

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

PAULA CRISTINA SILVA DE SOUZA

**PROJETO DE MELHORIA DA OXIDAÇÃO DE UM COMPONENTE  
DE AÇO E DO DESCASCAMENTO DE COMPONENTES  
PLÁSTICOS PINTADOS DE UM COOKTOP A GÁS**

SÃO CARLOS  
2023

PAULA CRISTINA SILVA DE SOUZA

**PROJETO DE MELHORIA DA OXIDAÇÃO DE UM COMPONENTE  
DE AÇO E DO DESCASCAMENTO DE COMPONENTES  
PLÁSTICOS PINTADOS DE UM COOKTOP A GÁS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de São Carlos, para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Dr. Leonardo Marquez Pedro

SÃO CARLOS  
2023

Paula Cristina Silva de Souza

PROJETO DE MELHORIA DA OXIDAÇÃO DE UM COMPONENTE DE AÇO E DO DESCASCAMENTO DE COMPONENTES PLÁSTICOS PINTADOS DE UM COOKTOP A GÁS/ Paula Cristina Silva de Souza. – São Carlos, 2023-44p. : il. (algumas color.) ; 30 cm.

Orientador: Prof. Dr. Leonardo Marquez Pedro

– Universidade Federal de São Carlos, 2023.

1. Oxidação aço ANSI403 2. Descascamento peã plástica injetada. 3. Matriz Pugh I. Prof. Dr. Leonardo Marquez Pedro II. Universidade Federal de São Carlos - UFSCar. III. Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia - CCET. IV. Departamento de Engenharia Mecânica - DEMec. IV. Projeto de melhoria da oxidação de um componente de aço e do descascamento de componentes plásticos pintados de um cooktop a gás

## Folha de aprovação

Resultado da avaliação da defesa pública do Trabalho de Conclusão de Curso da discente **Paula Cristina Silva de Souza**, intitulado "**PROJETO DE MELHORIA DA OXIDAÇÃO DE UM COMPONENTE DE AÇO E DO DESCASCAMENTO DE COMPONENTES PLÁSTICOS PINTADOS DE UM COOKTOP A GÁS**", defendido junto ao Curso de Graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Federal de São Carlos na presente data.

Resultado:

Prof. Dr. Leonardo Marquez Pedro (orientador)

PPGEMec/UFSCar

Prof. Dr. Luis Antonio Oliveira Araujo

PPGEMec/UFSCar

Prof. Dr. Armando Ítalo Sette Antonialli

PPGEMec/UFSCar

São Carlos, 20 de março de 2023

Dedico este trabalho à minha família e aos amigos que me acompanham até aqui, seja de perto ou de longe.

## AGRADECIMENTOS

Eu não podia começar esse trabalho sem agradecer aos meus pais, Zenilda e Anivaldo, que sempre priorizaram meus estudos e que tornaram possível a experiência de estudar em uma das melhores faculdades do país. A abdicação deles em prol dos meus estudos e sucesso é algo que eu nunca serei capaz de agradecer o suficiente, só cheguei onde cheguei porque em casa eu tinha um verdadeiro porto seguro.

Em seguida agradeço minha irmã, que foi presente na minha vida por 21 anos e que agora me guia como meu anjo da guarda. A Bruna era a pessoa que mais acreditava em mim e eu continuarei sendo motivo de muito orgulho para ela. A saudade é imensa, mas nossa conexão vai além dessa vida.

Agradeço a todos os professores e funcionários do DeMec por compartilharem comigo o acesso à infraestrutura de uma Universidade pública e também um ensino de alta qualidade, encerro esse ciclo me sentindo capaz de encarar qualquer desafio.

Por fim, agradeço a todos meus amigos da Engenharia Mecânica, do Baja UFSCar, amigas do vôlei e meu namorado. Todas as noites viradas estudando, na oficina, campeonatos, medalhas universitárias, Tuscas e momentos de descontração só foram possíveis graças a essas pessoas maravilhosas que me rodearam e que se tornaram minha família. Tudo isso tornou minha experiência universitária a mais completa possível, sorte a minha de tudo que vivi em São Carlos.

*Conheça todas as teorias, domine todas as técnicas, mas ao tocar uma alma humana, seja apenas outra alma humana. - Carl Jung*

Paula Cristina Silva de Souza

PROJETO DE MELHORIA DA OXIDAÇÃO DE UM COMPONENTE DE AÇO E DO DESCASCAMENTO DE COMPONENTES PLÁSTICOS PINTADOS DE UM COOKTOP A GÁS/ Paula Cristina Silva de Souza. – São Carlos, 2023-44p. : il. (algumas color.) ; 30 cm.

Orientador: Prof. Dr. Leonardo Marquez Pedro

– Universidade Federal de São Carlos, 2023.

1. Oxidação aço ANSI403 2. Descascamento peã plástica injetada. 3. Matriz Pugh I. Prof. Dr. Leonardo Marquez Pedro II. Universidade Federal de São Carlos - UFSCar. III. Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia - CCET. IV. Departamento de Engenharia Mecânica - DEMec. IV. Projeto de melhoria da oxidação de um componente de aço e do descascamento de componentes plásticos pintados de um cooktop a gás

## Folha de aprovação

Resultado da avaliação da defesa pública do Trabalho de Conclusão de Curso da discente **Paula Cristina Silva de Souza**, intitulado "**PROJETO DE MELHORIA DA OXIDAÇÃO DE UM COMPONENTE DE AÇO E DO DESCASCAMENTO DE COMPONENTES PLÁSTICOS PINTADOS DE UM COOKTOP A GÁS**", defendido junto ao Curso de Graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Federal de São Carlos na presente data.

Resultado:

Prof. Dr. Leonardo Marquez Pedro (orientador)

PPGEMec/UFSCar

Prof. Dr. Luis Antonio Oliveira Araujo

PPGEMec/UFSCar

Prof. Dr. Armando Ítalo Sette Antonialli

PPGEMec/UFSCar

São Carlos, 20 de março de 2023

## RESUMO

Segundo a *Grand View Research* é previsto que a venda de *cooktops* ao redor do mundo cresça mais de 8,5% até 2028, comportamento impulsionado pelos consumidores que estão buscando cada vez mais economia de espaço nas suas residências. Sendo assim, as empresas do ramo de eletrodomésticos, chamado linha branca, vêm investindo cada vez mais nesse tipo de produto. A maioria dessas empresas são multinacionais, portanto a importação desses produtos entre continentes é muito comum e, almejando uma solução barata, o transporte marítimo é o mais adotado. Devido aos ambientes diferentes de cada país e ao transporte marítimo expor os produtos a condições climáticas extremamente específicas e estressadas, como altas temperaturas e altos níveis de umidade, muitos componentes sofrem degradação físico-química durante o transporte. Neste trabalho, foram identificados dois componentes sofrendo danos durante o transporte: uma peça de aço ANSI 403 que estava sofrendo oxidação nas partes que haviam passado pelo processo de serigrafia a laser e uma peça plástica injetada e pintada que sofreu com o aparecimento de bolhas e com descascamento. A causa raiz para ambos os problemas foi identificada como a umidade extrema do transporte marítimo que estava em contato com o produto devido à embalagem do mesmo apresentar pequenos furos. Como solução, após o levantamento de uma Matriz Pugh, foram aprovadas a troca do aço ANSI 403 pelo aço ANSI 304 e uma nova embalagem na qual se adiciona um plástico sem furos ao redor do produto, impedindo que a umidade penetre na mercadoria. O projeto mostrou-se eficaz na solução dos problemas e também cumpriu com o pré-requisito financeiro, sendo assim implementado pela empresa.

**Palavras-chave:** Oxidação de aço 403. Bolhas e descascamento de peças plásticas pintadas. *Cooktop* a gás. Transporte Marítimo. Matriz Pugh.

## ABSTRACT

According to Grand View Research, the sale of cooktops around the world is expected to grow by more than 8.5% by 2028, a behavior driven by consumers who are increasingly seeking to save space in their homes. Therefore, companies in the household appliances industry, called white goods, are increasingly investing in this type of product. Most of these companies are multinationals, so importing these products between continents is very common and, aiming for a cheap solution, shipping is the most adopted. Due to the different environments in each country and the maritime transport exposes the products to extremely specific and stressed climatic conditions, such as high temperatures and high humidity levels, many components suffer physical-chemical degradation during transport. In this work, two components were identified as suffering damage during transportation: an ANSI 403 steel part that was suffering from oxidation on the parts that had undergone the laser screen printing process, and an injected and painted plastic part that suffered from blistering and peeling. The root cause for both problems was identified as the extreme humidity of the sea transport, which spoiled in contact with the product due to small holes in the packaging. As a solution, after a Pugh Matrix survey, the exchange of ANSI 403 steel for ANSI 304 steel and a new packaging in which plastic with no holes around the product is added, preventing moisture from penetrating the goods, were approved. The project proved to be effective in solving the problems and also met the financial prerequisite, thus being implemented by the company.

