



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA – UFPB CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA CURSO DE GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA MECÂNICA**

**ANÁLISE E APRIMORAMENTO DA EFICIÊNCIA DO PROCESSO DE PINTURA
ELETROESTÁTICA EM METALÚRGICAS DE PEQUENO PORTE: UMA
INVESTIGAÇÃO PRÁTICA SOBRE A VIABILIDADE DA ANTECIPAÇÃO DA
PINTURA E SEUS EFEITOS.**

JOSÉ ANANIAS DA SILVA NETO

**JOÃO PESSOA
2024**

JOSÉ ANANIAS DA SILVA NETO

**ANÁLISE E APRIMORAMENTO DA EFICIÊNCIA DO PROCESSO DE PINTURA
ELETROESTÁTICA EM METALÚRGICAS DE PEQUENO PORTE: UMA
INVESTIGAÇÃO PRÁTICA SOBRE A VIABILIDADE DA ANTECIPAÇÃO DA
PINTURA E SEUS EFEITOS.**

Trabalho de Conclusão de Curso que apresento a Coordenação do Curso de Engenharia Mecânica do Centro de Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba, como parte dos requisitos para a obtenção do título de bacharel em Engenharia Mecânica.

Orientador: Siderley Fernandes
Albuquerque.

SIDERLEY FERNANDES ALBUQUERQUE

**JOÃO PESSOA
2024**

JOSÉ ANANIAS DA SILVA NETO

**ANÁLISE E APRIMORAMENTO DA EFICIÊNCIA DO PROCESSO DE PINTURA
ELETROESTÁTICA EM METALÚRGICAS DE PEQUENO PORTE: UMA
INVESTIGAÇÃO PRÁTICA SOBRE A VIABILIDADE DA ANTECIPAÇÃO DA
PINTURA E SEUS EFEITOS.**

Trabalho de Conclusão de Curso que apresento a
Coordenação do Curso de Engenharia Mecânica
do Centro de Tecnologia da Universidade Federal
da Paraíba, como parte dos requisitos para a
obtenção do título de bacharel em Engenharia
Mecânica.

Orientador: Siderley Fernandes Albuquerque.

DATA DE APROVAÇÃO 03/05/2024

BANCA EXAMINADORA

Siderley F. Albuquerque

Dr. Siderley Fernandes Albuquerque

Jacques Cesar dos Santos

Dr. Jacques Cesar dos Santos

Koji Daniel C. Mishina

Dr. Koji Daniel Vasconcelos Mishina

JOÃO PESSOA - PB

RESUMO

Este trabalho aborda os efeitos da antecipação da etapa de pintura no processo produtivo de uma indústria metalúrgica, sob a ótica de um graduando em engenharia. Inicialmente, introduz-se o tema, destacando a relevância da antecipação da pintura na otimização dos processos industriais. O objetivo do estudo é analisar os impactos dessa estratégia na eficiência global do processo produtivo. Os procedimentos metodológicos adotados incluem a coleta de dados experimentais, análise quantitativa e qualitativa, e revisão bibliográfica sobre o tema. Os resultados obtidos revelam uma redução significativa no tempo de ciclo total de produção, apesar dos aumentos observados em etapas individuais, como corte e solda, acabamento e montagem. Por fim, as considerações finais destacam a importância da otimização do processo de pintura eletrostática e ajustes operacionais para a melhoria da eficiência produtiva. Em suma, este estudo oferece uma análise abrangente dos impactos da antecipação da etapa de pintura no contexto industrial, fornecendo insights valiosos para profissionais e pesquisadores interessados na melhoria dos processos produtivos.

Palavras-Chave: pintura eletrostática; metalúrgica; antecipação da pintura.

ABSTRACT

This study examines the effects of advancing the painting stage on the production process of a metallurgical industry, from the perspective of an engineering undergraduate. Initially, the topic is introduced, highlighting the relevance of advancing painting in optimizing industrial processes. The objective of the study is to analyze the impacts of this strategy on the overall efficiency of the production process. The methodological procedures adopted include the collection of experimental data, quantitative and qualitative analysis, and a literature review on the subject. The results obtained reveal a significant reduction in the total production cycle time, despite increases observed in individual stages such as cutting and welding, finishing, and assembly. Finally, the final considerations emphasize the importance of optimizing the electrostatic painting process and operational adjustments to improve production efficiency. In summary, this study offers a comprehensive analysis of the impacts of advancing the painting stage in the industrial context, providing valuable insights for professionals and researchers interested in improving production processes.

Keywords: electrostatic painting; metallurgical; painting advancement.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, fonte de toda sabedoria e força que me sustentou ao longo desta jornada. Aos meus amados pais, Reginaldo José da Silva e Ivanise Pedrosa da Silva, e aos meus queridos irmãos Jaqueline, Janaína, Reginaldo Júnior e Vanessa Karoline, cujo amor e apoio incondicionais foram meu alicerce em cada desafio enfrentado. À minha dedicada namorada, Laura, que com seu carinho e compreensão esteve ao meu lado nos momentos difíceis. Aos meus grandes amigos Bruno Lira e Mainara Cavalcanti, pela presença constante e pelo incentivo contínuo. Aos amigos de curso, Oton, Thiago e Darlysson, cuja amizade e apoio foram imprescindíveis para a conclusão deste trabalho. E, por fim, ao meu estimado professor orientador Siderley, pelo seu comprometimento, paciência e orientações valiosas ao longo de todo o processo. Obrigado a todos por fazerem parte desta conquista.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	8
2. OBJETIVO.....	9
2.1 Objetivo Geral.....	9
2.2 Objetivo Específico	9
3. BREVE HISTÓRIA DA PINTURA ELETROESTÁTICA.....	9
4. SOBRE A EMPRESA.....	12
4.1 Corte e Solda.....	14
4.2 Acabamento	14
4.3 Montagem	15
4.4 Limpeza.....	15
4.5 Pintura	15
5. METODOLOGIA.....	18
5.1 Levantamento e Caracterização do Processo de Pintura	19
5.2 Proposta de Antecipação da Pintura Eletroestática e Definição de Parâmetros de avaliação.....	20
6. COLETA E APRESENTAÇÃO DE DADOS EXPERIMENTAIS	21
7. ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	28
8. CONCLUSÃO	30
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	32

1. INTRODUÇÃO

"A qualidade total é essencial para as empresas modernas, pois permite a padronização dos processos, resultando em maior eficiência operacional e satisfação do cliente" (CAMPOS, 2004, p. 87). Nos últimos anos, o setor de metalurgia tem enfrentado crescentes desafios para se manter competitivo em um mercado dinâmico e exigente. Em particular, as metalúrgicas de pequeno porte têm buscado constantemente maneiras de otimizar seus processos produtivos para atender às demandas dos clientes de forma eficiente e econômica. Nesse contexto, a pintura de peças metálicas desempenha um papel crucial não apenas na estética final do produto, mas também na sua durabilidade e resistência à corrosão.

