



**ESCOLA TÉCNICA ESTADUAL**  
**DEPUTADO ARY DE CAMARGO PEDROSO**  
**CURSO TÉCNICO EM AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL**

Alexandre Borges

Juan Matheus de Oliveira Rodrigues

Maria Clara Onishi Campos

Thifany Leticia Gomes da Silva

**ESTUFA DE TINTA ELETROSTÁTICA**  
**UMA ALTERNATIVA ECONÔMICA E ACESSÍVEL**

**Piracicaba**

**2023**

Alexandre Borges

Juan Matheus de Oliveira Rodrigues

Maria Clara Onishi Campos

Thifany Leticia Gomes da Silva

**ESTUFA DE TINTA ELETROSTÁTICA**  
**UMA ALTERNATIVA ECONÔMICA E ACESSÍVEL**

Trabalho de Conclusão de Curso da Etec Deputado Ary de Camargo Pedroso, orientado pelo Prof Matheus Colletti Altafini apresentado como requisito parcial para obtenção de título em Técnico em Automação Industrial.

**Piracicaba**

**2023**

## DEDICATÓRIA

Dedicamos esse projeto para nossos professores, necessariamente esta homenagem vai para o Prof<sup>o</sup> Matheus Altafini e, ao ilustre Prof<sup>o</sup> Adilson, que estiveram conosco ao decorrer do projeto.

## **AGRADECIMENTOS**

Aos nossos orientadores, Prof<sup>o</sup> Adilson e Prof<sup>o</sup> Matheus, pelo acompanhamento, orientação e apoio.

Ao curso de automação industrial, do setor de educação técnica da Etec.

E o agradecimento particular ao grupo de TCC que desde o início se mostrou muito unidos e respeitando todas as ideias e controvérsias.

## EPÍGRAFE

“Eu tentei 99 vezes e falhei, mas na centésima tentativa eu consegui, nunca desista de seus objetivos mesmo que nesses pareçam impossíveis, a próxima tentativa pode ser vitoriosa.”

ALBERT EINSTEIN

## RESUMO

Este projeto apresenta a criação de um MVP (Produto Viável Mínimo) de uma máquina de pintura eletrostática, onde ela é composta por quatro projetos, sendo eles: A estufa, a pistola, o compressor de ar e o forno onde a peça teste secará. Visamos ao máximo reduzir o custo, pois a mesma só é encontrada em grandes fabricas e com um custo muito alto.

Um de nossos objetivos principais é garantir que a máquina seja eficiente e que de forma segura, possa ajudar aqueles que usufruem da pintura, dando-lhes segurança, eficácia e lucro.

**Palavras-Chave:** Estufa, tinta em pó, eletrostática, forno, ionização, elétrons, acessibilidade, segurança, qualidade, duração, peças, temperatura, secagem.

## ABSTRACT

This project presents the creation of an MVP (Minimum Viable Product) of an electrostatic painting machine, where it is composed of four projects, namely: The oven, the gun, the air compressor and the oven where the test piece will dry. We aim to reduce the cost as much as possible, as it is only found in large factories and at a very high cost.

One of our main objectives is to ensure that the machine is efficient and that it can safely help those who use painting, giving them safety, efficiency, and profit.

**Key-Words:** Oven, powder paint, electrostatics, ionization, electrons, accessibility, safety, quality, duration, parts, temperature, drying.

**LISTA DE QUADROS**

Quadro 1 - Cronograma .....	43
Quadro 2 - Orçamento.....	46
Quadro 3 – Fluxograma da estufa .....	47
Quadro 4 - Fluxograma do planejamento do forno .....	48
Quadro 5 - Fluxograma da montagem do forno .....	49
Quadro 6 – Fluxograma da montagem da estufa.....	50
Quadro 7 - Fluxograma do projeto.....	51

**LISTA DE FIGURAS**

Figura 1 - Pintura eletro.....	17
Figura 2 – Tinta em pó .....	18
Figura 3 - Estufa e pistola de pintura.....	22
Figura 4 - Estufa .....	26
Figura 5 - Forno de secagem.....	28
Figura 6 – Forno de secagem.....	31
Figura 7 - Forno de secagem com capacidade para 100kg .....	34
Figura 8 – Mufla e estufa de secagem .....	35
Figura 9 - Equipamento para pintura eletrostática .....	37
Figura 10 - Pistola .....	39
Figura 11 - Sistema de alimentação de ar comprimido.....	39
Figura 12 - Sistema de alimentação de material em pó ou líquido.....	40
Figura 13 - Pistola de ionização.....	41
Figura 14 - Esboço da pistola eletrostática.....	43
Figura 15 - Pistola eletrostática.....	44
Figura 16 - Esboço da estufa e do forno .....	44
Figura 17 - Estrutura inicial da estufa .....	45
Figura 18 - Estrutura inicial do forno.....	45
Figura 19 - Protótipo final.....	52

**LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 – Propriedade da tinta em pó do tipo resinas .....	20
---	----

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	14
1.1 Objetivos.....	14
1.2 Justificativa.....	15
2. DESENVOLVIMENTO .....	16
2.1 Quem Criou A Pintura Eletrostática? .....	16
2.2 O Que É Pintura Eletrostática A Pó? .....	17
2.2.1 Como Funciona a Pintura a Pó .....	18
2.3 Tipos de Tintas em Pó .....	18
2.3.1 Tintas Resina Epóxi.....	18
2.3.2 Tintas Sistema Híbrido (Poliéster/Epóxi) .....	19
2.3.3 Tintas Resina Poliéster/TGIC.....	19
2.3.4 Tintas Resina Poliuretano .....	19
2.3.5 Tintas Resina Acrílicas .....	19
2.4 Composição Básica De Tintas Em Pó Termorrígidas .....	20
2.4.1 Resinas .....	20
2.5 Vantagens Da Pintura Eletrostática A Pó .....	21
2.6 Desvantagens Da Tinta Em Pó .....	21
2.7 Modelos de Máquinas Já Existentes .....	22
2.8 Como Fazer Pintura De Metais? .....	23
2.8.1 Remoção Da Tinta Antiga .....	23
2.8.2 Limpeza Da Superfície Da Peça.....	23
2.8.3 Aplicação Do Anticorrosivo .....	23
2.8.4 Pintura Da Peça.....	24
2.9 Como Aumentar A Durabilidade Da Pintura? .....	24
2.10 Tinta Em Pó X Tinta Líquida.....	24

2.10.1 Tinta Em Pó .....	24
2.10.2 Tinta Líquida .....	25
2.11 O Que É Uma Estufa de Tinta Em Pó? .....	26
2.12 Funcionamento Da Estufa Para Pintura A Pó.....	27
2.13 Dimensões Das Estufas Para Pintura A Pó.....	27
2.14 Estufa De Pintura Automotiva Preço.....	27
2.15 Funcionamento da Estufa de Pintura Automotiva .....	28
2.16 Como Realizar a Manutenção Preventiva das Estufas .....	28
2.16.1 Limpeza Regular .....	28
2.16.2 Inspeção dos Filtros de Ar.....	29
2.16.3 Lubrificação de Componentes Móveis.....	29
2.16.4 Verificação do sistema de controle de temperatura .....	29
2.16.5 Manutenção Elétrica .....	29
2.16.6 Inspeção das Portas e Vedação .....	29
2.17 Benefícios da Manutenção Preventiva.....	30
2.17.1 Prolongamento da Vida Útil .....	30
2.17.2 Melhoria do Desempenho .....	30
2.17.3 Redução de Falhas e Tempo de Inatividade.....	30
2.17.4 Economia de Custos .....	30
2.17.5 Segurança.....	31
2.18 Como Funciona O Forno De Pintura Eletrostática? .....	31
2.19 Vantagens do Forno de Pintura Eletrostática .....	32
2.19.1 Secagem Rápida .....	32
2.19.2 Acabamentos de Fábrica .....	33
2.19.3 Durabilidade Estendida .....	33
2.19.4 Custo-Benefício .....	33
2.20 Informações Sobre o Forno de Pintura Eletrostático.....	34

2.21 Diferença Entre uma Mufla E uma Estufa de Secagem .....	35
2.21.1 O Que Faz uma Mufla? .....	35
2.21.2 O Que Faz uma Estufa de Secagem? .....	36
2.21.3 Qual a Diferença Entre uma Mufla e uma Estufa de Secagem? .....	36
2.22 Pistola Eletrostática .....	37
2.22.1 Definição .....	38
2.22.2 Eletrostática de Ionização.....	41
2.23 Nosso Projeto.....	43
2.23.1 Cronograma.....	43
2.23.2 Construção da Pistola de Pintura a Pó.....	43
2.23.3 Corpo das Estufas Para Pintura a Pó.....	44
2.24 Orçamento.....	46
2.25 Monitoramento .....	47
2.26 Funcionamento do Projeto.....	51
3. Conclusão.....	53
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	54
ANEXOS .....	62

# 1. INTRODUÇÃO

Antes de iniciarmos a apresentação do nosso projeto, vamos deixá-los por dentro do que é a eletrostática e a tinta em pó.

A Eletrostática é a área da Física responsável por estudar as cargas elétricas desconsiderando seu movimento. Ela aborda propriedades e comportamentos das cargas, como força, campo e potencial elétricos, diferentemente da Eletrodinâmica, que estuda a dinâmica das cargas, ou seja, as cargas elétricas em movimento. O fenômeno da eletricidade estática ocorre quando a quantidade de elétrons gera cargas positivas ou negativas em relação à carga elétrica dos núcleos dos átomos. Quando existe um excesso de elétrons em relação aos prótons, diz-se que o corpo está carregado negativamente.

A tinta em pó é composta basicamente de 5 tipos diferentes de componentes sólidos (não há incorporação de solventes e/ou materiais líquidos ou pastosos), sendo estes: resinas, agentes de cura, pigmentos, cargas funcionais e aditivos.

A pintura eletrostática é uma pintura que fixa a tinta por meio de cargas elétricas, sendo ideal para superfícies metálicas, como portões de aço.

Quando uma peça é pintada com pó químico, esta recebe uma carga elétrica oposta à peça, fazendo com que o pó se fixe na peça. Após tal procedimento, a peça é levada à uma estufa. Quando a estufa aquece, a tinta se liquefaz e posteriormente endurece, formando uma película de alto acabamento, uniformidade e resistência.

## 1.1 Objetivos

Inicialmente, visamos introduzir uma máquina só vista em grandes indústrias, na sociedade, pois a mesma além de ser muito cara, também é muito grande em proporção de escala (tamanho), então buscamos deixá-la mais acessível principalmente para as pessoas que trabalham com a pintura deixando-a menor e reduzindo o seu custo, para que qualquer pessoa tenha a oportunidade de usá-la para seus meios de utilização, seja no ambiente de

trabalho ou até para fins pessoais. Isso tudo com pouco investimento e da forma mais fácil possível e, com um desempenho e qualidade duradoura e eficaz.

## **1.2 Justificativa**

Antes de darmos uma justificativa plausível, vamos dar uma breve explicação das vantagens de se usar a pintura eletrostática.

Bom, a mesma quando aplicada nas esquadrias de alumínio, permite que esse produto seja instalado em ambientes residenciais, prédios e complexos comerciais.