**Keywords:** Oxidation of 403 steel. Blistering and peeling of painted plastic parts. Gas Cooktop. Maritime Transport. Pugh Matrix.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Peça de aço apresentando falhas na serigrafia. . . . .	17
Figura 2 – Peça plástica pintada apresentando bolhas e descascamento. . . . .	18
Figura 3 – Precisão da grade de laser em comparação com a grade de serigrafia convencional. . . . .	22
Figura 4 – Exemplo de peça em Aço AISI 403. . . . .	22
Figura 5 – Exemplo de peça em AISI 304. . . . .	23
Figura 6 – Peças plástica manufaturada por meio do processo de injeção. . . . .	24
Figura 7 – <i>Masterbatch</i> de diversas cores. . . . .	25
Figura 8 – Fluxograma do desenvolvimento do projeto do início ao fim. . . . .	27
Figura 9 – Película adesiva colada sobre área serigrafada. . . . .	29
Figura 10 – Embalagem atual do produto: EPS, papelão e plástico envolto com pequenos furos. . . . .	30
Figura 11 – Peça com acabamento em aço escovado sugerida para substituir a peça plástica. . . . .	31
Figura 12 – Corpos de prova embalados simulando embalagem final proposta com o plástico inteiriço em volta. . . . .	33
Figura 13 – Resultado do teste de câmara úmida para o logo serigrafado. . . . .	38
Figura 14 – Resultado do teste de câmara úmida para as marcações de instrução serigrafadas. . . . .	39
Figura 15 – Resultado do teste de câmara úmida para peça plástica. . . . .	39
Figura 16 – Resultado do teste de <i>spray</i> salino para o logo serigrafado. . . . .	40
Figura 17 – Resultado do teste de <i>spray</i> salino para as marcações de instrução serigrafadas. . . . .	40
Figura 18 – Resultado do teste de <i>spray</i> salino para a peça plástica. . . . .	40
Figura 19 – Resultado do teste de adesão da tinta à peça plástica. . . . .	41

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Conceitos propostos para melhoria do problema de peça de aço. . . . .	29
Tabela 2 – Conceitos propostos para melhoria do problema da peça plástica. . . . .	30
Tabela 3 – Critérios definidos para serem avaliados na Matriz Pugh . . . . .	31
Tabela 4 – Notas que os conceitos propostos podem ter em cada critério da Matriz Pugh . . . . .	32
Tabela 5 – Característica do teste de câmara úmida. . . . .	32
Tabela 6 – Característica do teste <i>despray</i> salino. . . . .	33
Tabela 7 – Matriz Pugh para peça de aço . . . . .	36
Tabela 8 – Matriz Pugh para peça plástica . . . . .	37
Tabela 9 – Resultados do teste de temperatura de superfície. . . . .	38

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANSI	<i>American National Standards Institute</i>
EPS	<i>Expanded Polystyrene</i>
FTP	<i>Ficha Técnica de Processo</i>
PIB	<i>Produto Interno Bruto</i>
INMETRO	<i>Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia</i>

## SUMÁRIO

<b>1 – INTRODUÇÃO</b>	<b>17</b>
1.1 Objetivos	18
1.2 Estrutura do Texto	19
<b>2 – REVISÃO DA LITERATURA</b>	<b>20</b>
2.1 Processo de exportação	20
2.1.1 Transporte marítimo	21
2.2 Aço serigrafado a laser e oxidação	21
2.2.1 Aço AISI 304	23
2.2.2 Comportamento mecânico do aço inoxidável AISI 304	23
2.3 Peça plástica pintada: aderência à tinta	24
2.3.1 <i>Masterbatch</i>	25
<b>3 – MATERIAIS E MÉTODOS</b>	<b>27</b>
3.1 Gestão do projeto	27
3.2 Análise da causa raiz	28
3.3 Matriz Pugh	28
3.3.1 Conceitos propostos	29
3.3.2 Critérios de avaliação	31
3.3.3 Forma de avaliação	31
3.4 Testes a serem realizados para aprovação técnica	32
3.4.1 Câmara úmida	32
3.4.2 Spray salino	33
3.4.3 Transporte	34
<b>4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>35</b>
4.1 Análise da causa raiz	35
4.2 Matriz Pugh	35
4.2.1 Peça de aço	36
4.2.2 Peça plástica	36
4.3 Testes e aprovação técnica	38
4.3.1 Câmara úmida	38
4.3.2 Spray salino	39
4.3.3 Transporte	41
<b>5 – CONCLUSÃO</b>	<b>42</b>

**REFERÊNCIAS . . . . . 43**

## 1 INTRODUÇÃO

Com o início da pandemia, as reformas de casa e apartamentos aumentou consideravelmente devido ao maior tempo passado nos mesmos (TORETTI; SANTOS, 2021). A troca de eletrodomésticos cresceu junto com esses número de reformas e a busca por *cooktops* aumentou, os consumidores estavam buscando praticidade e economia de espaço. Segundo Research (2020), o mercado global de *cooktops* foi avaliado em mais de U\$ 18.667,8 milhões em 2020 e deve crescer mais de 8,5% de 2021 a 2028, impulsionado tanto pelas reformas de casa quanto pela procura de restaurantes e lanchonetes.

Movimentadas sempre pelos consumidores, as empresas de eletrodomésticos, chamadas linha branca, começaram a aumentar as opções de *cooktops* em seus portfólios. Essas empresas, em sua maioria, são multinacionais, portanto, importar e exportar produtos é uma prática bem comum. Como os *cooktops*, por tendência, são mais comuns na Europa do que no Brasil (LETSCHERT, 2009), este é um produto comumente importado dessa região.

Este trabalho foi motivado por um *cooktops* a gás importado da Europa que estava chegando ao Brasil apresentando dois defeitos:

- As partes de aço que contêm serigrafia estavam chegando oxidadas. Tanto o logo da marca quando as marcações de instrução estavam com marcas severas de oxidação;
- Uma peça plástica pintada estava chegando com bolhas e sinais de descascamento.

Ambos os defeitos foram captados no momento em que o produto foi recebido no Brasil e desembalado para inspeção, a condição encontrada foi a das Figuras 1 e 2.

Figura 1 – Peça de aço apresentando falhas na serigrafia.



(a) Logo da marca com sinais de oxidação.



(b) Marcação de instrução de oxidação.

Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 2 – Peça plástica pintada apresentando bolhas e descascamento.



(a) Presença de bolhas na peça plástica.



(b) Descascamento da tinta que recobre a peça plástica.

Fonte: Elaborado pela autora.

Devido a esses produtos serem importados e apresentarem um design inovador comparados aos nacionais, quando são vendidos no Brasil apresentam preços elevados e entram na categoria de produtos *premium*: itens que apesar de não terem alto volume de vendas, são extremamente importantes para a companhia devido à sua grande lucratividade e ao fato de seus consumidores poderem ter grande visibilidade midiática.

Identificado o problema, foi escalado um Time Multifuncional composto por pessoas tanto do Brasil quanto do país exportador, traçou-se um plano de trabalho para compreender qual era a causa raiz do problema e assim poder levantar possíveis soluções para o mesmo.

Desta forma, o presente estudo mostra como foi feita a identificação da causa raiz dos problemas, bem como o desenvolvimento de todo o projeto de melhoria, testes de aprovação técnica e implementação em larga escala. O projeto aconteceu durante todo o ano de 2022 e as alterações já estão aplicadas na indústria.

## 1.1 Objetivos

O objetivo geral desse trabalho é corrigir o problema de oxidação na serigrafia a laser de uma determinada peça em aço ANSI 403 e o aparecimento de bolhas e descascamento de uma peça plástica pintada, ambos presentes num *cooktop* a gás que é produzido na Europa e trazido para o Brasil.

Para que esse objetivo seja atingido, os seguintes objetivos específicos foram propostos:

- Criar um Time Multifuncional com representantes de todas as áreas impactadas pelo projeto e que detenham conhecimento técnico para contribuir nas discussões;
- Analisar todos os fatores envolvidos e entender qual a causa raiz da oxidação e do descascamento;

- Levantar todas as possíveis soluções para ambos os problemas, utilizando a Matriz Pugh e em conjunto como todo o Time Multifuncional. Com base nisso, definir as soluções que serão implementadas.
- Elaborar um Plano de Testes para as soluções escolhidas e garantir que as mesmas estejam aprovadas do ponto de vista técnico e de segurança;
- Produção de um lote piloto 100% monitorado;
- Implementação do projeto em larga escala.