"A implementação bem-sucedida do processo de pintura eletroestática em pó em indústrias de pequeno porte pode resultar em uma significativa melhoria na qualidade do acabamento das peças metálicas, além de redução nos custos de produção e no tempo de ciclo do processo" (AGOSTINHO, 2016, p. 112). O presente trabalho propõe uma análise detalhada e um possível aprimoramento do processo de pintura em metalúrgicas de pequeno porte, com enfoque na pintura Eletroestática, com foco na viabilidade da antecipação dessa etapa e seus impactos no processo produtivo. A investigação visa compreender melhor os desafios enfrentados por essas empresas e buscar soluções que possam melhorar a eficiência geral do processo, sem comprometer a qualidade do produto final.

A antecipação da pintura das peças de matéria-prima representa uma abordagem potencialmente inovadora para reduzir o tempo de produção e os custos associados. No entanto, essa mudança requer uma análise cuidadosa dos possíveis efeitos em todas as etapas do processo produtivo, desde o corte e solda até a montagem e acabamento final. Além disso, é essencial considerar os aspectos relacionados à qualidade da pintura e durabilidade do produto.

Ao longo deste trabalho, serão explorados conceitos teóricos, análises experimentais e estudos de caso para fornecer insights valiosos sobre o processo de pintura em metalúrgicas de pequeno porte. Espera-se que os resultados obtidos possam servir como base para futuras iniciativas de melhoria e inovação neste setor tão importante da indústria metalúrgica.

O estudo será realizado na empresa Marconi Pinto Metalúrgica, situada em João Pessoa - PB, onde serão coletados dados e feitas todas as devidas constatações

para este trabalho. A empresa Marconi Pinto Conta atualmente com um quadro de aproximadamente 40 funcionários, onde juntamente com seus resultados financeiros, se enquadra como uma Metalúrgica de Pequeno porte.

2. OBJETIVO

2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste estudo é analisar os efeitos da antecipação da etapa de pintura no processo produtivo da Metalúrgica Marconi Pinto.

2.2 Objetivo Específico

O objetivo geral deste estudo é analisar os efeitos da antecipação da etapa de pintura no processo produtivo da Metalúrgica Marconi Pinto, sob a perspectiva de um graduando em engenharia. Para alcançar esse objetivo, os objetivos específicos são:

2.2.1 - Investigar o processo de produção atual da Metalúrgica Marconi Pinto, com foco na etapa de pintura, identificando tempos de produção, padrões de qualidade e possíveis áreas de ineficiência.

2.2.2 - Propor e avaliar a implementação da antecipação da pintura como estratégia para otimizar o processo produtivo, considerando benefícios, desafios e impactos específicos em cada etapa do processo.

2.2.3 - Coletar dados experimentais detalhados para comparar o desempenho do processo com e sem a antecipação da pintura, utilizando métricas objetivas para avaliar a eficiência produtiva.

2.2.4 - Interpretar criticamente os resultados obtidos e elaborar recomendações práticas para otimizar o processo de pintura, visando melhorias na eficiência operacional, redução de custos e aumento da qualidade dos produtos finais.

3. BREVE HISTÓRIA DA PINTURA ELETROESTÁTICA

A pintura eletroestática, também conhecida como pintura a pó, é uma técnica de revestimento que tem suas raízes na metade do século XX. Seu desenvolvimento foi impulsionado pela necessidade de uma alternativa mais eficiente e durável à pintura líquida tradicional, especialmente para superfícies metálicas.

O marco inicial na história da pintura eletroestática remonta à década de 1940, quando o processo foi patenteado por um físico alemão chamado Dr. Erwin Gemmer.

No entanto, foi somente na década de 1960 que a tecnologia começou a ser mais amplamente utilizada na indústria, principalmente nos Estados Unidos e na Europa.

Figura 1 - Dr. Erwin Gemmer



Fonte: www.gemmerwellness.com/about-dr-gemmer acesso em 18 de Janeiro de 2024

"A pintura eletroestática em pó tem se destacado como uma técnica eficiente para a proteção de peças metálicas contra corrosão, oferecendo uma cobertura uniforme e durável" (GOMES, 2017, p. 56). O processo de pintura eletroestática envolve a aplicação de um pó seco, geralmente composto por resinas termofixas e pigmentos, sobre a superfície da peça a ser revestida. A peça é então submetida a um campo elétrico, onde o pó é pulverizado eletrostaticamente sobre ela. Esse campo elétrico faz com que as partículas de pó sejam atraídas e se fixem uniformemente na superfície, formando uma película sólida e resistente.

Uma das principais vantagens da pintura eletroestática é sua eficiência energética e ambiental. Ao contrário da pintura líquida, não há a necessidade de

solventes ou agentes químicos voláteis, o que reduz significativamente as emissões de VOCs (Compostos Orgânicos Voláteis) e os impactos ambientais. Além disso, o processo de cura do revestimento ocorre a temperaturas mais baixas, economizando energia e reduzindo os custos de produção.

Outra característica marcante da pintura eletroestática é sua durabilidade e resistência a riscos, corrosão e intempéries. O revestimento forma uma película densa e uniforme que adere firmemente à superfície, proporcionando uma proteção eficaz ao longo do tempo.

Figura 2 - Profissional aplicando a tinta em Pó



Fonte: <https://malconmetalurgica.com.br/pintura-eletoestatica-pintura-liquida/> acesso em 18 de Janeiro de 2024

Ao longo das décadas, a pintura eletroestática passou por constantes avanços tecnológicos, resultando em melhorias na qualidade, variedade de cores e acabamentos disponíveis. Hoje em dia, é amplamente utilizada em uma variedade de setores industriais, incluindo automotivo, eletrodomésticos, móveis, construção civil e muitos outros.

Em resumo, a história da pintura eletroestática é uma história de inovação e progresso na busca por soluções mais eficientes, duráveis e sustentáveis para o revestimento de superfícies metálicas. Seu impacto na indústria moderna é inegável,

e seu potencial para futuras aplicações continua a inspirar pesquisadores e profissionais em todo o mundo.