Entretanto, ela também é uma opção muito vantajosa para áreas marítimas, tendo em vista a proteção contra corrosão que possui. Além de ter um período duradouro até a tinta sair totalmente do objeto.

Então, através desses pensamentos, decidimos agregar tais tecnologias para facilitar o dia a dia de um profissional de pintura, para que eles possam satisfazer seus clientes com uma pintura bonita e duradoura. Claro, também visamos reduzir o preço e tamanho, para que as mesmas possam ser utilizadas ao decorrer do dia, e não só em fabricas de grande escala.

## 2. DESENVOLVIMENTO

### 2.1 Quem Criou A Pintura Eletrostática?

William Ransburg

A pintura eletrostática líquida está disponível desde os anos 1940, quando William Ransburg inventou o primeiro equipamento para aplicá-la. Mais tarde, no início dos anos 1950, um cientista alemão desenvolveu um processo para aplicar revestimentos em pó de forma eficiente.

A estufa de pintura eletrostática a pó é um equipamento produzido especialmente para o processo de cura da pintura eletrostática pó. Por ser um produto específico, suas construções obedecem sempre às especificações técnicas inerentes ao processo de cura da tinta que se realiza a 200°C durante quinze minutos em média. O corpo da estufa de pintura eletrostática a pó, é construído em painéis modulares com chapa interna em aço galvanizado, Isolamento térmico em lã de rocha de alta densidade com 4" de espessura, estruturada em perfis rígidos de aço carbono, incorporados à parede interna do equipamento. Sistema de aquecimento acoplado ao reciclador de ar centrífugo, com queimador a gás ou resistências elétricas, propicia a equalização da temperatura para distribuição deste ar no ambiente da estufa. Os dutos de distribuição e retorno possuem fendas reguláveis para distribuição e captação do ar quente, e são fabricados em chapa de aço galvanizado. O comando elétrico da estufa de pintura eletrostática a pó tem pirometria digital e sua construção atende as normas NR 10 e NR 12.

Obs.: A polimerização (fundir a tinta pó na peça) a 200°C é chamado de "cura".

A estufa de pintura eletrostática a pó é fabricada em dois modelos: estacionário e contínuo.

No modelo estacionário, a cura das peças pintadas é feita por bateladas em carrinhos. Após a aplicação do pó eletrostático na Cabine, as peças são devidamente dispostas em um carrinho e conduzidas para a Estufa para polimerização da tinta. A outra configuração construtiva da estufa de pintura

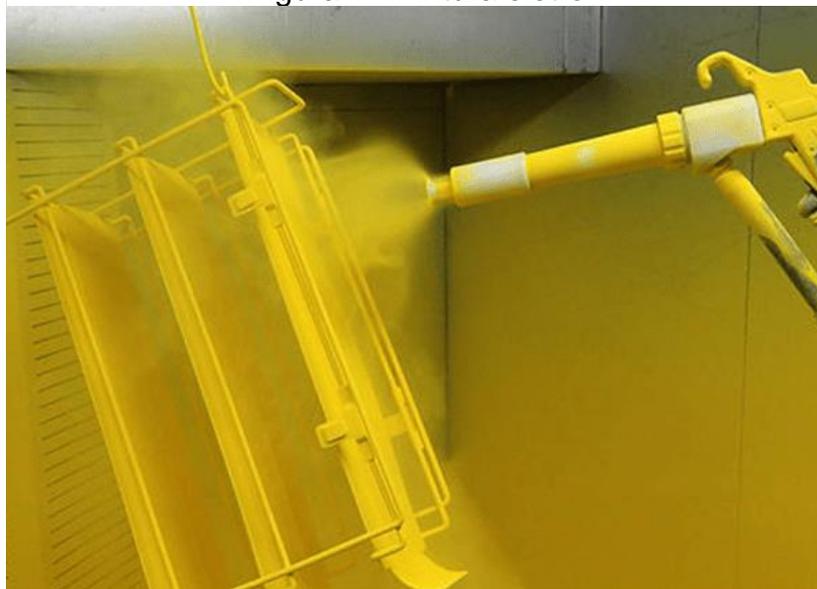
eletrostática a pó é o modelo contínuo, para passagem de transportador aéreo ou de piso. Neste sistema as peças são dispostas em gancheias no transportador e conduzidas em velocidade constante e previamente programada para aplicação da tinta pó na cabine. Na sequência elas são conduzidas por esse mesmo transportador de velocidade constante para a estufa, onde o processo de cura da tinta pó é realizado. (INOVENTBRASIL, Estufa de Pintura Eletrostática a Pó, Itapecerica da Serra, 2023. Disponível em: <https://www.inoventbrasil.com.br>)

## 2.2 O Que É Pintura Eletrostática A Pó?

A pintura eletrostática a pó é uma das melhores técnicas de revestimento que usa tinta sem solvente. Ela oferece muitas vantagens, por exemplo:

1. durabilidade;
2. economia;
3. resistência;
4. agilidade no serviço;
5. “amiga” do meio ambiente – não poluente.

Figura 1 - Pintura eletro



Fonte: Ab5 Serviços de pintura (2023)

### 2.2.1 Como Funciona a Pintura a Pó

Figura 2 – Tinta em pó



Fonte: JundJato (2023)

Atualmente, existe uma variedade ampla de polímeros e de agentes reticulam-tes, de tal forma que é possível a obtenção de tintas em pó para uma determinada finalidade, atendendo também forma de aplicação e tipo de cura. As tintas em pó termorrígidas podem ser classificadas de acordo com a resina base, sendo estas do tipo epóxi, poliéster, híbrida, poliuretano e acrílico. Confira suas características:

## 2.3 Tipos de Tintas em Pó

### 2.3.1 Tintas Resina Epóxi

São tintas em pó formuladas à base de resinas epóxi e apresentam excelentes propriedades químicas e mecânicas. São sensíveis a degradação pela luz solar, quando expostas à luz UV sofrem degradação (calcinação). São utilizadas em componentes internos que demandam altas resistências térmicas.

### **2.3.2 Tintas Sistema Híbrido (Poliéster/Epóxi)**

São tintas em pó formuladas a partir de proporções estequiometricamente balanceadas de resinas epóxi e poliéster. Apresentam resistência à calcinação superior àquelas de resinas epóxi, no entanto não são indicadas para o uso em substratos que estarão expostos ao intemperismo. São as mais utilizadas no mercado em geral.

### **2.3.3 Tintas Resina Poliéster/TGIC**

São tintas em pó formuladas à base de resina poliéster *carboxifuncional* e de epóxi *trifuncional*. São destinadas a pintura de componentes sujeitos ao intemperismo natural, pois não apresentam o inconveniente de calcinar, quando expostos aos raios UV solares. Aplicações típicas para tinta em pó sistema poliéster/TGIC incluem armação de janelas, móveis de jardim, eletrodomésticos, peças de automóveis, grade exterior e componentes metálicos.

### **2.3.4 Tintas Resina Poliuretano**

São tintas em pó formuladas à base de poliuretano e suas propriedades são em tese semelhantes àquelas das tintas poliésteres. Têm a vantagem de permitirem acabamentos mais lisos com camadas cerca de 40% de espessura inferior a essas.

### **2.3.5 Tintas Resina Acrílicas**

São tintas em pó de desenvolvimento mais recente. Seu uso na indústria automobilística tem sido bastante investigado, pois permitem acabamentos de altíssimo brilho e manutenção deste por vários anos. (Ancoblast, Pintura Eletrostática, 2023. Disponível em: [www.ancoblast.com.br](http://www.ancoblast.com.br))

## 2.4 Composição Básica De Tintas Em Pó Termorrígidas

As tintas em pó termorrígidas são misturas, química e fisicamente estáveis a temperatura ambiente, constituídos de uma resina, um agente de cura e frequentemente um catalisador, pigmentos e aditivos. A composição dos sistemas das 9 tintas em pó mais usual apresenta uma formulação típica que contém 50 a 65% de veículo (resina + agente de cura), 33 a 46% de pigmentos e cargas e 2 a 4% de agente nivelam-te e outros aditivos. A maioria pode ser armazenada por períodos de 12 meses sem perda de reatividade e sem que ocorra a reação de cura. As matérias primas básicas que formam os filmes infusíveis são a resina sólida e o agente de cura.

### 2.4.1 Resinas

A resina para tinta em pó deverá ter uma Tg muito acima da temperatura ambiente e funcionalidade para reagir com o agente de cura. A Tabela 1 mostra comparativamente as propriedades das resinas mais comuns que são de essencial importância para um bom desempenho da tinta em pó e determinam o seu uso específico. As tintas em pó têm a denominação conforme o nome comercial da resina

Tabela 1 – Propriedade da tinta em pó do tipo resinas

	EPÓXI	EPÓXI POLIESTER	POLIESTER TGIC	POLIURETANO	ACRILICA
DUREZA	E	MB	MB	B	B
FLEXIBILIDADE	E	E	E	E	R
DURABILIDADE EXTERIOR	R	R	E	E	E
RESISTÊNCIA CORROSÃO	E	MB	MB	B	MB
RESISTÊNCIA QUÍMICA	E / MB	E / MB	MB	B	B

E – Excelente    MB – Muito Bom    B – Bom    R - Ruim

Fonte: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Trabalho de Conclusão de Curso, 2002,  
Resinas Poliésteres Carboxifuncionais Para Tinta Em Pó

## 2.5 Vantagens Da Pintura Eletrostática A Pó

A pintura eletrostática é uma grande aliada do consumidor, porque oferece muitas vantagens como você viu, mas vamos destacar outras, veja:

A tinta não usa solventes, por isso, a pintura eletrostática a pó contribui para diminuição da agressão ao meio ambiente, além disso, a técnica não gera poluentes.

A pintura é tão eficiente que, normalmente, só é necessário uma de mão.

1. É resistente à corrosão.
2. É resistente aos raios UV.
3. Também resiste às altas temperaturas. Não possui esta característica (para este caso temos como solução a pintura líquida com tintas capazes de resistir a temperatura de até 600 cº).
4. Oferece uma ótima qualidade no acabamento.

## 2.6 Desvantagens Da Tinta Em Pó

1. Custo: A tinta em pó pode ser mais cara do que outros tipos de tintas, devido ao processo especializado de aplicação e aos materiais necessários.
2. Tempo de preparação: A preparação da superfície antes da aplicação da tinta em pó pode ser mais demorada e complicada do que com outros tipos de tintas.
3. Limitações de cor: As opções de cores disponíveis para a tinta em pó podem ser limitadas em comparação com outros tipos de tintas.
4. Reparos: Se a superfície revestida com tinta em pó sofrer danos, pode ser difícil repará-la sem refazer todo o revestimento. (Belleepoxi/<https://www.belleepoxi.com.br/pintura-eletrstatica-a-po-o-que-e-e-como-funciona>)

## 2.7 Modelos de Máquinas Já Existentes

A pintura eletrostática a pó funciona basicamente por aplicação de tinta através de cargas elétricas opostas e tem características diferentes quando comparada com a pintura tradicional com solvente que podem poluir o ambiente. Técnica de pintura que garante a qualidade do serviço, durabilidade e velocidade no serviço. Vamos apresentar algumas técnicas, mas a escolha sempre será feita com base no objeto que receberá a aplicação, isso garante a qualidade do serviço. Quando uma peça é pintada com pó químico, este recebe uma carga elétrica oposta à peça, fazendo com que o pó se fixe na peça. Após tal procedimento, a peça é levada à uma estufa. Quando a estufa aquece, a tinta se liquefaz e posteriormente endurece, formando uma película de alto acabamento, uniformidade e resistência.