## 1.2 Estrutura do Texto

Esta monografia está organizada da seguinte forma:

- O capítulo 2 apresenta a fundamentação teórica que mostra as condições do transporte marítimo, a forma e o motivo de ocorrer de forma mais frequente oxidação em locais que passaram pelo processo de serigrafia laser, as características dos aços ANSI 403 e ANSI 304, e a relação entre as peças plásticas injetadas e o processo de pintura;
- O capítulo 3 descreve os materiais e métodos utilizados durante todo o projeto de melhoria;
- O capítulo 4 apresenta os resultados obtidos e as discussões relacionadas;
- O capítulo 5 contém as conclusões do trabalho.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

O presente capítulo faz uma contextualização sobre questões relacionadas ao processo de exportação de produtos eletrodomésticos e seus meios modais. É abordado o transporte marítimo, um dos principais meios de importação e exportação de produtos, os quais podem ser afetados em decorrência da temperatura e umidade enfrentados. É também discorrido sobre aço serigrafado a laser, tipos de aços mais resistentes à oxidação, bem como as técnicas de peça plástica pintadas ou coloridas.

### 2.1 Processo de exportação

Com o advento da globalização, o comércio internacional possibilitou extensas redes globais de logística de produtos, tornando possível e viável a troca de mercadorias entre países (SEGALIS, 2015). Como este comércio se torna uma parte importante da economia dos países, há necessidade de desenvolver e melhorar o transporte marítimo. Atualmente, as empresas multinacionais com fábricas em diferentes partes do mundo são cada vez mais solicitadas a otimizar a forma como suas mercadorias são transportadas, levando em consideração sua produção, demanda, redução de custos e prazo de entrega (FORTINI, 2016).

Um modal de transporte é a forma pela qual as mercadorias podem ser transportadas, onde os principais modos de transporte disponíveis são o rodoviário, ferroviário, aquaviário, dutoviário e aéreo, cada um com suas especificidades e vantagens (FORTINI, 2016). Para a logística entre países, os fretes aéreo e aquaviário tendem a atender melhor, pois conseguem cobrir distâncias maiores que outros transportes.

Para transportar mercadorias e produtos com eficiência, é necessário otimizar o modal, garantindo o controle das mercadorias e seu acompanhamento desde a exportação até o destino. Segundo a Federação Nacional dos Transportes (ATUAL, 2016), o custo do transporte de carga desde o transporte até os serviços administrativos equivale a 12,7% do Produto Interno Bruto (PIB), dos quais 6,8% são destinados ao transporte, 4,5% para estoque, 0,9% para armazenamento e 0,5% para serviços de gerenciamento. Ao otimizar essa etapa tão importante, é possível reduzir gastos e melhorar a qualidade do serviço, ganhando competitividade no mercado com estratégias eficientes e agilidade na entrega.

Quando se trata de eletrodomésticos importados, o intervalo entre a data de embarque e a data de recebimento pode variar de 60 a 90 dias e pode ser maior devido a trâmites alfandegários. Na chegada ao destino final, esses produtos são inspecionados para que qualquer não conformidade seja registrada e, caso isso ocorra, o produto é bloqueado antes de chegar ao consumidor.

O tempo que esses produtos ficam no estoque tem um custo para a empresa, que

muitas vezes opta por descartá-los para abrir espaço no estoque para produtos *premium*. No entanto, o descarte de peças importadas possui leis próprias que podem tornar o processo mais demorado e caro. Dito isso, esse fato demonstra a importância de resguardar a qualidade e a integridade das mercadorias desde o envio até a casa do consumidor (UNIVILLE, ).

### 2.1.1 Transporte marítimo

O modal marítimo também é uma opção para a logística internacional. Apesar disso, o investimento é considerado moderado devido ao alto preço dos navios e equipamentos, mas os custos variáveis são baixos devido à alta capacidade de transporte de carga, refletindo em custos menores ao consumidor final (PACHECO; DROHOMERETSKI; CARDOSO, 2008).

O transporte marítimo é o mais utilizado para exportação entre continentes, contudo, durante esse transporte os contêineres podem chegar a 45°C temperatura e mais de 90% de umidade relativa (BERUS, 2019), condições que podem ser ainda mais agravadas quando tem-se a ocorrência de fenômenos climáticos como *El Niño* e *La Niña*.

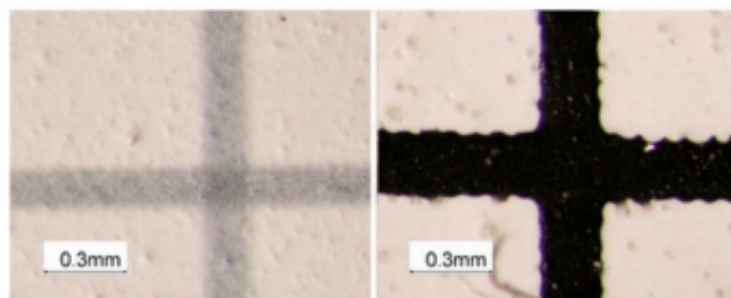
A queda nos custos de transporte marítimo tornou-o o maior concorrente do transporte aéreo, de acordo com um estudo da Boeing, que explica em parte o crescimento anual de 8,9% no transporte de contêineres em média entre 1980 e 2011, enquanto o crescimento da carga aérea foi de cerca de 5,6%. Embora esse meio de transporte reduza significativamente os custos logísticos, também é lento (FERIGATO; SILVA, 2021).

Outro fator agravante no transporte marítimo é o tipo de embalagem utilizada. O estudo de Berus (2019) foca na indústria alimentícia e mostra como para 3 tipos de embalagem distintas o perfil de temperatura e umidade relativa é diferente. Devido a essas condições, apesar de todo produto passar por testes de aprovação e certificação no país exportador, nem sempre esses testes incluem as condições do contêiner e assim falhas podem vir a acontecer.

## 2.2 Aço serigrafado a laser e oxidação

O processo de serigrafia consiste em uma impressão através de uma tela vazada. Para aços, esse processo é feito através do desgaste do material pela incidência de um feixe de laser. Esse processo agride o material e precisa ter um *set-up* da máquina equilibrado, que quando ajustada de maneira correta, apresenta excelente resultado principalmente no quesito precisão (MÄNTYJÄRVI et al., 2008). A Figura 3 mostra a precisão da serigrafia a laser comparada a uma serigrafia convencional.

Figura 3 – Precisão da grade de laser em comparação com a grade de serigrafia convencional.

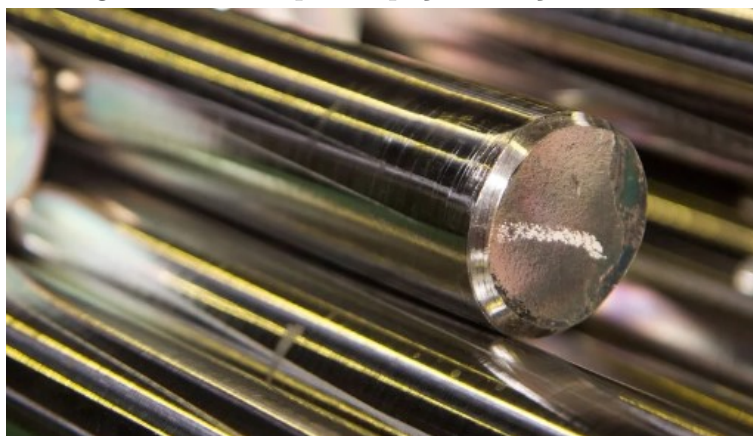


Fonte: Mäntyjärvi et al. (2008).

Apesar da semelhança dos aços inoxidáveis em relação às suas características, como resistência ao calor, corrosão, impacto e alta durabilidade, é um engano achar que todos os aços inox são iguais. O aço inoxidável é feito de uma liga tipicamente Fe-Cr que apresenta em sua composição química diversos outros elementos que contribuem para as propriedades do material, resultando em materiais com propriedades distintas (MÄNTYJÄRVI et al., 2008).

Na indústria, um dos aços mais utilizados é o AISI 403, da família ferríticos, que consiste na combinação entre os metais ferro e cromo, e em sua composição, há de 11% a 17% de cromo e ausência de níquel, o que reduz seu custo e o torna magnético (MÄNTYJÄRVI et al., 2008). O aço inox 304 faz parte da família dos austeníticos e possui mais cromo que o a aço 403, de 17% a 25%, além de aproximadamente 8% de níquel, o qual pode ser observado na Figura 4.