4. SOBRE A EMPRESA

A empresa objeto de estudo é uma metalúrgica de pequeno porte localizada na região de João Pessoa, especificamente na Av. Dom Manoel Paiva, 410 - Mandacaru, PB, CEP 58028-010. Sua história remonta a sua fundação em 13 de agosto de 2008, liderada por Marconi Dantas de Medeiros Pinto, que anteriormente, em 1960, juntamente com seu irmão, estabeleceu a J. Pinto, Metalúrgica que levava o nome o nome de seu falecido pai, José Pinto. Após anos de colaboração, reconheceu a necessidade de empreender por conta própria, dando início à trajetória da Marconi Pinto LTDA, agora com seu filho e sócio, Henrique Luiz da Silva Pinto. A empresa tem se destacado no mercado pela sua especialização na fabricação de portões, coberturas, grades, estruturas metálicas, entre outros produtos. Sua equipe altamente qualificada e comprometida tem como missão principal oferecer produtos de excelência, alinhados com as necessidades e expectativas dos clientes.

No contexto do presente estudo, é relevante destacar que a empresa demonstra interesse em expandir suas operações, contemplando a abertura de uma nova filial dedicada à produção de portões. Tal iniciativa evidencia o foco da empresa em buscar oportunidades de crescimento e diversificação de sua linha de produtos, visando ampliar sua participação no mercado e fortalecer sua posição competitiva.

Figura 3 - Empresa Marconi Pinto Metalúrgica.



Fonte: Elaborada pelo Autor (Fevereiro 2024)

Figura 4 - Estrutura Metálica executada pela Marconi Pinto. Quadra Poliesportiva.



Fonte: Elaborada pelo Autor (Março 2024)

A linha de produção é dividida fundamentalmente em 5 setores, sendo eles: Corte e Solda, Acabamento, Montagem, Limpeza e Pintura. É importante ressaltar que nem todas as peças passam por todos os setores, havendo aquelas onde não será necessário uma ou mais das etapas para chegar ao estado final. A seguir, será dado uma breve descrição de cada etapa do processo produtivo.

4.1 Corte e Solda: É a primeira etapa da produção. Os materiais são retirados do estoque e encaminhados para a Serra Policorte, onde são realizados os cortes adequados para conferir as dimensões e angulações ao material. Ainda nessa primeira etapa, é realizado o processo de soldagem. Os perfis, anteriormente cortados, são apoiados em uma superfície plana e soldados. Essa solda irá variar a depender do tipo de material e também da carga ao qual o produto final será submetido, podendo ser MIG, MAG, Eletrodo revestido e também variando entre cordões de solda ou apenas pontos.

Figura 5 - Setor de Corte e Solda



Fonte Elaborada Pelo Autor (Março 2024)

4.2 Acabamento: Após a soldagem, as peças vão para o setor de acabamento, onde novamente são posicionados num local plano para se realizar o processo.

O acabamento entre as peças vai variar de acordo com sua necessidade, algumas vão exigir apenas um acabamento com disco flap, outras necessitam de uma segunda etapa com uma lixa fina na com uma lixadeira orbital. Novamente o processo vai variar de acordo com o objetivo final da peça

4.3 Montagem: Em seguida, tem-se o processo de montagem. Nos casos onde precisam ser feita a fixação de perfis através de rebites ou encaixe, esse é o setor responsável. Além disso, é um setor onde chapas são conformadas e cortadas.

Figura 6 - Setor de Montagem e de Acabamento



Fonte: Elaborada Pelo autor (março 2024)

4.4 Limpeza: É uma etapa inicial da pintura. Aqui as peças passam por um tratamento de limpeza manual com thinner. A aplicação é feita com trapo. O objetivo é remover impurezas que possam prejudicar a pintura e aderência da tinta.

4.5 Pintura: Por fim, a última etapa do processo. Aqui é feita a pintura da peça. O procedimento realizado é o da pintura eletroestática, onde a peça é primeiro encaminhada a uma estufa, onde é feita a pintura e após isso, encaminhada para o forno, onde será realizada a cura da tinta.

Figura 7 - Cabine de Aplicação da tinta em Pó



Fonte: Elaborada pelo autor (março 2024)

Figura 8 - Cabine de Aplicação de tinta em pó



Fonte: Elaborada pelo autor (março 2024)

Figura 9 - Forno onde é realizada a cura da tinta



Fonte: Elaborada pelo autor (março 2024)

Figura 10 - Estrutura Metálica executada pela Marconi Pinto. Quadra Poliesportiva.



Fonte Elaborada Pelo Autor (Fevereiro 2024)

Figura 11 - Estrutura Metálica executada pela Marconi Pinto. Cobertura Metálica



Fonte Elaborada pelo Autor (Janeiro 2024)

5. METODOLOGIA

"A administração da produção e operações é fundamental para o sucesso das empresas, abrangendo desde a manufatura até os serviços prestados, buscando sempre a excelência e a eficiência" (CORRÊA; CORRÊA, 2014, p. 112). Seguindo esse pensamento, é importante que, para uma análise mais assertiva, o estudo seja dividido em 5 etapas distintas, analisando cada uma particularmente afim de se obter uma visão abrangente dos fatores que serão importantes para os resultados. Estes serão:

- 5.1.** Levantamento e caracterização do processo de pintura da empresa;
- 5.2.** Proposta de antecipação da pintura e definição dos parâmetros de avaliação;
- 5.3.** Planejamento e realização de experimentos práticos
- 5.4.** Coleta e análise de dados experimentais
- 5.5.** Interpretação dos resultados e elaboração de conclusão.

Definiu-se também que o foco do estudo se dará apenas no produto “portões”. Essa decisão foi tomada, pois hoje a empresa tem a intenção de abrir uma filial, onde será focado exclusivamente na produção de portões, logo, é de extrema importância definir o processo mais vantajoso de pintura, não só para fins de custos de produção, mas também para instalação do maquinário adequado e seleção de local onde será sediada a filial.