Figura 3 - Estufa e pistola de pintura



Fonte: Atep Industrial (2023)

## 2.8 Como Fazer Pintura De Metais?

O metal é um material comumente utilizado na fabricação de objetos que se expõem facilmente ao sol, ao vento e à chuva, como grades e portões. Por isso, em alguns casos, a manutenção deve ser periódica.

Apesar de ser uma técnica simples, a pintura de metais precisa ser feita com cuidados prévios para garantir a durabilidade da tinta e também para que o acabamento fique agradável ao proprietário.

### 2.8.1 Remoção Da Tinta Antiga

Confira, a seguir, o passo a passo para pintar metais, que deve ser usado, inclusive, na pintura eletrostática a fim de garantir todos os seus benefícios:

1. O lixamento sempre deve anteceder a pintura, pois é nessa etapa que a tinta antiga e algumas rebarbas serão removidas. Ter esse cuidado melhora a aderência da pintura nova, deixando a superfície uniformizada.
2. Use um removedor de tinta, uma espátula ou lixa para fazer esse trabalho.

### 2.8.2 Limpeza Da Superfície Da Peça

1. Em seguida, limpe a área com um produto específico e um pedaço de tecido ou usando apenas água e sabão. Seque bem a região com um pano seco para evitar a oxidação.

### 2.8.3 Aplicação Do Anticorrosivo

1. A aplicação do anticorrosivo é fundamental para dar mais durabilidade à pintura, evitando a corrosão e a instalação da ferrugem, mesmo que a etapa anterior tenha sido seguida à risca.
2. Aplique a substância uma vez, aguarde secar e, aplique outra camada se achar necessário.
3. Depois, lave com água e sabão para retirar toda a ferrugem existente.
4. Use também uma lixa para remover resquícios e pronto. Seu material estará mais protegido de eventuais danos.

### **2.8.4 Pintura Da Peça**

1. O passo final é a aplicação da tinta. Siga as orientações contidas na embalagem do produto escolhido em relação à diluição da substância, passe a primeira camada, aguarde secar e faça novas aplicações se for preciso.

## **2.9 Como Aumentar A Durabilidade Da Pintura?**

Para que a pintura se mantenha conservada por mais tempo, é preciso tomar alguns cuidados. Confira algumas dicas para aumentar a durabilidade da sua peça:

Para materiais expostos às variações do clima, use tintas mais resistentes;

Seja rápido na hora de usar o anticorrosivo. Logo que fizer a limpeza com água, aplique o produto para evitar que a ferrugem apareça nesse intervalo;

Realize a pintura em áreas protegidas do vento e da poeira. Assim, você evita que sujeiras se acumulem no material;

Espere a primeira camada de tinta secar completamente antes de aplicar a próxima;

Se possível, prefira realizar a pintura em dias mais quentes, pois o calor acelera o processo de secagem do produto.

A pintura eletrostática pode ser realizada em grades, portões, placas e outros objetos de metal, inclusive, ferramentas. As suas muitas vantagens também agregam qualidades aos produtos manipulados. Esses itens se beneficiam de uma estética mais agradável, durável e resistente.

## **2.10 Tinta Em Pó X Tinta Líquida**

### **2.10.1 Tinta Em Pó**

1. Não usa solvente;

2. Baixos riscos de incêndio;
3. Redução nos prêmios de seguro;
4. Tinta pronta para uso;
5. Baixos índices de rejeição;
6. Aplicação em uma só demão processo ecológico, não gera poluente;
7. Troca de cor mais demorada;
8. As tintas não podem ser misturadas;
9. É difícil aplicar a tinta em camadas baixas (abaixo de 30  $\mu\text{m}$ );
10. É muito difícil pintar partes internas de um objeto, com tinta líquida é possível através da pintura por imersão;
11. É mais difícil pintar substrato não metálico (madeira, plástico etc.);
12. O aspecto do acabamento obtido com tinta em pó é deficiente para certas finalidades, como por exemplo: acabamento automotivo;

### **2.10.2 Tinta Líquida**

1. Tecnologia conhecida;
2. Obtenção mais fácil de camadas finas;
3. Trocas de cor mais rápidas;
4. Maior variedade de cores sistema tinto métrico;
5. Alta dependência do petróleo;
6. Alto custo por  $\text{m}^2$  pintado;
7. Necessidade de preparação (diluição);
8. Risco de incêndios;
9. Custo operacional maior;
10. Alto índice de rejeição de peças;
11. Necessidade de primers;
12. Processo poluente, gera graves efluentes industriais como os solventes e as borras de tintas.

## 2.11 O Que É Uma Estufa de Tinta Em Pó?

Estufa para pintura a pó, é um equipamento que permite a polimerização da tinta a pó aplicada em peças metálicas.

A Estufa para pintura a pó, é necessária sempre que se tiver a tinta pó aplicada, pois ela irá gelatina a tinta(polimerização) ficando uma película homogênea pastosa que depois de esfriada deixa a superfície pintada com uma resistência mecânica da pintura muito superior as demais pinturas de acabamento, normalmente a pintura a pó é muito utilizada na linha branca, móveis tubulares, e grande parte de peças metálicas pintadas.

A Estufa para pintura a pó é largamente utilizada na indústria em linha de pintura podendo ser contínua ou câmara, dependendo da produção e dimensões da peça pintada.

A Estufa para pintura a pó pode ser utilizada para qualquer tipo de pintura, a pó, vernizes pó, para peças metálicas.

Figura 4 - Estufa



Fonte: TecnoCoat (2023)

## **2.12 Funcionamento Da Estufa Para Pintura A Pó**

A estufa de tinta em pó funciona por convecção com circulação forçada de ar quente.

A temperatura do ar é regulada para trabalhar de acordo com a necessidade do processo, normalmente especificada pelo fabricante da tinta.

O ar é aquecido pode ser queimador a gás, bateria de resistências elétricas ou outro meio de combustível, montado na unidade de aquecimento.

## **2.13 Dimensões Das Estufas Para Pintura A Pó.**

1. As estufas contínuas são fabricadas sob medida para cada necessidade que variam de acordo com o tamanho da peça, tempo de secagem e produção.
2. As estufas tipo câmara são padronizadas até certo tamanho da estufa, para pequenas peças, más podem ser fabricadas com dimensões de acordo com o tamanho da peça.

## **2.14 Estufa De Pintura Automotiva Preço**

1. A estufa de pintura automotiva preço, é um equipamento fabricado sob consulta, com diversas variáveis tanto em dimensões da estufa como no meio de aquecimento, razão pela qual mantemos um corpo técnico para auxiliar nossos clientes na melhor opção de equipamento de acordo com a necessidade.
2. Estufa de pintura, é um equipamento que permite a secagem da pintura, nas partes de uma determinada peça, o preço é fornecido sob consulta.
3. A estufa, além de permitir a secagem da pintura completa, pode ser utilizada para pintura parcial da peça, permitindo uma grande flexibilidade do processo de secagem.

## 2.15 Funcionamento da Estufa de Pintura Automotiva

1. A estufa é por convecção com circulação forçada de ar quente.
2. A temperatura do ar é regulada para trabalhar até 80° C no ar. O ar é aquecido pode ser queimador a gás ou bateria de resistências elétricas montado no duto de insuflamento de ar.

Figura 5 - Forno de secagem



Fonte: ACCI Industrial (2023)

## 2.16 Como Realizar a Manutenção Preventiva das Estufas

A manutenção preventiva de uma estufa de secagem de pintura automotiva é um processo essencial para garantir seu funcionamento eficiente e prolongar a sua vida útil.

### 2.16.1 Limpeza Regular

É necessário realizar a limpeza da estufa regularmente para remover qualquer acúmulo de poeira, sujeira ou resíduos de pintura. Isso pode ser feito com um aspirador de pó, escovas macias e panos úmidos. Certifique-se de desligar a energia antes de iniciar a limpeza.

### **2.16.2 Inspeção dos Filtros de Ar**

Verifique os filtros de ar da estufa e limpe-os ou substitua-os conforme necessário. Os filtros de ar são responsáveis por manter a qualidade do ar dentro da estufa e impedir a entrada de partículas indesejadas que possam afetar a qualidade da pintura.

### **2.16.3 Lubrificação de Componentes Móveis**

Outros componentes da estufa necessitam de atenção. Verifique se há componentes móveis na estufa, como dobradiças, rolamentos ou trilhos, e lubrifique-os regularmente com lubrificantes adequados. Isso ajudará a garantir um funcionamento suave e reduzirá o desgaste ao longo do tempo.

### **2.16.4 Verificação do sistema de controle de temperatura**

O controle da temperatura é parte essencial em uma estufa de secagem, portanto verifique regularmente o sistema de controle de temperatura da estufa. Certifique-se de que os sensores estejam funcionando corretamente e calibrados de forma correta. Isso garantirá que a temperatura dentro da estufa seja mantida dentro dos limites necessários para a secagem adequada da pintura.

### **2.16.5 Manutenção Elétrica**

Outros componentes elétricos devem ser observados. Verifique as conexões elétricas da estufa para garantir que estejam seguras e sem sinais de danos ou superaquecimento. Se você encontrar algum problema, chame um eletricitista qualificado para fazer as correções necessárias.

### **2.16.6 Inspeção das Portas e Vedação**

Verifique as portas da estufa para garantir que estejam fechando corretamente e que a vedação esteja em boas condições. Portas mal ajustadas ou vedações desgastadas podem resultar em perda de calor e ineficiência no processo de secagem.

## **2.17 Benefícios da Manutenção Preventiva**

### **2.17.1 Prolongamento da Vida Útil**

A manutenção preventiva ajuda a identificar e resolver problemas menores antes que eles se tornem mais graves. Isso ajuda a evitar danos mais sérios aos componentes da estufa, prolongando sua vida útil e evitando custos maiores de reparo ou substituição no futuro.

### **2.17.2 Melhoria do Desempenho**

Ao realizar a manutenção regularmente, você garante que todos os componentes da estufa estejam funcionando corretamente. Isso resulta em um desempenho otimizado da estufa, incluindo uma secagem mais eficiente da pintura automotiva. Uma estufa bem mantida irá garantir resultados de alta qualidade e tempos de secagem mais rápidos.

### **2.17.3 Redução de Falhas e Tempo de Inatividade**

A manutenção preventiva ajuda a identificar e corrigir problemas potenciais antes que eles causem falhas na estufa. Isso reduz o risco de tempo de inatividade não planejado, permitindo que você mantenha suas operações de pintura automotiva em andamento de forma contínua.

### **2.17.4 Economia de Custos**

Embora a manutenção preventiva exija investimento de tempo e recursos, a longo prazo ela pode resultar em economia de custos significativa. Ao evitar grandes reparos ou substituições de componentes, você reduz os gastos com reparos emergenciais e mantém a estufa em um estado de funcionamento eficiente, o que pode levar a uma economia de energia.