Figura 4 – Exemplo de peça em Aço AISI 403.



Fonte: Dustre (2023).

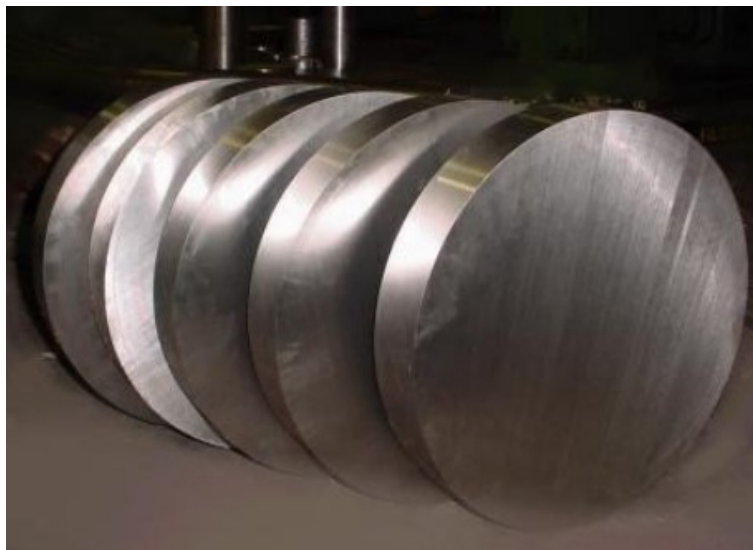
Sendo assim, com a presença desse último componente, conseqüentemente há menos carbono em sua composição, que faz que ele se decomponha menos. Ademais, essa liga apresenta maior porcentagem de molibdênio, o que a torna mais rígida e menos

propensa à corrosão. Logo, em termos de resistência à oxidação, é possível dizer que o aço 304 é o mais eficiente (DONALD; PRADEEP; WENDELIN, 1994).

### 2.2.1 Aço AISI 304

Aços inoxidáveis austeníticos como o AISI 304, Figura 5 são conhecidos por suas propriedades mecânicas, soldabilidade, construção e resistência à corrosão. Além disso, respondem por aproximadamente 60% a 70% da produção mundial de aço inoxidável (MODENESI, 2001). A maioria dos aços classificados como austeníticos contém em média 18% de cromo e 8% de níquel. A presença do níquel proporciona maior resistência à corrosão em altas temperaturas, pois o níquel é mais nobre que o ferro e é capaz de formar películas de óxido que protegem naturalmente o aço (CHIAVERINI, 1977).

Figura 5 – Exemplo de peça em AISI 304.



Fonte: Metalinox (2023).

Ainda, os aços inoxidáveis austeníticos podem conter de 6 a 26% de níquel, 16 a 30% de cromo e menos de 0,30% de carbono em sua composição química, incluindo um teor total de pelo menos 26% dos elementos. À temperatura ambiente, eles têm alta resistência e ductilidade. Também possui propriedades como boa soldabilidade e resistência à corrosão, que proporcionam uma variedade de usos para este grupo de aços inoxidáveis (??).

### 2.2.2 Comportamento mecânico do aço inoxidável AISI 304

O aço inoxidável AISI 304 é um material com excelente compressibilidade em comparação com outras ligas do mesmo grupo austenítico. Sua soldabilidade é muito boa e sua resistência à corrosão é classificada como boa. Possui limites de resistência muito

bons e seu limite de escoamento está dentro da faixa padrão para este grupo de materiais (APERAM, 2012).

Para Chiaverini (1977), nos aços inoxidáveis austeníticos, o estado do material afeta suas propriedades mecânicas, pois as propriedades mudam se estiver no estado recozido ou endurecido. O aço 304 é usado para peças ou equipamentos que requerem resistência à corrosão e facilidade de conformação. O material, derivado do arame austenítico, é amplamente utilizado na fabricação de peças em indústrias como alimentícia, linha branca, caldeiraria e indústria química. Também é utilizado como peça decorativa em projetos arquitetônicos.

### 2.3 Peça plástica pintada: aderência à tinta

Com a atual exploração de melhorias nos processos de produção industrial, empresas buscam cada vez mais reduzir desperdícios, aumentar a produtividade e minimizar custos para se manterem competitivas no mercado atual (RIBEIRO e DIAS, 2020). Nesse sentido, para as indústrias que trabalham com moldes, a análise de falhas visa minimizar custos não previstos e prolongar a vida útil da ferramenta (REIS; ANDRADE, 2009).

As peças plásticas moldadas por injeção, Figura 6, costumam ser uma boa solução para empresas que buscam fabricar peças complexas a baixo custo. Nesse contexto, as resinas fenólicas são amplamente utilizadas devido à sua estabilidade mecânica, excelentes propriedades térmicas, altos níveis de força e resistência elétrica e capacidade de atuar como isolantes elétricos e térmicos (PILATO, 2013).

Figura 6 – Peças plástica manufaturada por meio do processo de injeção.



Fonte: Injequaly (2023).

Segundo Baretta et al. (2013), o uso de plásticos moldados por injeção existe no setor industrial e, por esta razão, a avaliação da vida útil dos moldes de injeção traz benefícios significativos para a maioria das indústrias. O processo de infusão caracteriza-se

pela utilização de recursos naturais para a produção, o que contraria os princípios da sustentabilidade (TINOCO; KRAEMER, 2004).

Para colorir essas peças plásticas, existem duas opções: usar um *masterbatch* ou pintar a peça acabada. Um problema muito comum quando se trata da segunda opção é que a tinta tem dificuldade de aderir à peça, pois aumentar a polaridade da superfície é necessário, mas não é suficiente para garantir uma adesão satisfatória da tinta à superfície do polímero (JAEHNICHEN et al., 2003).

### 2.3.1 *Masterbatch*

Ao descrever o material que é utilizado no processo de fabricação de peças plásticas, o termo “*masterbatch*” é utilizado pelos profissionais do setor, onde isso se refere a uma mistura rigidamente controlada de polímeros, incluindo cargas minerais, corantes e outros aditivos, como pode ser observado na Figura 7 (TOLINSKI, 2015). A mistura geralmente é transformada em pellets fáceis de misturar com outro polímero bruto para colori-lo e esses pellets servem como um veículo para aditivos que são misturados na solução final de resina (CHIROMITO, 2021).

Figura 7 – *Masterbatch* de diversas cores.



Fonte: Eticogroup (2023).

No momento, a demanda de empresas por plástico colorido está aumentando, graças à crescente necessidade de embalagens e bens de consumo. Isso abre mais espaço para novas tendências tecnológicas, pois novos materiais surgem graças a essa demanda crescente (MATET et al., 2015). Tal como acontece com os aditivos, as maiores taxas de crescimento para o uso de *masterbatches* estão nas indústrias de plásticos em crescimento da Ásia e Europa Oriental, com apenas um crescimento lento mostrado em mercados na América do Norte e Europa Ocidental, que já dependem fortemente de *masterbatches* (MATET, 2015; CHIROMITO, 2021).

Com a soma de muitos aditivos, os fabricantes lutam para acompanhar as mudanças geográficas na cadeia de suprimentos de materiais: Muitos adicionam componentes extras aos seus *masterbatches* usando equipamentos ou processos especializados (TOLINSKI, 2015). Os compostos também usam químicos independentes que se especializam na criação de compostos retardadores de chama, com cores combinadas, antiestáticos e até mesmo reforçados (CHIROMITO, 2021).

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

Tendo em vista que o trabalho trata de um produto comercial, todo o projeto e estudo foi conduzido pelos funcionários da empresa por meio de um método de gestão próprio da companhia. Todos os testes, amostras, laboratórios e equipamentos utilizados foram disponibilizados sem custo algum pela própria instituição e a ausência ou descaracterização de algumas informações ocorreu devido ao contrato de confidencialidade com a empresa.