5.1 Levantamento e Caracterização do Processo de Pintura

O processo de pintura é um componente crítico de linha de produção. Iniciando-se com a preparação da superfície, a peça a ser pintada passa por uma série de etapas meticulosas antes de receber o revestimento final. A preparação da superfície é crucial para garantir a aderência adequada do revestimento, nesse contexto, as peças passam por uma sequência de etapas, sendo elas:

- 5.1.1 Acabamento com Disco Flap: Conferir uniformidade a peça, além de remover outros aspectos que prejudicam a estrutura e seu aspecto visual. Sendo ela a primeira etapa de preparação para a peça;
- 5.1.2 Acabamento com Lixa Orbital: A lixagem orbital ajuda a criar uma superfície limpa e aderente, permitindo uma melhor adesão e durabilidade do revestimento;
- 5.1.3 Limpeza com Thinner: Tem como objetivo garantir uma superfície limpa e livre de contaminantes. Isso remove óleos, graxas, poeira e outros resíduos que podem comprometer a adesão da tinta e a qualidade do acabamento final. A preparação adequada da superfície promove uma melhor adesão da tinta, reduzindo defeitos na pintura e garantindo um acabamento de alta qualidade e durabilidade.

Após o processo de preparação, a peça é conduzida para a cabine de pintura, projetada especificamente para esse fim. Dentro da cabine, ocorre uma aplicação eletrostática do revestimento em pó. Neste processo, a peça é eletricamente conectada ao polo negativo do sistema, enquanto a tinta em pó é eletricamente carregada e pulverizada através de uma pistola de pulverização. A diferença de cargas elétricas resulta na atração da tinta em pó para a superfície da peça, garantindo uma distribuição uniforme do revestimento sobre toda a sua extensão. Este método proporciona uma cobertura completa e homogênea, resultando em um acabamento de alta qualidade.

5.2 Proposta de Antecipação da Pintura Eletroestática e Definição de Parâmetros de avaliação

Este tópico visa apresentar a proposta de antecipação da etapa de pintura no processo produtivo, bem como definir os parâmetros que serão utilizados para avaliar a viabilidade e os impactos dessa antecipação.

- 5.2.1 Antecipação da Etapa de Pintura: A proposta de antecipação da pintura consiste em realizar a aplicação do revestimento antes de determinadas etapas do processo produtivo, visando reduzir o tempo total de produção e os custos associados. Será investigado o potencial de antecipação da pintura em relação às etapas de montagem, soldagem e acabamento final das peças metálicas. Serão considerados os aspectos logísticos, operacionais e de qualidade envolvidos nessa mudança de sequência produtiva.
- 5.2.2 Definição dos Parâmetros de Avaliação: Para avaliar a eficácia e os impactos da antecipação da pintura, serão definidos os seguintes parâmetros de avaliação:
- 5.2.3 Tempo de Produção: Será realizada uma análise detalhada para avaliar a redução do tempo total de produção resultante da antecipação da etapa de pintura. Este aspecto será abordado comparando os tempos de ciclo antes e depois da implementação da mudança no processo produtivo. A análise buscará identificar e quantificar precisamente os ganhos de eficiência decorrentes da antecipação da pintura, considerando todos os estágios do processo, desde a preparação da superfície até a conclusão da pintura e a finalização das peças. Essa avaliação será essencial para compreender o impacto da modificação proposta no tempo total de produção e para embasar decisões futuras relacionadas à otimização e melhoria contínua do processo.
- 5.2.4 Custos Operacionais: Será conduzida uma análise abrangente dos custos diretos e indiretos relacionados à produção, contemplando uma variedade de fatores, tais como materiais, mão de obra, consumo de energia e custos de manutenção. Essa avaliação minuciosa permitirá uma compreensão detalhada dos custos envolvidos em todas as etapas do processo produtivo, antes e depois da implementação da antecipação da pintura. Além disso,

será realizada uma análise de custo-benefício para determinar a viabilidade econômica da antecipação da pintura. Isso envolverá a comparação dos custos totais antes e depois da modificação proposta, bem como a avaliação dos benefícios decorrentes da redução do tempo de produção e possíveis melhorias na eficiência operacional. Essa análise será fundamental para embasar decisões relacionadas aos investimentos e à implementação de mudanças no processo produtivo, visando a maximização da eficiência e a redução dos custos operacionais.

5.2.5 **Qualidade do Produto Final:** O estudo se concentrará na avaliação do impacto da antecipação da etapa de pintura na qualidade do produto final. Aspectos fundamentais, como aderência do revestimento, resistência à corrosão, acabamento estético e durabilidade, serão cuidadosamente considerados. A inspeção visual detalhada do acabamento estético das peças e testes de durabilidade serão essenciais para garantir que a antecipação da pintura não comprometa a qualidade visual e a capacidade das peças de resistir ao desgaste ao longo do tempo, mantendo os padrões exigidos pela indústria e pelos clientes.

5.2.6 **Eficiência do Processo:** Será avaliada a eficiência geral do processo produtivo após a antecipação da pintura, considerando a utilização de recursos, a produtividade da mão de obra e a utilização dos equipamentos. Serão identificados possíveis gargalos e oportunidades de melhoria para otimizar o processo.

6. COLETA E APRESENTAÇÃO DE DADOS EXPERIMENTAIS

Durante esta etapa do estudo, foram conduzidos experimentos práticos para avaliar a viabilidade da antecipação da etapa de pintura na Metalúrgica Marconi Pinto. O objetivo principal desses experimentos foi simular o processo produtivo real da empresa e comparar duas abordagens distintas: uma com a pintura antecipando todas as etapas e outra seguindo o processo convencional com a pintura realizada após todas as etapas de produção.

Para isso, foi monitorada a fabricação de dois grupos de portões com dimensões e características representativas da produção da metalúrgica. Cada grupo consistia em 20 produtos semelhantes. Um grupo recebeu a pintura antecipada,

enquanto o outro seguiu o processo convencional, com a pintura realizada após todas as etapas de produção.

Durante os experimentos, uma série de parâmetros foi monitorada e registrada meticulosamente. Isso incluiu o tempo de ciclo total de produção, consumo de materiais, qualidade do revestimento, aderência do revestimento, custos operacionais e acabamento estético. É importante observar que, na aferição dos tempos de produção, foram desconsiderados os tempos de espera (*Lead Time*), uma vez que estes não fazem parte das categorias analisadas e não relevantes para o estudo.

Primeiramente, vamos analisar os parâmetros de análise qualitativa, que são a qualidade do revestimento e aderência do revestimento.

Análise Qualitativa da Qualidade e Aderência do Revestimento:

"O controle estatístico de qualidade é uma ferramenta indispensável para monitorar e melhorar continuamente os processos, garantindo a conformidade dos produtos com os padrões estabelecidos" (IEPSEN, 2006, p. 63), tendo em vista isto, realizou-se uma análise detalhada da qualidade do revestimento e de sua aderência foi conduzida para avaliar os efeitos da antecipação da pintura no processo produtivo da Metalúrgica Marconi Pinto. Ambos os parâmetros são cruciais para determinar a durabilidade e a estética dos produtos finais.

