou a aderência da tinta.

# SEGURANÇA

**ATENÇÃO 1:** Evitar exposição direta do laser com a pele ou qualquer parte do corpo é primordial.

**ATENÇÃO 2:** Uso de luvas e roupa adequada para evitar queimaduras.

**ATENÇÃO 3:** Utilizar óculos com proteção contra comprimento de onda correto.

**Nota:** Maiores esclarecimentos com os fornecedores dos equipamentos.

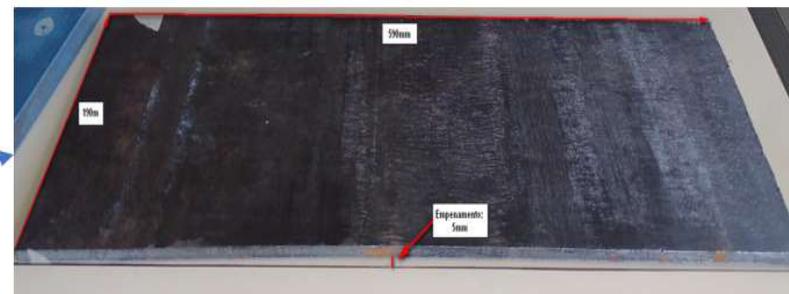


**MÁQUINA 4:1**  
Máquina tem um comprimento de onda 1064nm.

# VARIÁVEIS DO PROCESSO

## TEMPERATURA

O processo de limpeza a laser é uma fonte de calor direta e deve ser controlada para não prejudicar os componentes.



## ESPESSURAS X GRAU DE CORROSÃO X PADRÃO DE LIMPEZA

Obtivemos um grau de limpeza diferente para cada condição de chapa.



**Nota:** A velocidade de varredura, abertura do leque e potência utilizada devem ser parâmetros de processo controlados.

## NOVOS DESAFIOS

1. A Limpeza a Laser substitui o jateamento abrasivo e outros tratamentos manuais mecânicos?
2. Como podemos garantir uma perfeita remoção da carepa de laminação com Limpeza a Laser?
3. A Limpeza a Laser terá padrões iguais aos padrões de jateamento?
4. Quais serão os tipos de tintas (Líquida e Pó) aplicadas sobre o tratamento de Limpeza a Laser?
5. É possível criar perfil de rugosidade em superfícies usinadas?