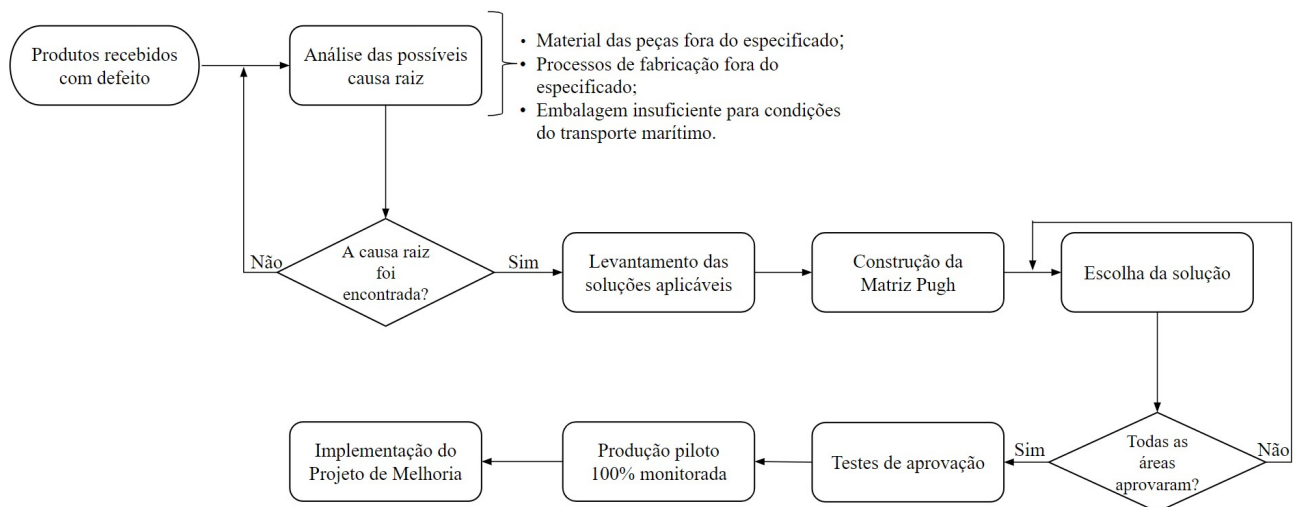
#### 3.1 Gestão do projeto

Para o desenvolvimento deste projeto, foi criado um Time Multifuncional, composto por um representante de cada área importante para o projeto, sendo elas: Suprimentos, Manufatura, Pesquisa e Desenvolvimento, Qualidade, Inspeção de Recebimento e Comércio Exterior.

O produto tem origem na Europa, mais precisamente na Itália, portanto a linha de produção do mesmo se encontra lá. Ao chegar no Brasil, esse produto é aberto e inspecionado, e nesse momento, tanto o problema da oxidação da peça metálica quanto das bolhas e do descascamento da peça plástica já são perceptíveis, apresentando uma taxa de falha de aproximadamente 20%.

Percebido isso, o Time Multifuncional passou a ter reuniões semanais para acompanhar o projeto. O fluxo para identificação e resolução do problema foi o mostrado na Figura 8:

Figura 8 – Fluxograma do desenvolvimento do projeto do início ao fim.



Fonte: Elaborada pela autora.

### 3.2 Análise da causa raiz

Para análise da causa raiz, foram levantadas 3 possíveis razões que podiam ou não estar correlacionadas:

- O material que compõe cada peça ter sofrido alguma alteração e não estar conforme à especificação exigida;
- As máquinas de serigrafia do aço e de pintura do plástico terem sofrido alguma alteração de *set-up*;
- A embalagem do produto não estar sendo suficiente perante a alta umidade presente no transporte marítimo, que expunha tanto a peça de aço serigrafada quando a peça plástica a um situação extrema não testada em laboratório;

Levantadas essas suposições, as análises começaram das suposições mais simples de descartar para as mais difíceis. Tanto a hipótese do material quanto a da do *set-up* da máquina foram as primeiras a serem abordadas, seguidas da embalagem e do transporte marítimo, os quais precisavam de testes comprovatórios e conseqüentemente um maior tempo de desenvolvimento.

Para a teoria de alteração do material que compõe cada peça, foi solicitado aos respectivos fornecedores o *datasheet* das matérias primas utilizadas em todos lotes que falharam.

Para a dúvida a respeito do *set-up* das máquinas, foi requisitado a Ficha Técnica de Processo (FTP) de cada máquina de serigrafia, injeção plástica e pintura, documento que contém todos os parâmetro setados do processo e que deve ser assinado ao início e final de cada turno pelo responsável daquela máquina.

Enquanto isso, para as hipóteses de embalagem e transporte marítimo, foi decidido seguir com duas ações. A primeira testar transporte produtos por outro modal e ver como eles chegavam no Brasil e a segunda transportar os produtos ainda por navio porém com uma alteração na embalagem que era basicamente adicionar um plástico sem furos em volta da embalagem atual do produto.

### 3.3 Matriz Pugh

Após identificar a causa raiz para ambos os problemas, foi construída a Matriz Pugh para elencar as possíveis soluções.

A Matriz Pugh é um método que compara novos conceitos com um conceito referência para um produto. Neste caso, o conceito referência era o modelo atual do produto e da embalagem que já existiam e os novos conceitos eram aqueles com as propostas de melhoria. Como existiam dois problemas em questão, para analisar o impacto

de cada melhoria foi escolhido tratá-los de forma isolada. Nas Tabelas 1 e 2 é possível ver os conceitos propostos para cada defeito.

### 3.3.1 Conceitos propostos

Tabela 1 – Conceitos propostos para melhoria do problema de peça de aço.

Conceito referência	Conceitos propostos
-Peça de aço em ANSI 403 - Embalagem com plástico com furos	#1: Trocar aço ANSI 403 para ANSI 304 #2: Adicionar uma película adesiva por cima das áreas serigrafadas #3: Adicionar um plástico sem furos por cima da embalagem já existente

Fonte: Elaborada pela autora.

Para a proposta 1, a troca de um aço para outro foi levantada por conta de alguns modelos de *cooktop* da marca já serem feitos com ANSI 304. Sendo assim, já é conhecido fornecedores desse material e a maior questão seria absorver o impacto de custo da troca, visto que resultaria num aumento de custo do produto.

Em relação à proposta 2 a Figura 9 traz um exemplo do conceito que foi pensado, que consiste em adicionar uma película adesiva sobre as áreas serigrafadas. A mesma teria que ser removida pelo consumidor antes do primeiro uso. Essa técnica também já foi utilizada na empresa porém descontinuada devido a um projeto de redução de custos e a, em alguns casos, os consumidores não seguirem a instrução de tirar a película e a mesma acabar derretendo.

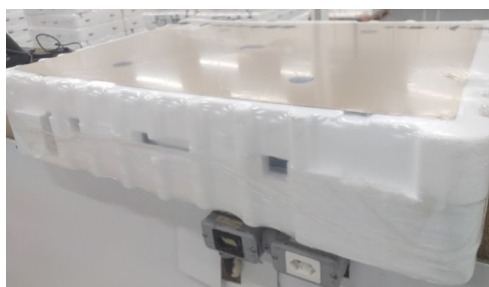
Figura 9 – Película adesiva colada sobre área serigrafada.



Fonte: Elaborada pela autora.

Sobre a proposta 3, a embalagem atual do produto conta com Poliestireno Expandido (EPS) para manter o mesmo no lugar, uma folha de papelão para tampar o produto e um plástico envolto para lacrá-lo. Esse plástico apresenta pequenos furos para que a máquina embaladora consiga colocá-lo sem que fique ar entre o plástico ocupando volume, como é possível ver na Figura 10.

Figura 10 – Embalagem atual do produto: EPS, papelão e plástico envolto com pequenos furos.



(a) Embalagem de EPS, com tampo de papelão e lacrada com plástico com furos.



(b) Furos do plástico que lacram a embalagem.

Fonte: Elaborado pela autora.

Analogamente, para a peça plásticas foram propostos os seguintes conceitos da Tabela 2.

Tabela 2 – Conceitos propostos para melhoria do problema da peça plástica.

Conceito referência	Conceitos propostos
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Peça plástica pintada</li> <li>- Embalagem com plástico com furos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>#1: Trocar a peça plástica por uma peça de aço escovado</li> <li>#2 Trocar o conceito de peça pintada para peça colorida</li> <li>#3 Adicionar um plástico sem furos por cima da embalagem já existente</li> </ul>

Fonte: Elaborada pela autora.

No caso da peça plástica, a primeira solução visava trocar a peça plástica pintada por peça de acabamento em aço escovado, Figura 11. Essa peça já é fornecida para outros produtos da empresa ela é muito bem avaliada pelos consumidores.

Figura 11 – Peça com acabamento em aço escovado sugerida para substituir a peça plástica.



Fonte: Elaborada pela autora.

Sobre a solução 2, foi pensado fazer com que a peça plástica já venha da cor final, com a utilização de *masterbatches* misturados à resina já utilizada.

A solução 3 neste caso é exatamente a mesma que já foi apresentada para a peça de aço.