Após a realização dos experimentos, constatou-se que não houve diferenças significativas na qualidade do revestimento, na aderência revestimento e nem no acabamento estético entre os produtos com pintura antecipada e aqueles com pintura realizada no processo convencional. Isso indica que, apesar da alteração na sequência do processo produtivo, o resultado da pintura não foi afetado.

Essa consistência nos resultados sugere que o método de aplicação da pintura, seja antecipado ou convencional, não influenciou diretamente na qualidade ou na aderência do revestimento. Tal constatação pode ser atribuída à robustez do processo de pintura eletrostática, que manteve um alto padrão de acabamento em ambas as abordagens.

Embora a ausência de diferenças nessas métricas seja um achado importante, vale ressaltar que isso também indica que a antecipação da pintura não comprometeu a qualidade do produto.

No entanto, é importante continuar monitorando esses parâmetros em futuros estudos, especialmente à medida que a produção aumenta ou novas variações no

processo são introduzidas. Isso garantirá que a qualidade da pintura seja mantida e possíveis melhorias sejam identificadas para otimizar ainda mais o processo produtivo.

Figura 12: Portão produzido com o processo de pintura convencional



Fonte: elaborada pelo autor (Fevereiro 2024)

Figura 13: Portão produzido com processo de antecipação de pintura



Fonte: elaborada pelo autor (Fevereiro 2024)

Custos operacionais e Tempo de Ciclo total de produção:

Neste contexto, ao analisar os custos operacionais e o tempo de ciclo total de produção na Metalúrgica Marconi Pinto, é fundamental considerar a eficiência do processo em relação à antecipação da etapa de pintura. Embora os custos de produção permaneçam confidenciais devido a questões de sigilo empresarial, pode-se afirmar que se apresentaram diferença desprezível ou nula entre o processo convencional e o processo com a antecipação da pintura.

Inicialmente, ao comparar o tempo de ciclo total de produção entre o processo convencional e o processo com a antecipação da pintura, constatou-se uma redução de aproximadamente 7,1% no tempo total de produção quando se opera com a antecipação da pintura. Esta diminuição reflete a eficácia da estratégia de antecipação da pintura em otimizar o processo produtivo como um todo.

Entretanto, é importante ressaltar que, embora tenha ocorrido uma redução significativa no tempo de pintura, os demais processos apresentaram um aumento em seus tempos individuais. O processo de corte e solda registrou um aumento de 11% em seu tempo de execução, enquanto o processo de acabamento teve um aumento de 27%. Da mesma forma, o tempo de montagem aumentou em 5%.

Esses aumentos nos tempos de execução das etapas individuais podem inicialmente parecer contraproducentes. No entanto, é crucial reconhecer que esses aumentos foram compensados pela diminuição expressiva no tempo de pintura. Notavelmente, o tempo de pintura registrou uma queda significativa de 42%, representando uma redução substancial no tempo necessário para essa etapa crítica do processo produtivo.

Esses dados sugerem que, embora algumas etapas tenham apresentado um aumento no tempo de execução, a antecipação da pintura se mostrou altamente eficaz em reduzir o tempo total de produção. Essa abordagem permite uma distribuição mais equilibrada do tempo de trabalho ao longo do processo produtivo, maximizando a eficiência global da operação.

Esses resultados destacam a importância de considerar não apenas o desempenho de cada etapa individualmente, mas também a inter-relação entre as etapas do processo produtivo como um todo. Ao analisar os custos operacionais e o tempo de ciclo total de produção, fica evidente que a antecipação da pintura pode ser

uma estratégia eficaz para melhorar a eficiência e a produtividade global da Metalúrgica Marconi Pinto.

Figura 14: Tempo de Produção dos portões com Pintura convencional

TEMPO DE PRODUÇÃO PORTÕES COM PINTURA CONVENCIONAL					
Nº	ETAPA				TEMPO TOTAL
	CORTE/SOLDA	ACABAMENTO	MONTAGEM	LIMPEZA/PINTURA	
1	02:06:00	00:30:00	03:00:00	02:55:00	08:31:00
2	02:02:00	00:36:00	03:12:00	02:42:00	08:32:00
3	01:58:00	00:30:00	03:50:00	02:50:00	09:08:00
4	02:20:00	00:40:00	03:18:00	03:00:00	09:18:00
5	02:00:00	00:27:00	02:58:00	03:00:00	08:25:00
6	01:51:00	00:32:00	03:20:00	02:38:00	08:21:00
7	01:57:00	00:30:00	03:40:00	02:50:00	08:57:00
8	02:00:00	00:23:00	03:35:00	02:45:00	08:43:00
9	02:03:00	00:31:00	03:43:00	02:45:00	09:02:00
10	02:08:00	00:26:00	03:45:00	02:41:00	09:00:00
11	02:25:00	00:25:00	03:38:00	02:45:00	09:13:00
12	02:15:00	00:30:00	03:29:00	02:45:00	08:59:00
13	02:00:00	00:28:00	03:31:00	02:40:00	08:39:00
14	02:08:00	00:31:00	03:18:00	02:35:00	08:32:00
15	02:21:00	00:35:00	03:15:00	02:43:00	08:54:00
16	02:12:00	00:32:00	03:19:00	02:50:00	08:53:00
17	02:00:00	00:29:00	03:21:00	02:44:00	08:34:00
18	02:03:00	00:24:00	03:30:00	02:45:00	08:42:00
19	02:09:00	00:32:00	03:26:00	02:50:00	08:57:00
20	02:22:00	00:40:00	02:58:00	02:48:00	08:48:00
TOTAL	42:20:00	10:11:00	68:06:00	55:31:00	176:08:00