### 2.17.5 Segurança

A manutenção preventiva também ajuda a garantir a segurança na operação da estufa. Ao verificar regularmente as conexões elétricas, a vedação das portas e outros componentes, você reduz o risco de acidentes ou mau funcionamento que possam colocar em perigo a equipe de trabalho ou danificar os veículos.

Figura 6 – Forno de secagem



Fonte: TecnoCoat (2023)

### 2.18 Como Funciona O Forno De Pintura Eletrostática?

O forno de pintura eletrostática funciona como parte final do processo desta pintura, conhecido como cura. Quando chegamos no processo de cura, a superfície do metal já está revestida com a tinta em pó, indicando que estamos caminhando para os retoques finais do objeto.

A cura é a etapa que faz o pó ir à superfície do metal com uma firmeza que fará com que a coloração dure por anos. Ela também garante que o pó seja transformado em uma substância lisa, que se trata do ato de enrolar o plástico ao redor do metal. Mas para tudo isso acontecer é preciso aplicar calor ao

revestimento em uma temperatura alta para conseguir atingir o objetivo final do revestimento em pó. O revestimento não deve ser sujeito a nenhum tipo de aquecimento direto, pois os elementos de aquecimento não devem tocar o revestimento em pó, afinal, a sua temperatura dentro do forno para pintura eletrostática é tão alta que se encostasse no revestimento, ele queimaria.

Então, o objeto que está ganhando a cor deve ser colocado dentro do forno para pintura eletrostática sem encostar nele, pois suas bobinas de aquecimento farão todo trabalho. Essas bobinas se responsabilizam por direcionar o calor infravermelho para todo o item revestido, algo conhecido como aquecimento por convecção.

É justamente esse aquecimento por convecção que possibilita que o calor viaje para a substância para que as bobinas de aquecimento não toquem em um revestimento.

Para que a explicação fique mais clara, podemos considerar que é como quando uma pessoa entra numa sala de sauna. Deste modo, o forno para eletrostática é ajustado na temperatura e é preciso que exista um temporizador para controlar o tempo de cura. A quantidade correta do tempo e temperatura garantem que o revestimento em pó se transforme em um filme sólido e firme de plástico ao redor da superfície de metal. Assim, podemos concluir que o forno para pintura eletrostática é usado para curar o acabamento de revestimento em pó em objetos. Esse forno é muito utilizado em indústrias que realizam acabamento de revestimento em pó em seus produtos, como fabricantes de automóveis, de eletrodomésticos e outros itens para casa.

## **2.19 Vantagens do Forno de Pintura Eletrostática**

As vantagens do forno para pintura eletrostática são a secagem rápida, um acabamento de fábrica, durabilidade e o seu custo-benefício.

### **2.19.1 Secagem Rápida**

Uma das principais vantagens da pintura eletrostática é que o sistema de revestimento costuma curar completamente durante a noite.

Então, para as empresas que trabalham com esse tipo de pintura, é comum que as suas atividades sejam retomadas já no dia seguinte, diminuindo o tempo com interrupções de inatividade.

Além do mais, é importante destacar que a pintura eletrostática geralmente é mais versátil do que os outros métodos de aplicação de tinta que também usam cargas eletrostáticas para colorir produtos e objetos de superfície metálica.

### **2.19.2 Acabamentos de Fábrica**

A pintura eletrostática geralmente supera as outras opções de revestimento de superfície metálica.

Isso porque quando os objetos recebem a carga de tinta eletrostática, eles passam a ter uma forte ligação com o substrato que resulta em um acabamento suave e sem nenhuma marca de pincel ou bolhas, semelhante ao desempenho dos revestimentos de fábricas.

Vale destacar que o revestimento aplicado eletrostaticamente também é entregue com uma superfície que não é porosa e impermeável a soluções de limpeza como desinfetantes comuns.

Deste modo, estes objetos coloridos podem ser usados em instalações que pedem por condições higiênicas e sanitárias severas.

### **2.19.3 Durabilidade Estendida**

Como a aplicação da pintura eletrostática melhora a resistência do objeto a ambientes agressivos, a durabilidade da coloração é estendida, se comparado às pinturas tradicionais.

### **2.19.4 Custo-Benefício**

A pintura eletrostática evita que a corrosão afete a superfície metálica do objeto, prolongando a sua vida útil.

Por isso, podemos afirmar que esse método de aplicação de tinta gera uma grande economia a longo prazo.

Além do mais, o processo de aplicação desta pintura requer menos mão de obra e material.

Mas neste cenário, é importante ressaltarmos que a pintura eletrostática precisa ser feita por profissionais experientes para conseguir entregar um acabamento impecável e que irá gerar um bom custo-benefício.

## 2.20 Informações Sobre o Forno de Pintura Eletrostático

1. A temperatura do forno para pintura eletrostática varia entre 200°C e 220°C.
2. Um forno para pintura eletrostática pode chegar ao valor de até R\$ 85.000,00.
3. A pintura eletrostática pode durar mais de 5 anos com acabamento sem bolhas, sem gotejamento e totalmente liso e espelhado.
4. Pode fazer pintura eletrostática em alumínio. 1.5 As tintas que devem ser usadas no forno de pintura eletrostática são líquidas ou revestimento em pó.

Figura 7 - Forno de secagem com capacidade para 100kg



Fonte: Cig Soldas (2023)

## 2.21 Diferença Entre uma Mufla E uma Estufa de Secagem

Figura 8 – Mufla e estufa de secagem



Fonte: Splabor (2023)

### 2.21.1 O Que Faz uma Mufla?

Muitas vezes observamos que as pessoas que estão solicitando fornos de mufla e nós ficamos confusos se são realmente uma mufla ou se são estufas de secagem. As pessoas pedem que o forno mufla funcione a cerca de 300°C. Bem, a faixa de temperatura depende muito do tipo de indústria que vai servir. Agora, para entender a diferença entre a mufla e a estufa de secagem, primeiro precisamos entender seu uso e princípio básicos. Se você já está procurando um forno para laboratório, provavelmente encontrará fornos de laboratório e estufas de secagem. Pode ser um equívoco comum achar que esses dois tipos de equipamentos para laboratório são iguais, mas na verdade são dois equipamentos diferentes.

### **2.21.2 O Que Faz uma Estufa de Secagem?**

Uma estufa de secagem e esterilização é projetada para remover a umidade da câmara e para secar as amostras o mais rápido possível.

O processo da estufa de secagem introduz ar fresco seco na câmara e expelle o ar úmido e quente simultaneamente, permitindo secar rapidamente as amostras. Uma estufa de secagem fornece secagem e aquecimento de alto desempenho

### **2.21.3 Qual a Diferença Entre uma Mufla e uma Estufa de Secagem?**

Uma mufla, é projetada para aquecer apenas amostras a altas temperaturas. Ao contrário de uma estufa de secagem, um forno de laboratório irá recircular o mesmo ar ao redor da câmara.

#### **Diferenças Importantes entre Mufla e Estufa**

Como resultado, uma estufa de laboratório fornecerá apenas aquecimento.

Fornos de laboratório são uma opção diferente de uma estufa de secagem e esterilização e serão uma opção adequada se você precisar apenas da funcionalidade de aquecimento a altas temperaturas.

Você provavelmente notará que uma estufa de laboratório não terá uma faixa de temperatura mais alta do que uma mufla, portanto, certifique-se de que o equipamento escolhido é capaz de atingir as temperaturas exigidas. Um forno mufla geralmente trabalha com temperaturas até 1200°C.

## 2.22 Pistola Eletrostática

Figura 9 - Equipamento para pintura eletrostática



Fonte: Grupo Oreas (2023)

É uma pistola, que armazena a tinta em pó em seu interior. Antes de ser esguichada na superfície, a tinta é carregada com partículas elétricas contrárias ao que existe no material manipulado. Veja no passo a passo a seguir como tudo acontece:

1. A pistola é recarregada com a tinta em pó;
2. A tinta recebe partículas elétricas antes de ser ejetada;
3. A tinta se espalha e se fixa por toda a superfície;
4. O material tratado é levado para uma estufa aquecida que tem o papel de secar a tinta e conferir acabamento.

Apesar de ser uma técnica razoavelmente simples, a atuação de um profissional pode ser necessária para garantir os melhores resultados.

A pistola para pintura eletrostática possui um compartimento no qual a tinta em pó fica localizada e antes de ser esguichada para a superfície, ela é carregada eletricamente por cargas negativas ou positivas.

Já a superfície que receberá a tinta, é carregada com a carga contrária, por isso quando fazemos o uso da pistola para pintura eletrostática, a tinta adere com maior facilidade.

A tinta utilizada na pistola para pintura eletrostática pode ser de três tipos:

1. Epóxi, com alta resistência a corrosão;
2. Poliéster, que não permite amarelamento;
3. E a híbrida, que é uma mistura das duas.

Uma grande vantagem da pistola para pintura eletrostática é a leveza e agilidade na finalização do trabalho, podendo cobrir uma grande área sem ser necessário o manuseio de grandes equipamentos, além do aproveitamento de até 98% de tinta, sem acúmulo e poças. Com a pistola para pintura eletrostática é possível atingir lugares de difícil acesso escondidos, proporcionando cobertura uniforme até para pequenas peças.

Existem pistola para pintura eletrostática que possuem bicos de tamanhos e formatos diferentes, como o circular, plano e o prolongador e com cabos de até 5 metros, proporcionando maior mobilidade do pintor.

### **2.22.1 Definição**

Uma pistola eletrostática é um dispositivo utilizado para aplicar revestimentos eletrostáticos em uma variedade de materiais, como metais, plásticos, madeira e até mesmo em objetos tridimensionais. Ela utiliza o princípio da carga elétrica estática para criar uma atração entre a pistola e a superfície a ser revestida, resultando em uma aplicação eficiente e uniforme do revestimento.

A operação básica de uma pistola eletrostática envolve três elementos principais: a pistola em si, um sistema de alimentação de ar comprimido e um sistema de alimentação de material em pó ou líquido. Vou explicar como cada um desses componentes funciona:

Figura 10 - Pistola



Fonte: OLX (2023)

A pistola eletrostática geralmente é composta por um bocal de pulverização, um eletrodo de carga (também chamado de eletrodo de alta tensão) e um eletrodo de terra. O bocal de pulverização é responsável por direcionar o revestimento em direção à superfície. O eletrodo de carga é conectado a uma fonte de alta tensão que gera uma carga elétrica positiva ou negativa no revestimento. O eletrodo de terra é conectado à terra ou a um objeto de referência que esteja em contato com a superfície a ser revestida. A diferença de potencial entre o eletrodo de carga e o eletrodo de terra cria um campo elétrico que atrai as partículas do revestimento.

Figura 11 - Sistema de alimentação de ar comprimido



Fonte: M&amp;A (2023)

A pistola eletrostática requer um suprimento constante de ar comprimido para pulverizar o revestimento. O ar comprimido é direcionado através da pistola e do bocal de pulverização, criando um fluxo de ar que carrega as partículas do revestimento em direção à superfície. A pressão e o fluxo de ar podem ser ajustados para controlar a taxa e a velocidade de pulverização.