### 3.3.2 Critérios de avaliação

Elencados os conceitos propostos, são definidos os critérios que serão avaliados em cada conceito bem como seus respectivos pesos, como mostra a Tabela 3. Os pesos variam de 1 a 5, sendo 1 o menos importante e 5 o mais importante.

Tabela 3 – Critérios definidos para serem avaliados na Matriz Pugh

<b>Critério</b>	<b>Peso</b>
Reclamação de consumidores	5
Custo	4
Tempo de implementação	4
Risco técnico	4
Manufatura e montabilidade	3
Usabilidade e limpeza	2
Estética	1

Fonte: Elaborada pela autora.

### 3.3.3 Forma de avaliação

Em seguida, cada conceito proposto recebe uma nota por critério ao ser comparado ao conceito referência, sendo essas notas conforme a Tabela 4 abaixo:

Tabela 4 – Notas que os conceitos propostos podem ter em cada critério da Matriz Pugh

Avaliação	Descrição
2	Muito melhor
1	Melhor
0	Igual
-1	Pior
-2	Muito pior

Fonte: Elaborada pela autora.

Para determinação da nota de cada critério, todo o Time Multifuncional deve estar envolvido para que haja um consenso. A nota final de cada conceito (NF) é calculada pela soma da nota de avaliação de cada critério (NC) vezes o peso do mesmo (P), conforme a Equação 1 abaixo, sendo i cada conceito:

$$NF = \sum (NC_i * P_i) \quad (1)$$

Ao final, vence o conceito que apresentar a nota mais alta.

### 3.4 Testes a serem realizados para aprovação técnica

Após o Time Multifuncional escolher uma solução, foi levantado todo um planejamento de testes. Os engenheiros responsáveis pelas peças de aço e plástica definiram, em conjunto, todos os testes necessários de realizar para que pudesse declarar aquelas soluções como aprovadas.

Os testes selecionados foram: câmara úmida, *spray* salino e transporte. Para os dois primeiros testes mencionados, foram usados corpos de prova devido à limitação do tamanho dos equipamentos usados, todos foram embalados de forma a simular a embalagem real do produto, como mostra a Figura 12.

#### 3.4.1 Câmara úmida

Para o teste de câmara úmida, a Tabela 5 mostra os equipamentos, *set-up*, critérios de aprovação e número de amostras necessárias.

Tabela 5 – Característica do teste de câmara úmida.

Equipamentos necessários	Set-up	Critério de aprovação	Número de amostras
Câmara climática	-Umidade relativa: 100% -Temperatura: 38°C+/-1°C -Norma: ASTM D 2247 -Duração: 300 horas	-Aço: não apresentar sinais de oxidação -Plástico: não apresentar bolhas nem falhas de adesão	10

Fonte: Elaborada pela autora.

Figura 12 – Corpos de prova embalados simulando embalagem final proposta com o plástico inteiriço em volta.



(a) Peça de aço embalada;



(b) Peças plásticas embaladas.

Fonte: Elaborado pela autora.

Esse teste foi realizado em 3 rodadas, a duas primeira com 3 amostras e última com 4, de modo a evitar que ruídos externos pudessem interferir no resultado final. Antes de iniciar o teste, todo corpo de prova é fotografado, em seguida os mesmos são colocados na máquina e ela mantém o *set-up* previamente apresentado durante 300 horas ininterruptas. Ao final são tiradas fotos para comparar com as fotos iniciais e cada amostra é avaliada visualmente pelo técnico responsável pelo teste. Todas as informações vão para um relatório final.

### 3.4.2 Spray salino

Para o teste de *spray* salino, a Tabela 6 traz as informações técnicas.

Tabela 6 – Característica do teste de *spray* salino.

<b>Equipamentos necessários</b>	<b>Set-up</b>	<b>Critério de aprovação</b>	<b>Número de amostras</b>
-Estufa - Soro fisiológico com concentração 5%	-Temperatura: 35°C+/-2°C -Norma: AD/PZ-IQC-D004 -Duração: 96 horas	-Aço: não apresentar sinais de oxidação -Plástico: não apresentar bolhas nem falhas de adesão	10

Fonte: Elaborada pela autora.

Esse teste também ocorreu em 3 rodadas com a mesma divisão de amostras do teste de câmara úmida. As amostras são colocadas na estufa, e a cada uma hora a máquina pulveriza o soro fisiológico até completar 8 pulverizações. Logo em seguida, é iniciada a contagem das 96 horas de teste. Fotos também são tiradas antes e depois do processo e o técnico coloca as mesmas no relatório final, juntamente ao resultado de aprovado ou não.

### 3.4.3 Transporte

Para o teste de transporte, ficou definido que no mínimo 200 produtos teriam que ser transportados em pelo menos 4 *containers* diferentes e que nenhuma amostra poderia falhar para o teste ser considerado bem sucedido. O processo todo deveria ser conduzido exatamente da forma que já acontecia com os produtos anteriores às melhorias, para que assim fosse possível simular a situação real de transporte.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Toda a Metodologia previamente descrita foi seguida e os resultados encontrados estão explicitados abaixo. Grande parte das atividades ocorreu de forma concomitante para que houvesse uma otimização de tempo, o que fez com que todas as etapas de desenvolvimento acontecessem em aproximadamente 6 meses.

### 4.1 Análise da causa raiz

Dentre os 3 fatores levantados como possível causa-raiz, todos foram estudados e dois foram eliminados em consenso pelo Time Multifuncional.

Os fornecedores apresentaram os *datasheets* de cada material e os mesmos estavam dentro da especificação requerida, não havendo alteração alguma, fato que eliminou a primeira possibilidade levantada.

Em adição a isso, os fornecedores apresentaram também as Fichas Técnicas de Processo, bem como as Folhas de Manutenção tanto das máquinas de serigrafia a laser quanto das injetoras e máquinas de pintura. Nenhuma delas apresentou alteração, o que comprova que os processos de fabricação não haviam sido alterados.

Neste ponto, as alternativas mais fáceis de avaliar já haviam sido descartadas, estava comprovado que nem a matéria-prima, nem o processo haviam sofrido qualquer tipo de alteração que desencadeasse esses defeitos que estavam sendo vistos no produto.

Sendo assim, sobrou apenas uma alternativa: unidade do transporte marítimo e embalagem do produto. Para uma análise dessa possível causa-raiz, o Time Multifuncional decidiu fazer duas coisas. A primeira foi transportar 400 produtos via frete aéreo, o qual possui condições climáticas muito mais controladas e um tempo de transporte bem menor, nenhum produto apresentou defeito. Visto isso, a segunda coisa que o time decidiu fazer foi acrescentar mais uma camada de plástico na embalagem atual do produto e mandar mais 400 unidades via navio, mais uma vez nenhum produto falhou. Essas duas atividades levaram o time a concluir que a causa-raiz realmente era que a embalagem atual do produto não suportava as condições climáticas do *container* durante o transporte marítimo, e para isso que era necessário encontrar uma solução.

### 4.2 Matriz Pugh

Encontrada a causa-raiz, o Time Multifuncional começou a pensar como solucionar o problema de formar rápida e eficiente.

Primeiramente, as duas opções que foram descartadas logo de cara foram: trazer o produto via frete aéreo e controlar as condições do *container*. Em ambos os casos o custo para que isso acontecesse seriam tão alto que inviabilizaria a venda no produto no Brasil.

Entendido isso, o time concordou que a melhor solução envolveria alterações no próprio produto, uma vez que a própria empresa teria como gerenciar de perto os gastos para isso.

Acordado isso, foi elaborada uma Matriz Pugh para a peça de aço e outra para a peça plástica, nas quais foi apresentadas os respectivos os conceitos propostos para corrigir cada defeito bem como as ponderações.

Ao fim, foi possível unir os dois conceitos vencedores e propor uma solução que contemplasse os defeitos das duas peças.

#### 4.2.1 Peça de aço

A Tabela 7 mostra a avaliação dos conceitos para solucionar o problema da peça de aço.

Tabela 7 – Matriz Pugh para peça de aço

<b>Crítérios</b>	<b>Peso</b>	<b>Referência - ANSI 403 - EPS e plástico com furos</b>	<b>#1 ANSI 304</b>	<b>#2 Filme adesivo</b>	<b>#3 Adicionar plástico</b>
<b>Reclamação de consumidores</b>	5	0	2	2	1
<b>Custo</b>	4	0	-2	-1	-1
<b>Tempo de implementação</b>	4	0	-1	-2	-1
<b>Risco técnico</b>	4	0	2	0	1
<b>Manufatura e montabilidade</b>	3	0	0	-2	-1
<b>Usabilidade e limpeza</b>	2	0	0	-1	-1
<b>Estética</b>	1	0	0	-1	0
		<b>Total</b>	<b>6</b>	-11	-4

Fonte: Elaborada pela autora.