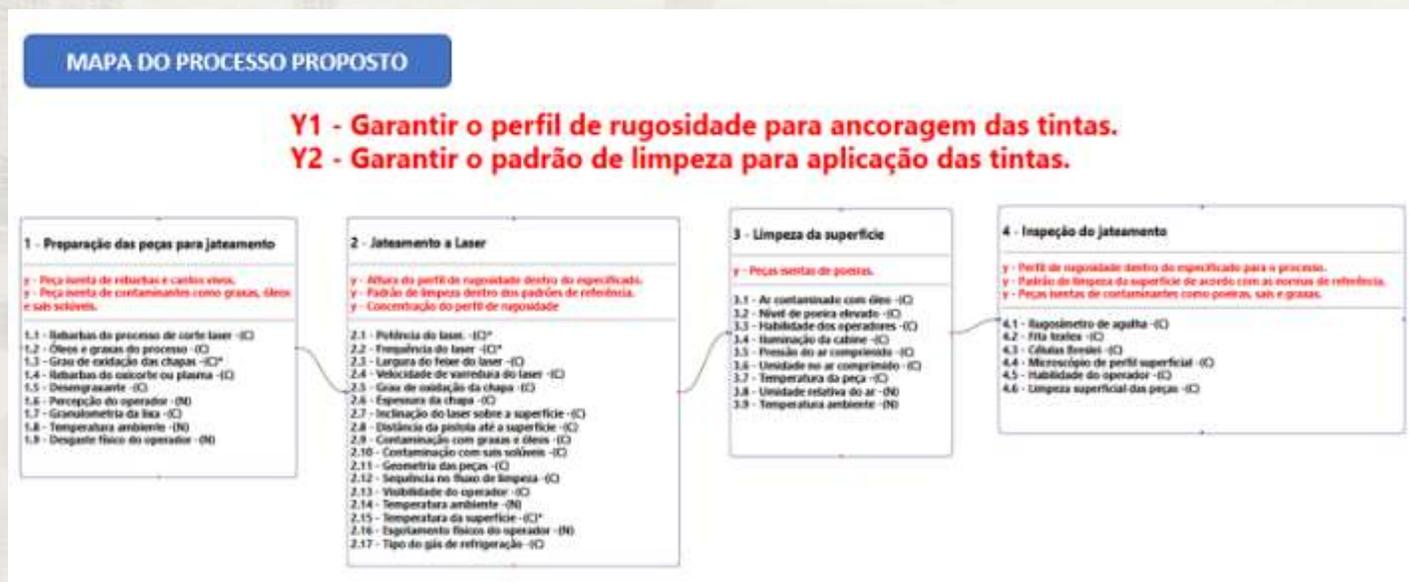


# PRÓXIMAS ETAPAS



## SIX SIGMA – MAPA DO PROCESSO

Estudar e padronizar o processo de limpeza a laser, visando garantir os mesmos resultados de rugosidade e padrão de limpeza.

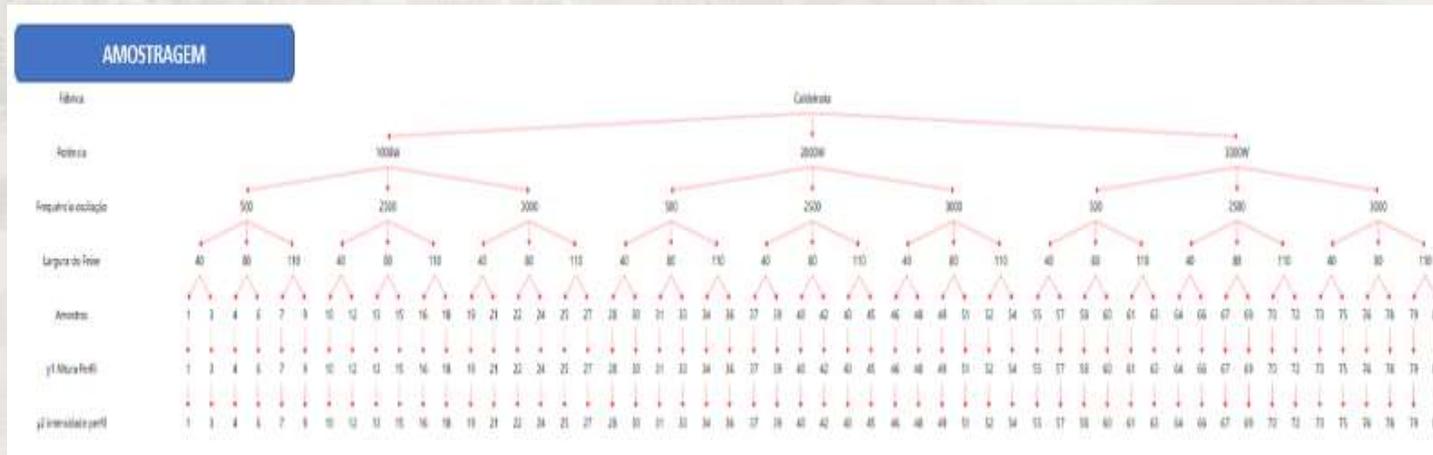


# PRÓXIMAS ETAPAS



## SIX SIGMA – ÁRVORE DE AMOSTRAGEM

- Parâmetros do processo a serem considerados no estudo:
  - Configurações do equipamento como potência, frequência, varredura;
  - Espessura e composição das chapas;
  - Grau de corrosão das superfícies;



# VÍDEOS - TESTES PRÁTICOS

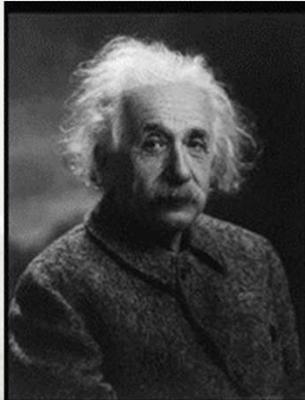


# DEMONSTRAÇÃO PRÁTICA

Sigam as instruções  
de segurança!



# PENSAMENTO!



Insanidade é continuar fazendo sempre a mesma coisa e esperar resultados diferentes

(Albert Einstein)

Contato

Wagner Jantsch

(47) 9 9136-2727

E-mail

[wjantsch@gmail.com](mailto:wjantsch@gmail.com)

[wagnerj@weg.net](mailto:wagnerj@weg.net)