Figura 12 - Sistema de alimentação de material em pó ou líquido



Fonte: R2 Revestimentos

O revestimento utilizado em uma pistola eletrostática pode ser fornecido na forma de pó ou líquido. No caso do revestimento em pó, ele é carregado em uma câmara ou recipiente na pistola eletrostática. À medida que o ar comprimido passa pela câmara, o revestimento em pó é arrastado para o fluxo de ar e carregado eletricamente pelo eletrodo de carga. O revestimento em pó carregado é então pulverizado em direção à superfície. No caso do revestimento líquido, ele é fornecido por meio de uma fonte de alimentação, como um tanque pressurizado, e é atomizado em partículas finas pela ação combinada do ar comprimido e do bocal de pulverização.

Uma vez que o revestimento é pulverizado pela pistola eletrostática, ele é atraído pela carga oposta na superfície a ser revestida, resultando em uma

aplicação uniforme e aderente. O excesso de revestimento que não adere à superfície pode ser coletado e reciclado para minimizar o desperdício.

As pistolas eletrostáticas são amplamente utilizadas em processos industriais, como pintura eletrostática, revestimento em pó, aplicação de verniz e outros revestimentos protetores. Elas oferecem várias vantagens, como uma alta eficiência de transferência de revestimento, economia de material, redução de over spray (nevoeiro de pulverização não desejado), melhor aderência e acabamento de alta qualidade.

É importante ressaltar que o uso de pistolas eletrostáticas requer treinamento adequado e cuidados de segurança, pois envolve o manuseio de alta tensão e materiais pulverizados. Sempre siga as instruções do fabricante e as práticas de segurança recomendadas ao utilizar uma pistola eletrostática.

### 2.22.2 Eletrostática de Ionização

Figura 13 - Pistola de ionização



Fonte: AliExpress (2023)

Uma arma eletrostática de ionização antiestática é um dispositivo que é usado para neutralizar a eletricidade estática em superfícies ou objetos. Essa

arma é especialmente projetada para lidar com situações em que a eletricidade estática pode causar problemas, como na indústria eletrônica, onde a eletricidade estática pode danificar componentes sensíveis.

A arma de ionização antiestática utiliza o princípio da ionização para neutralizar as cargas elétricas presentes em uma superfície. Ela é geralmente projetada como uma pistola de ar comprimido, equipada com um bico de ionização na extremidade.

A operação básica da arma de ionização antiestática envolve a emissão controlada de íons na superfície carregada. Os íons emitidos têm cargas opostas às cargas presentes na superfície, o que leva à neutralização das cargas elétricas. Isso ajuda a prevenir a acumulação de eletricidade estática e reduzir o risco de descargas elétricas prejudiciais.

A arma de ionização antiestática é conectada a uma fonte de ar comprimido, que é utilizada para soprar o ar ionizado na superfície a ser tratada. O bico de ionização é projetado para produzir um feixe concentrado de íons, direcionando-os de forma eficiente para a área desejada. Além disso, a pressão do ar comprimido também auxilia na remoção de partículas soltas e poeira da superfície.

Ao usar a arma de ionização antiestática, é importante posicionar o bico de ionização próximo à superfície a ser tratada, garantindo que os íons sejam adequadamente direcionados para neutralizar a eletricidade estática. O tempo necessário para neutralizar a carga depende da quantidade de eletricidade estática presente e da eficiência da arma de ionização utilizada.

É importante destacar que a arma de ionização antiestática deve ser utilizada com cuidado e de acordo com as instruções do fabricante. Ela deve ser regularmente calibrada e mantida para garantir seu desempenho adequado. Além disso, é recomendável seguir as práticas de segurança adequadas ao lidar com eletricidade estática e trabalhar em ambientes sensíveis à eletricidade estática.

## 2.23 Nosso Projeto

### 2.23.1 Cronograma

Quadro 1 - Cronograma

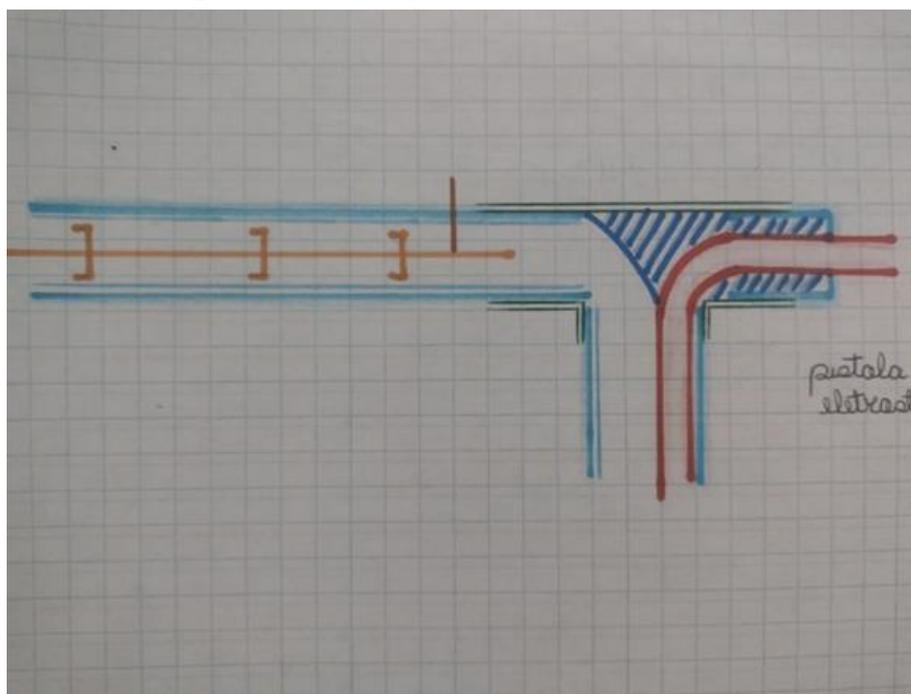
Tarefas	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maior	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro
Escolha do Projeto										
Planejamento do Projeto										
Início da parte Escrita										
Compra dos materiais										
Início da montagem da Pistola										
Teste da Pistola										
Início da montagem da Estufa										
Início da montagem do forno										
Teste da Resistência do Forno										
Montagem da Porta										

Fonte: Autores (2023)

### 2.23.2 Construção da Pistola de Pintura a Pó

Para começarmos a desenvolver de forma prática nosso projeto, esquematizamos como seria a nossa pistola eletrostática, utilizando todos os componentes de forma correta e eficiente.

Figura 14 - Esboço da pistola eletrostática



Fonte: Autores (2023)

Esse foi o resultado da nossa pistola, seguindo todos os passos do esquema proposto.

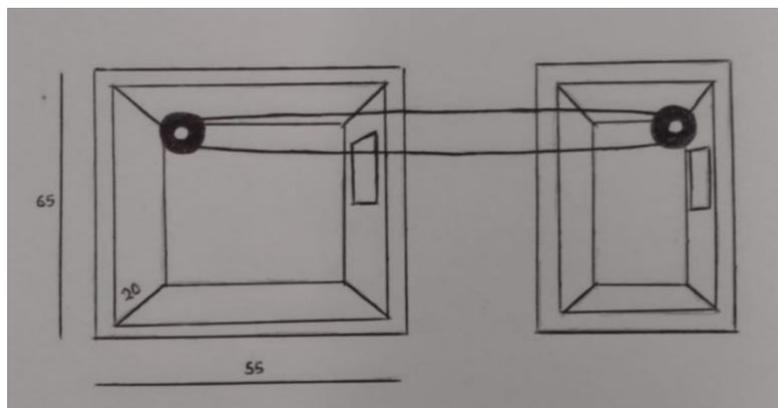
Figura 15 - Pistola eletrostática



Fonte: Autores (2023)

### 2.23.3 Corpo das Estufas Para Pintura a Pó.

Figura 16 - Esboço da estufa e do forno



Fonte: Autores (2023)

Por fim, fizemos também um esquema para desenvolver nossas duas máquinas.

Figura 17 - Estrutura inicial da estufa



Fonte: Autores (2023)

Figura 18 - Estrutura inicial do forno



Fonte: Autores (2023)

## 2.24 Orçamento

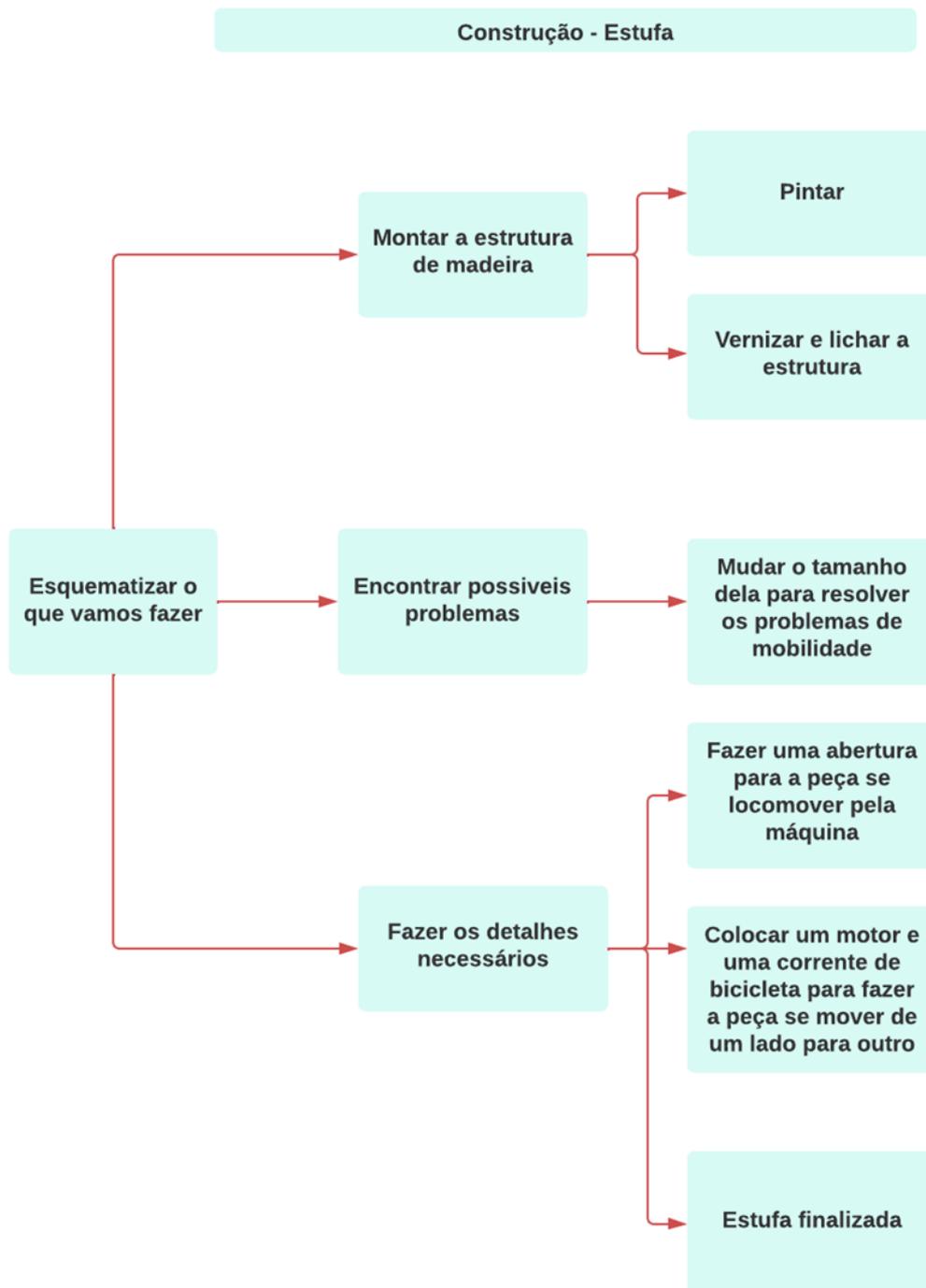
Quadro 2 - Orçamento

<b>Materiais</b>	<b>Preços</b>
Antena de TV	0,00
Pistola de ar comprimido	15,90
T de PVC	2,00
Durepoxi	15,00
Espigão	4,00
Araldite 2 Horas	20,00
Tubo Soldável PVC	3,00
Cap soldável	3,00
Fio de Cobre	0,00
Catraca de bicicleta	23,00
Tinta em Pó	0,00
Raquete Elétrica	28,00
Corrente de Bicicleta	24,00
Engrenagem de Bicicleta	12,00
Dobradiça	0,00
Estanho	0,00
Madeira	0,00
Metal	0,00
Garra jacaré	17,00
Resistencia	0,00
Compressor	0,00