Ainda sobre a Tabela 7, as 3 soluções propostas já são usadas pela empresa porém em outros produtos, portanto já haviam fornecedores para todos os materiais. A solução de trocar o aço ANSI 403 para o ANSI 304 foi a vencedora, apesar de ser a que apresenta custo mais elevado dentre as 3. Os fatos mais impactantes que tornaram essa solução vencedora, foram sem dúvidas a questão dos produtos que usam esse material não receberem reclamações dos consumidores a respeito desse defeito na serigrafia, do material ser fisicamente mais resistente a corrosão e de não ser necessário nenhum tipo de alteração de *set-up* máquina ou layout de linha de montagem para manufaturar o mesmo.

#### 4.2.2 Peça plástica

A Tabela 8 mostra avaliação dos conceitos para a peça plástica.

Tabela 8 – Matriz Pugh para peça plástica

<b>Crítérios</b>	<b>Peso</b>	<b>Referência - ANSI 403 - EPS e plástico com furos</b>	<b>#1 Cromado</b>	<b>#2 Peça colorida</b>	<b>#3 Adicionar plástico</b>
<b>Reclamação de consumidores</b>	5	0	2	-2	0
<b>Custo</b>	4	0	-1	-2	-1
<b>Tempo de implementação</b>	4	0	-1	-2	-1
<b>Risco técnico</b>	4	0	-1	2	0
<b>Manufatura e montabilidade</b>	3	0	-1	0	-1
<b>Usabilidade e limpeza</b>	2	0	-1	2	0
<b>Estética</b>	1	0	-2	-1	0
		<b>Total</b>	<b>-9</b>	<b>-15</b>	<b>-11</b>

Fonte: Elaborada pela autora.

Para o problema das peças plásticas, a solução vencedora foi mudar o conceito da peça de pintada para cromada. A peça cromada liderou essa decisão por já ser uma peça que a empresa possui e ser intercambiável para todos os modelos de *cooktop* da companhia, portanto já estaria pronta para ser montada no produto. O *feedback* dos consumidores a respeito dessa peça é excelente, uma vez que eles acham ela mais bonita e robusta, como é possível ver na Figura 11.

Apesar desta solução ter sido a ganhadora na Matriz Pugh, a mesma precisou ser eliminada por questões de segurança. Para certificar um produto e ele estar apto a ser vendido no Brasil, o mesmo precisa passar por uma série de testes estipulados pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO) que visam a segurança consumidor.

Antes de mandar o produto para o INMETRO, a empresa testa os mesmo em seus próprios laboratórios, a questão de reprova aqui foi bastante interessante e daqui foi tirado muito aprendizado. Apesar de saber que seria necessário uma aprovação, na Matriz Pugh todo o Time Multifuncional concordou em dar uma nota -1 no quesito técnico, porque como a peça já era aprovada e usada em outros produtos, o risco era considerado baixo. Além disso, como mencionado, o produto foi testado antes de ser enviado ao INMETRO e estava dentro das especificações.

A reprova aconteceu no teste chamado "Temperatura de Superfície", no qual, para o um *cooktop* de 4 bocas, as duas bocas mais perto dos botões devem ser ligadas na potência máxima até que 500mL de água comece a ferver. O problema ocorreu porque o teste foi realizado conforme o padrão Europeu, que diz que após a água começar a ferver o fogo deve ser abaixado para a potência mínima, enquanto no padrão brasileiro o fogo deve ser mantido na potência máxima o tempo todo. Os resultados para as duas bocas podem ser vistos na Tabela 9, resultando que a boca #1 é a de diâmetro de queimador maior e conseqüentemente a que atinge maior temperatura.

Tabela 9 – Resultados do teste de temperatura de superfície.

Boca do cooktop	Material	Valor registrado (Incerteza +/-2,6°C)	Critério aprovação	Resultado
Diâmetro maior	Peça 1 aço escovado	44,9°C	35°C	REPROVADO
Diâmetro menor	Peça 2 aço escovado	38,8°C	35°C	REPROVADO

Fonte: Elaborada pela autora.

Discorrido isso, o time seguiu para o segundo conceito melhor pontuado da Matriz Pugh, que seria adicionar um plástico a mais na embalagem do produto a fim de aumentar a barreira contra umidade. Apesar de não ter sido a solução melhor avaliada de todas, essa solução apresentou-se muito bem porque em todos os quesitos ela mantém sua avaliação quando comparada ao conceito referência, ou no máximo fica um pouco pior apenas. O ponto de mais atenção é o fato que mais uma etapa seria adicionada aos operadores na linha de montagem.

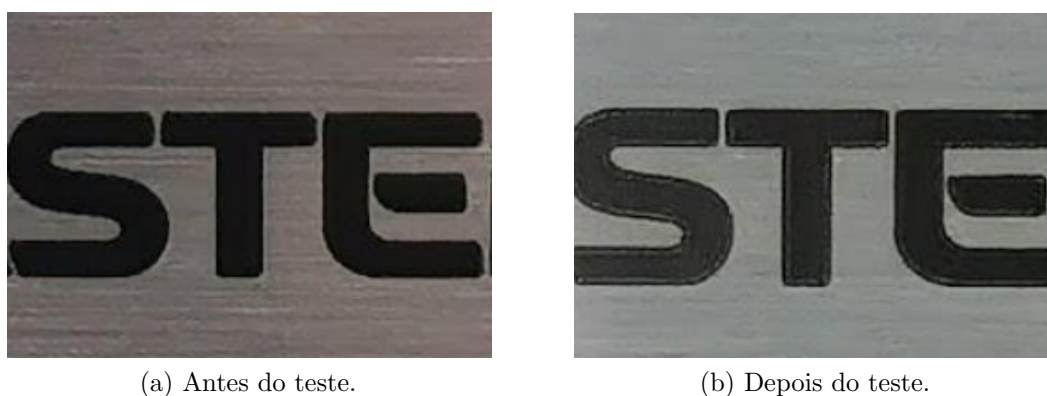
#### 4.3 Testes e aprovação técnica

Escolhidas as propostas, o produto precisou passar por testes que comprovassem que as soluções eram eficazes e que poderiam ser aplicadas em larga escala.

##### 4.3.1 Câmara úmida

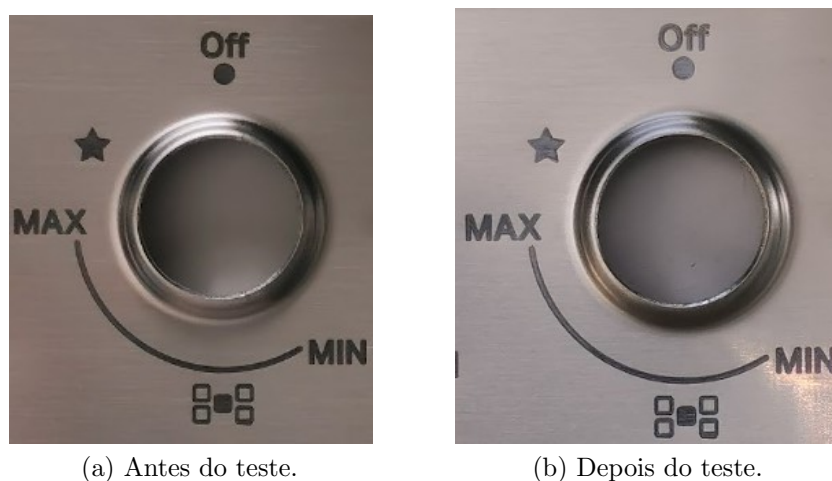
Os testes de câmara úmida mostraram bem sucedidos tanto para a peça de aço quanto para a peça plástica, Figura 13, 14 e 15.

Figura 13 – Resultado do teste de câmara úmida para o logo serigrafado.



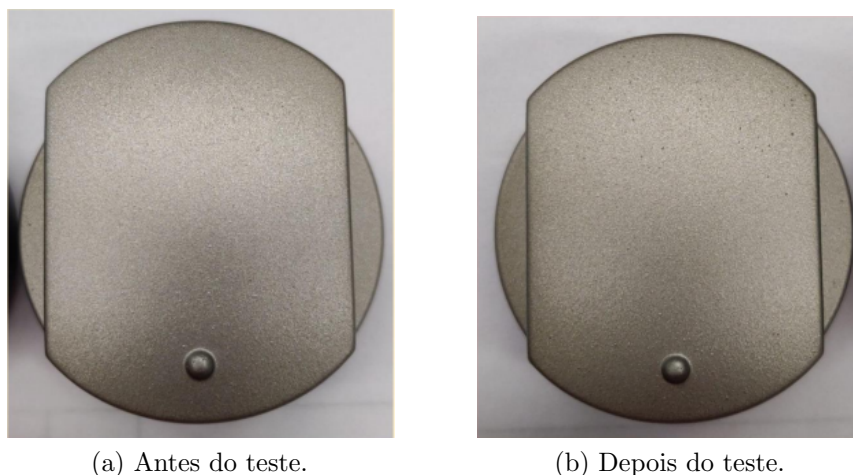
Fonte: Elaborado pela autora

Figura 14 – Resultado do teste de câmara úmida para as marcações de instrução serigrafadas.