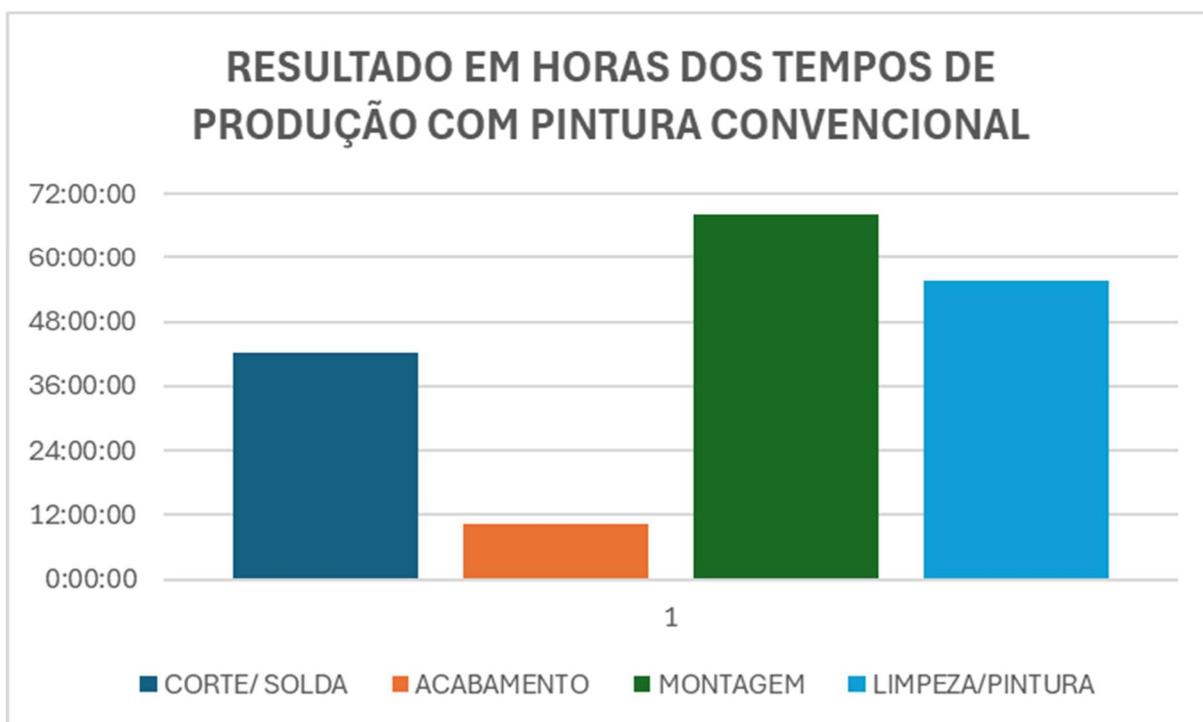
Fonte: Elaborada pelo autor (Março 2024)

Figura 15: Tempo de Produção dos portões com Antecipação de Pintura

TEMPO DE PRODUÇÃO PORTÕES COM ANTECIPAÇÃO DE PINTURA					
Nº	ETAPA				TEMPO TOTAL
	LIMPEZA/PINTURA/RETOQUE	CORTE/SOLDA	ACABAMENTO	MONTAGEM	
1	01:36:00	02:30:00	00:40:00	03:20:00	08:06:00
2	01:36:00	02:25:00	00:42:00	03:25:00	08:08:00
3	01:36:00	02:24:00	00:38:00	03:45:00	08:23:00
4	01:36:00	02:32:00	00:42:00	03:40:00	08:30:00
5	01:36:00	02:22:00	00:40:00	03:42:00	08:20:00
6	01:36:00	02:22:00	00:35:00	03:40:00	08:13:00
7	01:36:00	02:18:00	00:38:00	03:30:00	08:02:00
8	01:36:00	02:20:00	00:38:00	03:40:00	08:14:00
9	01:36:00	02:20:00	00:39:00	03:35:00	08:10:00
10	01:36:00	02:15:00	00:40:00	03:30:00	08:01:00
11	01:36:00	02:15:00	00:42:00	03:40:00	08:13:00
12	01:36:00	02:15:00	00:43:00	03:45:00	08:19:00
13	01:36:00	02:18:00	00:35:00	03:12:00	07:41:00
14	01:36:00	02:20:00	00:40:00	03:40:00	08:16:00
15	01:36:00	02:22:00	00:38:00	03:25:00	08:01:00
16	01:36:00	02:21:00	00:40:00	03:40:00	08:17:00
17	01:36:00	02:30:00	00:35:00	03:36:00	08:17:00
18	01:36:00	02:17:00	00:39:00	03:48:00	08:20:00
19	01:36:00	02:14:00	00:36:00	03:35:00	08:01:00
20	01:36:00	02:15:00	00:36:00	03:35:00	08:02:00
TOTAL	32:00:00	46:55:00	12:56:00	71:43:00	163:34:00

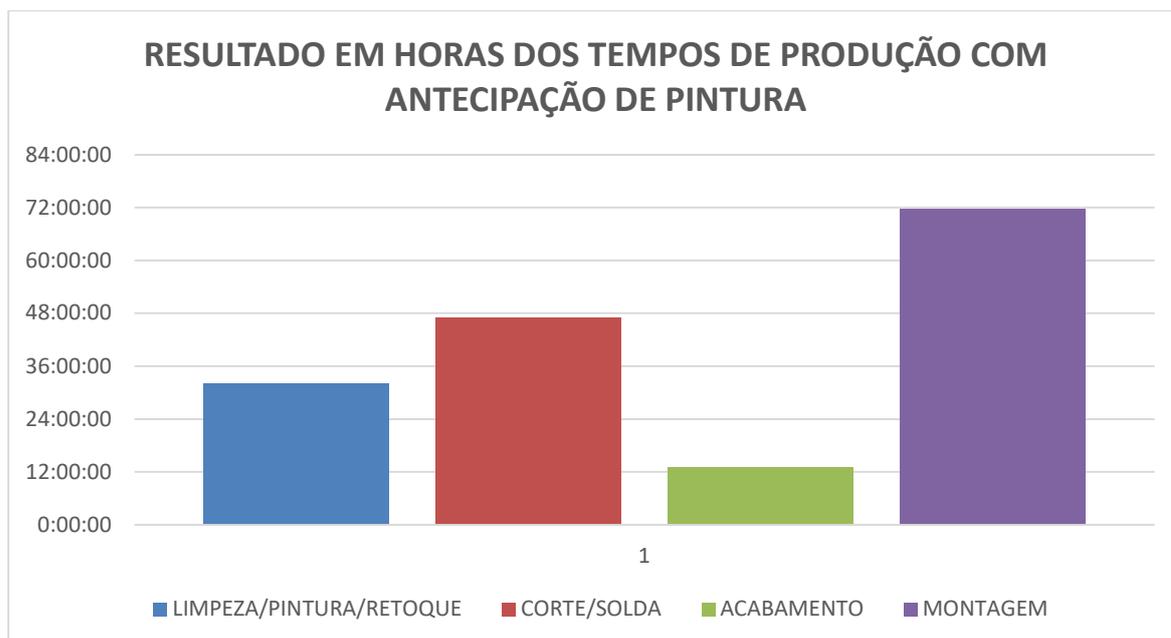
Fonte: Elaborada pelo autor (Março 2024)