Fonte: Autores (2023)

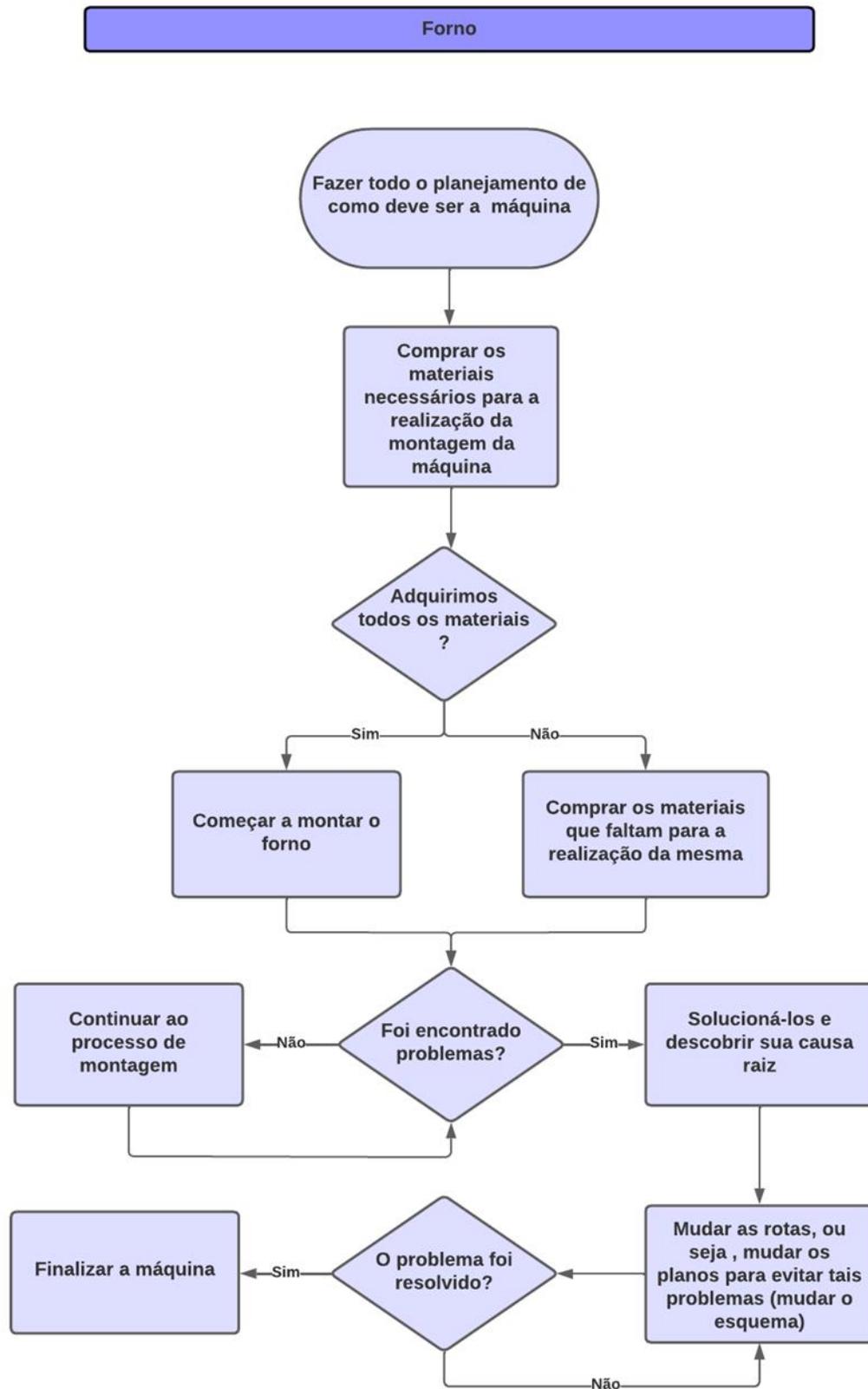
## 2.25 Monitoramento

Quadro 3 – Fluxograma da estufa



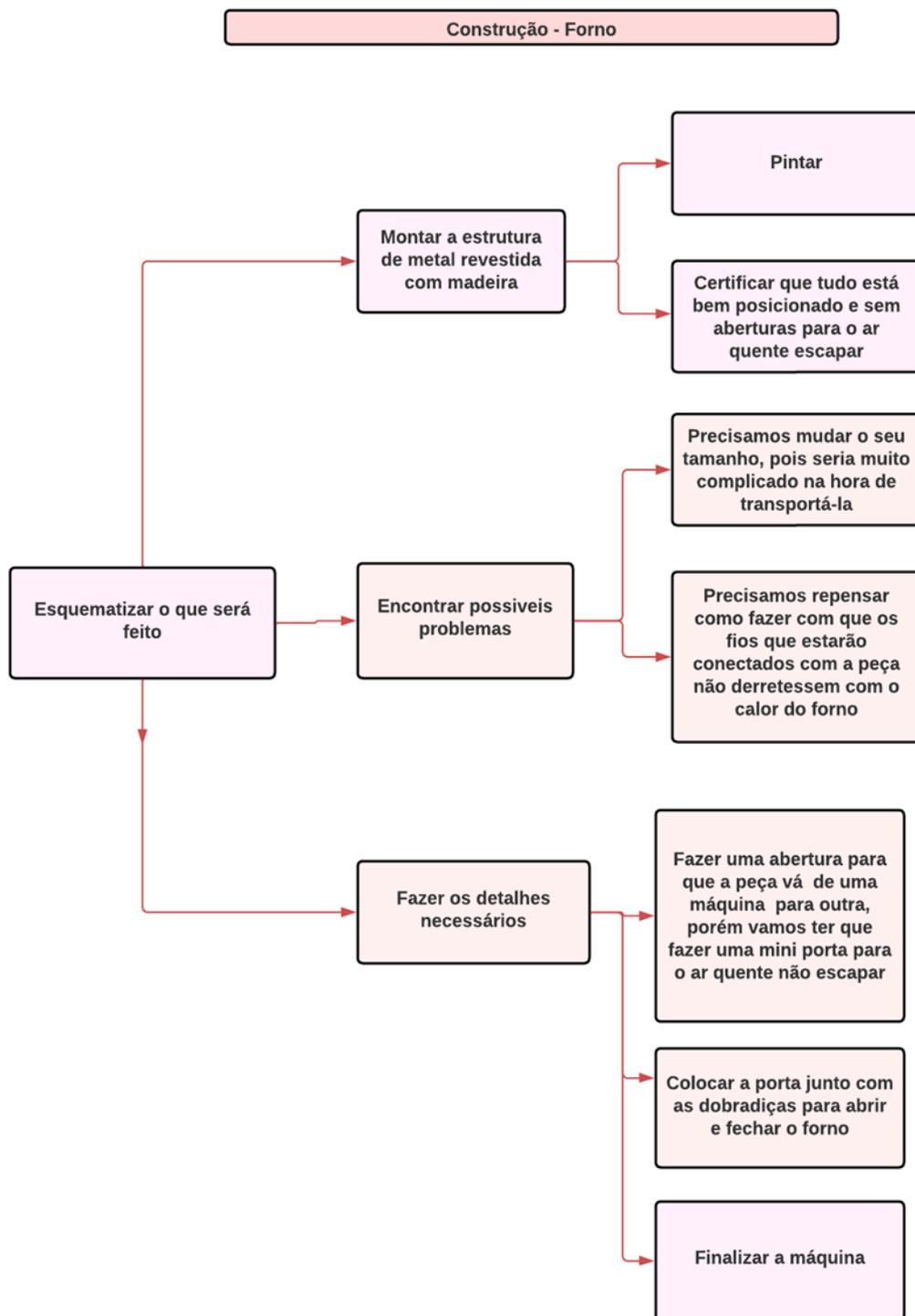
Fonte: Autores (2023)

Quadro 4 - Fluxograma do planejamento do forno



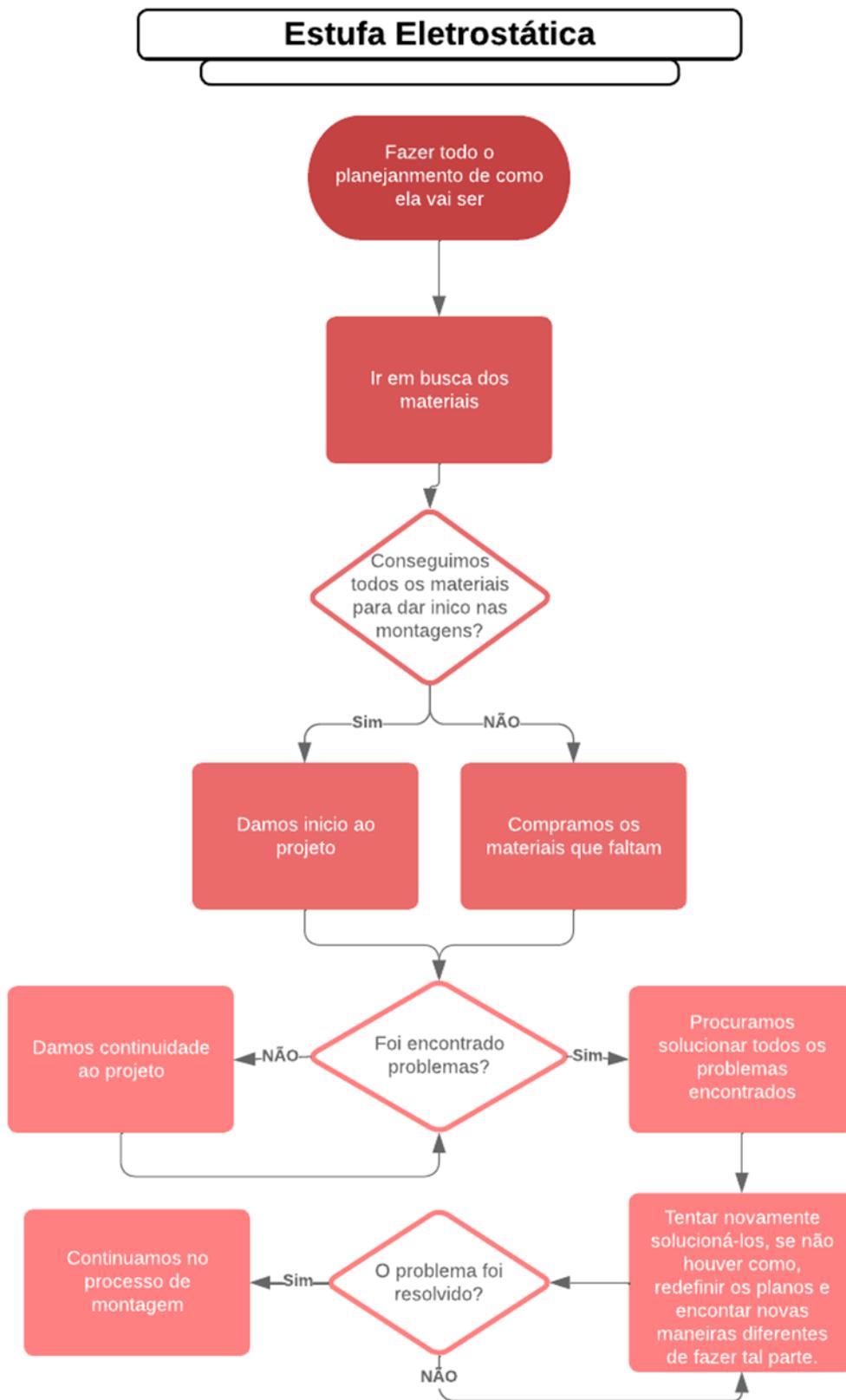
Fonte: Autores (2023)

Quadro 5 - Fluxograma da montagem do forno



Fonte: Autores (2023)

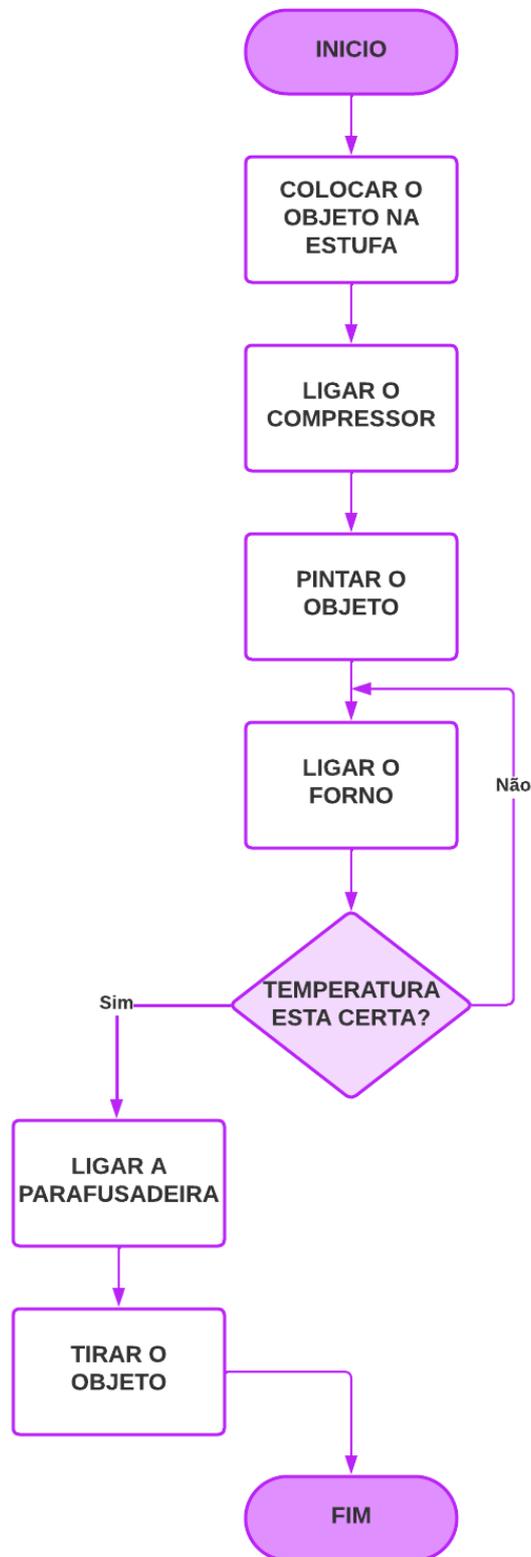
Quadro 6 – Fluxograma da montagem da estufa



Fonte: Autores (2023)

## 2.26 Funcionamento do Projeto

Quadro 7 - Fluxograma do projeto



Fonte: Autores (2023)

Figura 19 - Protótipo final



Fonte: Autores (2023)

### 3. CONCLUSÃO

Através do nosso trabalho procuramos mostrar o processo de funcionamento da aplicação da tinta que nos permite averiguar como as reações químicas (pré-tratamento do material por desengraxe, decapante químico, passivação e fosforização), atrelados ao processo físico de aplicação com base no seu processo, faz a alteração de carga e contribuem para uma qualidade superior para seu produto ou seu objeto pessoal que necessita de revitalização.

Dessa forma, o que foi apresentado durante essa pesquisa, foi dando grande relevância para as máquinas de pintura eletrostática destinando-se tanto para as indústrias como para uso pessoal (hobbies). Por meio dessas pesquisas foi possível analisar suas variedades e tipos de tintas que são encontradas nos mercados.

Do exposto, da utilização da metodologia da estufa de pintura eletrostática, concluindo-se da eficiência dos resultados obtidos durante e após a construção do projeto. Outro ponto que pode ser destacado e o desenvolvimento do projeto, na criação da estufa, pistola e forno.

Os resultados mostram que todo o planejamento para a construção das máquinas foram fundamentais para o planejamento final das estruturas, mostrando a eficiência do nosso projeto.

Diante disto, concluímos que as contribuições que foram apresentadas durante a trajetória da pesquisa, poderão ser usadas para o um maior aprofundamento de pesquisas futuras e melhorias no projeto atual.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Resinas poliésteres carboxifuncionais para tinta em pó:

[HTTPS://LUME.UFRGS.BR/BITSTREAM/HANDLE/10183/63139/000821645.PDF?SEQUENCE=1.](https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/63139/000821645.pdf?sequence=1)

Disponível em:

<[https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/63139/000821645.pdf?sequence=1.](https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/63139/000821645.pdf?sequence=1)> Acesso em: 18 jul. 2020.

Vantagens e desvantagens da tinta eletrostática em pó:

TINTA (Sao Paulo). Cliecom Marketing Digital. VANTAGENS E DESVANTAGENS DE PINTURA A PÓ. 2018. Disponível em: <<https://todascotes.com.br/vantagens-e-desvantagens-da-tinta-eletrorstatica-em-po/>>. Acesso em: 26 jun. 2018.

Estufa De Tinta Eletrostática:

Record pinturas eletrostáticas:

GOOGLE. **Google Workspace**. Disponível em:

<[https://www.googleadservices.com/pagead/aclk?sa=L&ai=DChcSEwjK9Jjy19DvAhWMDZEKHUQCB\\_sYABAAGgJjZQ&ohost=www.google.com&cid=CAESQOD2srbhsKGDxCKkbL\\_5X2cAlhCeSVtNckTy2AH7g0-rl0pfBwBxE5YcANS4HiMQgNJ5ffcDpz1puAV\\_Cf44qEI&sig=AOD64\\_0meT-P3ZvmgbJGHgohprV5fhwFyg&q&adurl&ved=2ahUKEwi4tpLy19DvAhWNHbkGHQqNBK4Q0Qx6BAgDEAE](https://www.googleadservices.com/pagead/aclk?sa=L&ai=DChcSEwjK9Jjy19DvAhWMDZEKHUQCB_sYABAAGgJjZQ&ohost=www.google.com&cid=CAESQOD2srbhsKGDxCKkbL_5X2cAlhCeSVtNckTy2AH7g0-rl0pfBwBxE5YcANS4HiMQgNJ5ffcDpz1puAV_Cf44qEI&sig=AOD64_0meT-P3ZvmgbJGHgohprV5fhwFyg&q&adurl&ved=2ahUKEwi4tpLy19DvAhWNHbkGHQqNBK4Q0Qx6BAgDEAE)> Acesso em: 27 mar. 2021. Aplitecno:

Revestimento Fênix: Pintura eletrostática a pó

COMO FUNCIONA A PINTURA ELETROSTATICA A PÓ. Disponível em: <https://revestimentoafenix.com.br/como-funciona-pintura-eletrorstatica-a-po/>. Acesso em: 02 maio 2020.

Líder Máquinas: Como funciona a estufa estacionaria eletrostática

COMO FUNCIONA A PINTURA ELETROSTÁTICA A PÓ. Disponível em:  
<<https://revestimentofenix.com.br/como-funciona-pintura-eletrorstatica-a-po/>>.

Acesso em: 02 maio 2020.

ACCI industrial: Estufa para pintura a pó

ACCI. **CONHEÇA AS VANTAGENS SOBRE FÁBRICA DE CABINE DE PINTURA.** 2020. Disponível em: <<https://www.acciindustrial.com.br/fabrica-cabine-pintura.>> Acesso em: 09 out. 2021

ACCI: Estufa eletrostática

Disponível em:  
<<https://www.google.com/imgres?imgurl=https%3A%2F%2Fwww.acciindustrial.com.br%2Fimagens%2Finformacoes%2Festufa-pintura-po-02.jpg&tbid=6uH2HRQLvzq2zM&vet=12ahUKEwiA29q2xZOCaxVVopUCHbQZD48QMygCegQIARBR.i&imgrefurl=https%3A%2F%2Fwww.acciindustrial.com.br%2Festufa-pintura->>> Acesso em: 24 de outubro de 2023

Ion Eletrostática: Como Funciona a Pintura Eletrostática?

COMO Funciona Como Funciona a Pintura Eletrostática? [20--]. Disponível em:  
<[https://ioneletrorstatica.com.br/index.php?route=information/information&information\\_id=7.](https://ioneletrorstatica.com.br/index.php?route=information/information&information_id=7.)> Acesso em: 12 out. 2023.

Eletrostática:

Inovent Brasil: Estufa de Pintura Eletrostática a Pó

INOVENT - A INOVACAO EM VENTILACAO (Itapecerica da Serra - Sp). O que e uma Estufa de Pintura Eletrostatica a PÓ? 2018. Disponível em:

<<https://www.inoventbrasil.com.br/estufa-de-pintura-eletrorostatica-a-po>> . Acesso em: 03 nov. 2018.

Brasil Escola: Eletrostática

ESCOLA, Brasil. Princípio de Pascal. Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/fisica/principio-eletrorostatica.htm>> Acesso em: 30 out. 2019.

Wikipédia: Eletrostática

WIKIPEDIA. Eletrostática. Disponível em: <<https://pt.wikipedia.org/wiki/Eletrorost%C3%A1tica>> Acesso em: 20 ago. 2023.

Pintura eletrostática:

Codinter: Pintura a pó ou tinta líquida: Qual é a melhor e por quê?