Figure 16 Gráfico com tempos da pintura convencional



Fonte: Elaborada pelo autor (Março 2024)

Figure 17 : Gráfico com tempos de Produção dos portões com Antecipação de Pintura



Fonte: Elaborada pelo autor (Março 2024)

Figure 18 - Gráfico comparativo entre os tempos de produção

COMPARAÇÃO ENTRE OS TEMPOS				
MODELO CONVENCIONAL		ANTECIPAÇÃO DE PINTURA		PROPORÇÃO (%)
CORTE/ SOLDA	42:20:00	CORTE/SOLDA	46:55:00	Aumento de 11%
ACABAMENTO	10:11:00	ACABAMENTO	12:56:00	Aumento de 27%
MONTAGEM	68:06:00	MONTAGEM	71:43:00	Aumento de 5%
LIMPEZA/PINTURA	55:31:00	LIMPEZA/PINTURA/RETOQUE	32:00:00	Redução de 58%

Fonte: Elaborada pelo autor (Março 2024)

Custos operacionais e Tempo de Ciclo total de produção:

Neste contexto, ao analisar os custos operacionais e o tempo de ciclo total de produção na Metalúrgica Marconi Pinto, é fundamental considerar a eficiência do processo em relação à antecipação da etapa de pintura. Embora os custos de produção permaneçam confidenciais devido a questões de sigilo empresarial, pode-se afirmar que se apresentaram diferença desprezível ou nula entre o processo convencional e o processo com a antecipação da pintura.

Inicialmente, ao comparar o tempo de ciclo total de produção entre o processo convencional e o processo com a antecipação da pintura, constatou-se uma redução

de aproximadamente 7,1% no tempo total de produção quando se opera com a antecipação da pintura. Esta diminuição reflete a eficácia da estratégia de antecipação da pintura em otimizar o processo produtivo como um todo.

Entretanto, é importante ressaltar que, embora tenha ocorrido uma redução significativa no tempo de pintura, os demais processos apresentaram um aumento em seus tempos individuais. O processo de corte e solda registrou um aumento de 11% em seu tempo de execução, enquanto o processo de acabamento teve um aumento de 27%. Da mesma forma, o tempo de montagem aumentou em 5%.

Esses aumentos nos tempos de execução das etapas individuais podem inicialmente parecer contraproducentes. No entanto, é crucial reconhecer que esses aumentos foram compensados pela diminuição expressiva no tempo de pintura. Notavelmente, o tempo de pintura registrou uma queda significativa de 42%, representando uma redução substancial no tempo necessário para essa etapa crítica do processo produtivo.

Esses dados sugerem que, embora algumas etapas tenham apresentado um aumento no tempo de execução, a antecipação da pintura se mostrou altamente eficaz em reduzir o tempo total de produção. Essa abordagem permite uma distribuição mais equilibrada do tempo de trabalho ao longo do processo produtivo, maximizando a eficiência global da operação.

Esses resultados destacam a importância de considerar não apenas o desempenho de cada etapa individualmente, mas também a inter-relação entre as etapas do processo produtivo como um todo. Ao analisar os custos operacionais e o tempo de ciclo total de produção, fica evidente que a antecipação da pintura pode ser uma estratégia eficaz para melhorar a eficiência e a produtividade global da Metalúrgica Marconi Pinto.

7. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Ao analisar os dados experimentais coletados durante a etapa de coleta e apresentação de dados, é possível obter insights valiosos sobre os impactos da antecipação da etapa de pintura no processo produtivo da Metalúrgica Marconi Pinto. Como engenheiro mecânico, é crucial interpretar esses resultados de forma aprofundada, considerando não apenas as métricas quantitativas, mas também os aspectos qualitativos e operacionais envolvidos.

Em primeiro lugar, é essencial destacar os achados significativos relacionados

ao tempo de ciclo total de produção. Os dados revelaram uma redução notável de aproximadamente 7,1% no tempo total de produção quando a pintura foi antecipada em todas as etapas do processo. Esta diminuição reflete a eficácia da estratégia de antecipação da pintura em otimizar a eficiência global do processo produtivo.

No entanto, é importante reconhecer que essa redução no tempo de ciclo total foi acompanhada por aumentos nos tempos de execução de outras etapas individuais, como o corte e solda, o acabamento e a montagem. Embora inicialmente possa parecer contraintuitivo, esses aumentos foram compensados pela diminuição significativa no tempo de pintura, que registrou uma queda substancial de 42%.

Ao analisar esses resultados, torna-se evidente que a antecipação da pintura desempenha um papel crucial na distribuição equilibrada do tempo de trabalho ao longo do processo produtivo. Isso permite uma utilização mais eficiente dos recursos disponíveis e uma redução geral no tempo necessário para concluir a fabricação de um produto.

Além disso, é importante considerar os aspectos qualitativos dos resultados, especialmente no que diz respeito à qualidade do revestimento e à aderência do revestimento. Os dados revelaram que não houve diferenças significativas nessas métricas entre os produtos com pintura antecipada e aqueles com pintura realizada no processo convencional.

Essa consistência nos resultados sugere que a antecipação da pintura não comprometeu a qualidade do produto final. Pelo contrário, a robustez do processo de pintura eletrostática garantiu um alto padrão de acabamento em ambas as abordagens, demonstrando a viabilidade e a eficácia dessa estratégia na otimização do processo produtivo.

Os aumentos nos tempos de execução de algumas etapas individuais, como corte e solda, acabamento e montagem, podem ser atribuídos a fatores operacionais específicos. No caso do corte e solda, observou-se que os funcionários necessitavam de mais cuidado ao manusear as peças devido à falta de preparação adequada do ambiente para receber peças já pintadas, resultando em pequenos arranhões que exigiam retoques posteriores.

Já no acabamento, os funcionários demonstraram maior cautela ao conformar as peças já em formato de portão, temendo remover a pintura de locais indesejados. Essa preocupação pode ser abordada com adaptações no ambiente de trabalho e treinamento adicional dos funcionários.

Na montagem, apesar de ser observado um aumento no tempo de execução, houve uma menor variação em comparação com outras etapas. Esse aumento pode ser atribuído ao cuidado adicional ao manusear as peças, algo inerente ao processo, mas que tende a se igualar com o tempo de um processo produtivo normal.