Codinter Disponível em: <<https://www.codinter.com.br/pintura-a-po-eletrorostatica-ou-tinta-liquida-qual-e-a-melhor-e-porque/#:~:text=A%20pintura%20eletrorost%C3%A1tica%20I%C3%ADquida%20est%C3%A1,em%20p%C3%B3%20de%20forma%20eficiente.>> Acesso em: 30 de Setembro de 2023

Viva Cor pintura em pó: Por que a pintura eletrostática a pó é uma das técnicas mais eficientes?

Disponível em; <<https://vivacortintas.com.br/por-que-a-pintura-eletrorostatica-a-po-e-uma-das-tecnicas-mais-eficientes/#:~:text=VANTAGENS%20DA%20PINTURA%20ELETROROST%C3%81TICA%20A%20P%C3%93&text=Ajuda%20na%20preserva%C3%A7%C3%A3o%20do%20meio,com%20spray%2C%20rolos%20e%20pinc%C3%A9is>> Acesso em: 28 de abril de 2023

BelleEpoxi: Pintura eletrostática a pó. O que é e como funciona? (vantagem)

ELETROESTÁTICA, Fênix Pintura. **Como funciona a pintura eletroestática a pó.** Disponível em: <<https://revestimentofoenix.com.br/como-funciona-pintura-eletrorostatica-a-po/>> Acesso em: 08 abr. 2021.

Frisokar: Fique por dentro das vantagens da pintura eletrostática a pó

**COMO FUNCIONA A PINTURA ELETROSTÁTICA?** 2020. Disponível em: <<http://www.tintapo.com.br/noticias-tintas-em-po-pintura-eletrorostatica/1/pintura-eletrorostatica-a-po/como-funciona-a-pintura-eletrorostatica.>> Acesso em: 16 mar. 2021.

Super Finishing: Pintura eletrostática: como funciona o procedimento?

**CROMO DURO INDUSTRIAL: COMO FUNCIONA?** 2022. Disponível em: <[https://www.superfinishing.com.br/pb/cromo-duro-industrial-como-funciona/.](https://www.superfinishing.com.br/pb/cromo-duro-industrial-como-funciona/)> Acesso em: 7 dez. 2022.

Codinter: Pintura a pó eletrostática ou tinta líquida: Qual é a melhor e por quê?

CODINTER, Equipe Editorial. **Pintura a pó eletrostática ou tinta líquida: Qual é a melhor e por quê?** 2020. Disponível em: <[https://www.codinter.com.br/pintura-a-po-eletrorostatica-ou-tinta-liquida-qual-e-a-melhor-e-por-que/.](https://www.codinter.com.br/pintura-a-po-eletrorostatica-ou-tinta-liquida-qual-e-a-melhor-e-por-que/)> Acesso em: 03 abr. 2021.

Cetec Industrial: Tipos de tintas utilizadas na pintura eletrostática a pó

**TINTAPÓ. PINTURA ELETROSTÁTICA A PÓ, TIPOS DE TINTAS UTILIZADAS.** 2021. Disponível em: <<http://www.tintapo.com.br/noticias-tintas-em-po-pintura-eletrorostatica/1/pintura-eletrorostatica-a-po/pintura-eletrorostatica-a-po-tipos-de-tintas-utilizadas.>> Acesso em: 29 out. 2021.

Inatintas: Pintura Eletrostática a pó: o que é e como funciona

Disponível em: <[https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Finatintas.com.br%2Fpostagens%2Fpintura-eletrorostatica-a-po-o-que-e-e-como-funciona%2F&psig=AOvVaw0W5tfhpzV0Bz0hxJE9u\\_Qm&ust=1](https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Finatintas.com.br%2Fpostagens%2Fpintura-eletrorostatica-a-po-o-que-e-e-como-funciona%2F&psig=AOvVaw0W5tfhpzV0Bz0hxJE9u_Qm&ust=1)> Acesso em : 16 de maio de 2023.

Asm Engenharia: Pintura eletrostática: o que é e como funciona

SITE. Disponível em: <<https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fblog.asmeng.com.br%2Fpintura-eletrorostatica-o-que-e-como->

funciona%2F&psig=AOvVaw0W5tfhpzV0Bz0hxJE9u\_Qm&ust=1698404419922000&source=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=2ahUKEwirkazSx5OCAxU6rJUCHeWxA84Qr4kDe  
gQIARBA

Como usar:

Asm Engenharia: Pintura de Metais: como fazer corretamente

ASM ENGENHARIA (Brasil). **Pintura eletrostática**: o que é e como funciona. o que é e como funciona. 2022. Disponível em: <<https://blog.asmeng.com.br/pintura-eletrostatica-o-que-e-como-funciona/>> Acesso em: 12 out. 2023.

Tintas Renner: Como aumentar a vida útil da tinta e deixá-la sempre fresca

Disponível em: <<http://www.tintasrenner-deco.com.br/blog/como-aumentar-a-vida-util-da-tinta-e-deixa-la-sempre-fresca#:~:text=Desmonte%20o%20cilindro%20de%20suporte,a%20encaix%C3%A1%20no%20suporte.>> Acesso em: 14 de Outubro de 2023

Forno:

Olx: Forno de pintura eletrostática:

PIAALUMINIO.COM. Pintura eletrostática. **[https://Pialuminio.Com.Br/Pintura-Eletrostatica/](https://pialuminio.com.br/Pintura-Eletrostatica/)**, [S,l], v. , n. , p. 1-2, 14 ago. 2022. Disponível em: <<https://pialuminio.com.br/pintura-eletrostatica/>> Acesso em: 14 de 2022.

Pintura Eletrostática Sol: Forno de pintura eletrostática:

CABINE de Pintura. Disponível em: <<https://www.pinturaeletrostaticasol.com.br/produtos/pintura-eletrostatica/queimador-para-forno-de-pintura-eletrostatica.>> Acesso em: 16 set. 2018.

Armazém do Comércio: Fogão industrial – alta pressão pintura eletrostática

Disponível em : <<https://www.armazendocomercio.com.br/produto/fogao-industrial-alta-pressao-pintura-eletrstatica-serie-2000-4-bocas-c-forno-30x30-perfil-65cm-m18-metalmaq/>> Acesso em: 10 de outubro de 2023

Youtube: Como fazer Forno para pintura eletrostática

ENCRYPTED. Jatoba: Disponível em: <[https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcTSTxd7ztRPWjZxfPBwp\\_tGVFevR\\_QOch3vx6u0BacvLJRvIGO04w.](https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcTSTxd7ztRPWjZxfPBwp_tGVFevR_QOch3vx6u0BacvLJRvIGO04w.)>. Acesso em: 19 set. 2017.

Youtube: Projetos para fabricação de fornos e estufas industriais

Youtube Disponível em: <<https://www.google.com/imgres?imgurl=https%3A%2F%2Fi.ytimg.com%2Fvi%2FOltMgZUd1Uc%2Fhqdefault.jpg&tbnid=WkjgsFH0OgLQDM&vet=12ahUKEwjyiPS6xpOCAxVOIJUCHUIWBwwQMygEegQIARBP.i&imgrefurl=https%3A%2F%2Fm.youtube.com%2F>> Acesso em: 6 de Julho de 2023

MaxiTherm: Estufas e cabines de pintura eletrostática

MaxiTherm, Disponível em: <<https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fnavetherm.com.br%2Festufas-cabines-pintura-eletrstaticas.php&psig=AOvVaw2kt2CwcSGEQL3RISglAyde&ust=1698404102334000&source=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=2ahUKEwjyiPS6xpOCAxVOIJUCHUIWBwwQr4kDegQIARBZ>>

Soluções industriais: Fabricante de estufa para pintura eletrostática

Disponível em: <<https://www.google.com/imgres?imgurl=https%3A%2F%2Fsoluesindustriais.files.wordpress.com%2F2016%2F12%2Ffabricante-de-estufa-para-pintura-eletrstc3a1tica>>. Acesso em: 15 de maio de 2023

Youtube: Fiz um forno caseiro e usei telha de zinco | pintura eletrostática caseira

Youtube

Disponível

em:

<<https://www.google.com/imgres?imgurl=https%3A%2F%2Fi.ytimg.com%2Fvi%2F3iwLHeuzVE0%2Fhq720.jpg%3Fsq%3D->> Acesso em: 23 de junho

Fotos:

Pintura

PIAALUMINIO.COM. Pintura eletrostática. 14 ago. 2022. Disponível em: <<https://pialuminio.com.br/pintura-eletrstatica/>> Acesso em: 14 de 2022.

Tinta em pó

DUARTE, Flavio. WMS, TMS, ERP, CRM, RFID, Disponível em: <<https://www.linkedin.com/pulse/como-fazer-ec-com-sobras-de-tinta-em-p%C3%B3-nurian-feliciano>>. Acesso em: 16 out. 2018.

Estufa

Forno

LTDA, Codiflex Industria de Máquinas e Equipamentos. Embaladora automática. Disponível em: <<https://www.tecnocoat.ind.br/estufa-de-cura>> . Acesso em: 15 maio 2016

BIOLINK. Cabos para eletrodo. Disponível em: <<https://cigsoldas.com.br/forno-para-resssecagem-de-eletrodo-100kg/>>. Acesso em: 01 nov. 2019.

DIFERENÇA entre estufa de secagem, esterilização e mufla. 2021. SP Labor. Disponível em: <<https://www.splabor.com.br/blog/estufa-de-esterilizacao-e-secagem/diferenca-entre-estufa-de-secagem-e-esterilizacao-e-forno-mufla/>>. Acesso em: 03 set. 2023.

Pistola

Disponível em: <<https://oreastintas.com.br/equipamentos-e-acessorios-para-pintura-em-po/>> Acesso em: 27 de fevereiro de 2022

Disponível em: <<https://pr.olx.com.br/regiao-de-curitiba-e-paranagua/agro-e-industria/maquinas-para-producao-industrial/equipamento-para-pintura-eletrstatica-a-po-prisma>> Acesso em: 15 de agosto de 2022

Page 15 Universidade Federal de Santa Catarina, v. 1, n. 15, p. 159-172, 2013. Título original: Êécoute, Paris, Galilée, 2002; pp. 9-45. Tradução de Carlos Eduardo Schmidt Capela e Vinícius Nicastro Honesko. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/Outra/article/download/2176-8552.2013n15p159/25525>> Acesso em: 18 ago. 2021.

Disponível em: <<https://www.r2revestimentos.com/tanque-de-po-50l>> Acesso em: 18 de Abril de 2022

## ANEXOS

file:///C:/Users/aluno/Desktop/CATALOGO-ELETRONICO-MAXXINOX-03.compressed-ilovepdf-compressed-ilovepdf-compressed-1-ilovepdf-compressed.pdf

file:///C:/Users/aluno/Desktop/edicao33\_Monica%20dos%20Santos%20Pimenta.pdf

file:///C:/Users/aluno/Desktop/TN\_STP\_261\_503\_35080.pdf

file:///C:/Users/aluno/Desktop/Linha-de-pintura-po-Aspersul.pdf

file:///C:/Users/aluno/Desktop/catalogo-laac-pintura-eletrostatica%20(1).pdf

file:///C:/Users/aluno/Desktop/manual\_pintura%20(1).pdf

file:///C:/Users/aluno/Desktop/Apostila-DT-13-Tinta-p-\_2018%20RESUMIDA%20(1).pdf