Por fim, temos a etapa de pintura, marcada por uma redução significativa no tempo necessário para sua conclusão. Diversos fatores contribuíram para essa diminuição notável. Primeiramente, a mudança para a pintura em perfis de 6 metros trouxe vantagens significativas. Anteriormente, as peças eram pintadas com o produto já montado, o que tornava o transporte bastante complicado e pesado para os pintores. Imaginem um portão com 40 kg, medindo 5x 2,80. Transportá-lo era uma tarefa desafiadora, especialmente após a aplicação da tinta em pó, onde o contato com a peça precisa ser minimizado. Com a transição para perfis individuais mais leves e ergonômicos, o transporte tornou-se muito mais fácil e eficiente. Os pintores agora podiam segurar os perfis pelas alças de suporte, sem a necessidade de tocar diretamente na peça pintada.

Além disso, a simplificação da sequência de pintura foi outro fator crucial que contribuiu para a redução do tempo necessário para essa etapa. Com os perfis já separados, não havia mais a necessidade de planejamento detalhado para otimização da produção ou dúvidas sobre a sequência correta de pintura. Isso tornou a atividade mais fluida e direta, permitindo que os pintores se concentrassem exclusivamente na aplicação da tinta, sem interrupções ou atrasos.

Por fim, a natureza dos perfis individuais possibilitou um aproveitamento maior do volume do forno. Comparado às estruturas já montadas, os perfis podiam ser mais facilmente alocados no forno, garantindo uma distribuição mais eficiente do calor e uma cura mais rápida da tinta. Essa característica foi fundamental para aumentar a capacidade de produção e reduzir o tempo total necessário para a conclusão da etapa de pintura.

Assim, é evidente que a antecipação da etapa de pintura não apenas reduziu significativamente o tempo necessário para sua conclusão, mas também trouxe uma série de vantagens operacionais que contribuíram para uma execução mais rápida e eficiente.

8. CONCLUSÃO

Ao longo deste estudo, foi conduzida uma análise abrangente dos impactos da antecipação da etapa de pintura no processo produtivo da Metalúrgica Marconi Pinto. Os resultados obtidos proporcionaram uma compreensão detalhada das mudanças operacionais, qualitativas e quantitativas decorrentes dessa estratégia inovadora.

Em primeiro lugar, destacam-se os benefícios significativos observados na redução do tempo total de ciclo de produção. A antecipação da pintura resultou em uma diminuição notável de aproximadamente 7,1% nesse tempo, refletindo uma melhoria substancial na eficiência global do processo produtivo. Esse resultado reforça a importância estratégica dessa abordagem para otimizar o tempo de fabricação dos produtos da empresa.

É importante ressaltar que essa redução no tempo de ciclo total foi acompanhada por aumentos nos tempos de execução de algumas etapas individuais, como corte e solda, acabamento e montagem. No entanto, esses aumentos foram compensados pela significativa diminuição no tempo de pintura, que registrou uma queda de 42%. Isso evidencia a importância de uma análise completa do processo produtivo, considerando não apenas cada etapa individualmente, mas também sua interação com as demais.

Além dos aspectos quantitativos, os resultados também destacaram a consistência na qualidade do produto final. Não foram observadas diferenças significativas na qualidade do revestimento e na aderência entre os produtos com pintura antecipada e aqueles com pintura realizada no processo convencional. Isso indica que a antecipação da pintura não comprometeu a qualidade dos produtos, o que é fundamental para a satisfação do cliente e a reputação da empresa.

Os aumentos nos tempos de execução de algumas etapas individuais podem ser atribuídos a fatores operacionais específicos, como a necessidade de ajustes no ambiente de trabalho e o cuidado adicional ao manusear peças já pintadas. No entanto, esses desafios podem ser superados com adaptações adequadas e treinamento adicional dos funcionários, garantindo uma transição suave para o novo modelo de produção.

Por fim, os resultados revelaram uma série de vantagens operacionais associadas à antecipação da etapa de pintura. A simplificação da sequência de pintura, o transporte mais fácil de perfis individuais e o maior aproveitamento do volume do forno foram alguns dos fatores que contribuíram para uma execução mais

eficiente e uma distribuição equilibrada do tempo de trabalho ao longo do processo produtivo.

Diante dessas constatações, conclui-se que a antecipação da etapa de pintura é uma estratégia viável e eficaz para melhorar a eficiência, a produtividade e a qualidade dos produtos na Metalúrgica Marconi Pinto, sendo no polo atual ou na abertura de sua filial. No entanto, é importante destacar que a implementação dessa estratégia requer um planejamento cuidadoso, adaptações operacionais e investimentos em treinamento e infraestrutura. Ainda assim, os benefícios a longo prazo superam os desafios iniciais, proporcionando uma vantagem competitiva significativa para a empresa no mercado atual.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANANIAS, J. **Imagens de Autoria própria**, 2024.

CAMPOS, V. F. **Qualidade Total Padronização de Empresas**. FG, Editora, 2004.

CORRÊA, H. L., & Corrêa, C. A. **Administração da Produção e Operações: Manufatura e Serviços**. Atlas, 2014.

FILHO, W. A. J. G., & Sanches, R. A. **Planejamento e Controle da Produção: Teoria e Prática**. Atlas, 2010.

Iepsen, H. J. **Controle Estatístico de Qualidade**. Blucher, 2006.

MARTINS, P. G., & Laugeni, F. P. **Administração da Produção**. Saraiva, 2010.

Malcon Metalúrgica : Pintura eletrostática em acabamento liso ou texturizado e pintura líquida para soluções em acabamento de chaparias. Disponível em: www.malconmetalurgica.com.br/pintura-eletrorstatica-pintura-liquida . Acesso em 18 de Janeiro de 2024

Meet Doctor Erwin Gemmer - Gemmer Wellness . Disponível em

www.gemmerwellness.com/about-dr-gemmer Acesso em: 18 de Janeiro de 2024.

MATSUOKA, R. T. **Avaliação da Eficiência de um Sistema de Tratamento de Efluentes Provenientes do Processo de Pintura Eletrostática em Pó.** Universidade Federal de São Carlos, 2007.

PIRES, S. R. I. **Gestão da Produção e Operações: Manufatura e Serviços.** LTC Editora, 2012.

ROZENFELD, H., Forcellini, F. A., Amaral, D. C., Toledo, J. C., & Silva, S. L. **Gestão de Desenvolvimento de Produtos: Uma Referência para a Melhoria do Processo.** Saraiva, 2015.

TUBINO, D. F. **Manual de Planejamento e Controle da Produção.** Elsevier, 2012.