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 15 – Resultado do teste de câmara úmida para peça plástica.



Fonte: Elaborado pela autora.

O interessante foi que, apesar da câmara úmida requerer 300 horas para aprovação, como nenhuma amostra nem da peça de aço nem da peça plástica falhou, o Time Multifuncional decidiu prolongar o teste até a falha, que ocorreu com aproximadamente 600 horas.

#### 4.3.2 Spray salino

Para o teste de *spay* salino, os resultado também foram muito satisfatórios, como mostras as Figuras 16, 17 e 18.

Figura 16 – Resultado do teste de *spray* salino para o logo serigrafado.



(a) Antes do teste.

(b) Depois do teste.

Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 17 – Resultado do teste de *spray* salino para as marcações de instrução serigrafadas.



(a) Antes do teste

(b) Depois do teste

Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 18 – Resultado do teste de *spray* salino para a peça plástica.



(a) Antes do teste.

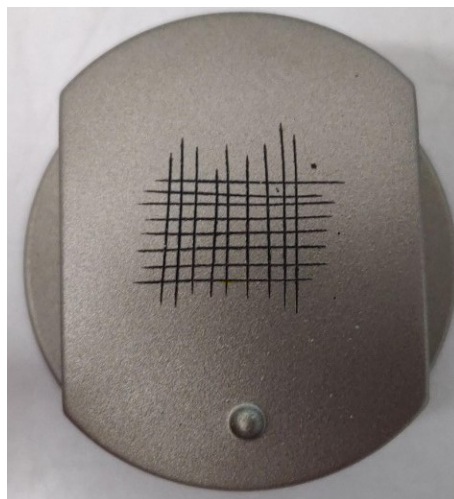
(b) Depois do teste.

Fonte: Elaborado pela autora.

Apesar da aprovação requerer 96 horas, como as peças não falharam nesse tempo, o teste foi mantido até começarem a surgir falhar, o que ocorreu por volta de 168h.

Para as peças plásticas, além dessa análise visual foi feito também o teste de adesividade, No qual a amostra também foi aprovada, como mostra a Figura 19, na qual podemos ver que ao realizar múltiplos riscos na peça, a tinta só sai exatamente da parte que foi riscada, não havendo um deslocamento.

Figura 19 – Resultado do teste de adesão da tinta à peça plástica.



Fonte: Elaborada pela autora.

#### 4.3.3 Transporte

Para o teste de transporte, foi produzido um lote de 1000 unidades já com ambos os conceitos de melhoria aplicados, e outro lote de 1273 produtos seguindo o conceito referência, portanto não contendo as melhorias. Quando os lotes chegaram no Brasil e foram inspecionados, do lote contendo a melhoria nenhum produto falhou, enquanto do lote sem melhoria 13% falhou. Dados que comprovaram já numa baixa escala que a solução se mostrou efetiva.

## 5 CONCLUSÃO

O presente trabalho foi movido pela necessidade de encontrar uma solução de engenharia para tratar uma não qualidade de um produto comercializável de alta lucratividade. Com o produto sendo vendido e as reclamações dos consumidores chegando, o maior desafio era propor uma solução eficaz, menor tempo possível e que não apresentasse grande impacto de custo.

A respeito da utilização da Matriz Pugh, foi possível perceber que a ferramenta foi de suma importância para integração e alinhamento de interesses de todo o time Multi-funcional. Graças à ela, as decisões foram tomadas de maneira conjunta e rápida, não havendo perda de tempo por *relooping* de decisões. Além disso, a forma matricial foi excelente para organizar e ilustrar as informações levantadas.

Com a realização dos testes de aprovação, foi comprovado o que já era sabido de que o aço ANSI 304 apresenta uma maior resistência à oxidação do que o aço ANSI 403 mesmo quando exposto a um processo de fabricação como a serigrafia a laser, e que, apesar de seu custo mais elevado, ele apresenta-se como uma solução robusta para este problema.

A respeito das peças plásticas, foi muito interessante o fato de que apenas reforçar a embalagem já garantiu que o problema fosse mitigado. Para esse item, o grande aprendizado foi ver como políticas de segurança e de aprovação de produto mudam de um país para outro e que empresas multi-nacionais devem sempre estar atentas a isso. Ademais, o acréscimo do plástico interior à embalagem também ajudou a questão da peça de aço, servindo como mais uma barreira contra umidade.

Foi possível perceber também que, mais do que achar uma solução de engenharia viável para o problema, é necessário achar uma solução viável do ponto de vista financeiro para que seja mantida a saúde dos negócios. O caso das peças plásticas é um exemplo entre três soluções com custos bem diferentes nas qual a mais barata já se mostrou eficiente para o problema em questão.

Além do que foi dito, foi muito importante ver como o tempo de implementação de um projeto impacta muito as decisões acerca de alterar um produto já vendido no mercado. Basicamente todas as soluções levantadas se basearam em conceitos que a empresa já tinha conhecimento técnico e fornecedores para aquilo, fatos que aceleram muito o processo de aprovação.

Por fim, é possível concluir que sempre que um produto for passar pelo processo de exportação, é necessário que sejam incluídos nos testes de aprovação situações que simulem muito bem o transporte marítimo, tanto do ponto de vista físico-químico quanto do ponto de vista mecânico e logístico.

## REFERÊNCIAS

- ATUAL, A. C. T. **Custo logístico consome 12,7% do PIB do Brasil: Percentual aumentou de 2014 para 2015, impactado pelo aumento dos estoques; valor total se aproxima de R\$ 750 bilhões.** 2016. Disponível em: <<https://www.cnt.org.br/agencia-cnt/custo-logistico-consome-12-do-pib-do-brasil/>>. Acesso em: 11 de fev de 2023.
- BARETA, D. R. et al. Influência de materiais alternativos nas propriedades de peças tubulares no contexto de moldes protótipos de injeção. **Tecnologia em Metalurgia, Materiais e Mineração**, ABM-Associação Brasileira de Metalurgia, Materiais e Mineração, v. 4, n. 3, p. 37–42, 2013.
- BERUS, N. Influence of shipping container upon temperature, relative humidity, and bacterial growth on broccoli. 2019.
- CHIAVERINI, V. **Aços e ferros fundidos.** [S.l.]: Abm, 1977.
- CHIROMITO, E. M. S. **Nanocompósitos de poli (hidroxibutirato) e poli (ácido láctico) reforçados com celulose nanofibrilada utilizando poli (álcool vinílico) como agente de incorporação do reforço.** Tese (Doutorado) — Universidade de São Paulo, 2021.
- DONALD, R. A.; PRADEEP, P. P.; WENDELIN, J. The science and engineering of materials. **ÇeviriDr. M. Erdoğan**, v. 3, 1994.
- DUSTRE. **Aços inoxidáveis austeníticos.** 2023. Disponível em: <<https://dustre.com.br/produtos-ligas-especiais/acos-inoxidaveis-austeniticos/>>. Acesso em: 12 de nov de 2023.
- ETICOGROUP. **Masterbatch and compound material.** 2023. [eticogroup.net/products-quality/masterbatch-and-compound-material/](https://eticogroup.net/products-quality/masterbatch-and-compound-material/). Acesso em: 15 de fev de 2023.
- FERIGATO, E.; SILVA, D. D. C. da. Os modais de transporte de carga no brasil. **RECIMA21-Revista Científica Multidisciplinar-ISSN 2675-6218**, v. 2, n. 2, p. 278–298, 2021.
- FORTINI, A. J. **Vias de Transporte. Porto Alegre: Grupo A.** 2016. Disponível em: <<https://app.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788582603895/>>. Acesso em: 12 de fev de 2023.
- INJEQUALY. **Peças Plásticas Injetadas.** 2023. Disponível em: <<https://www.injequaly.com.br/pecas-plasticas-injetadas.php>>. Acesso em: 13 de fev de 2023.
- JAEHNICHEN, K. et al. A study of paint adhesion to polymeric substrates. **Journal of adhesion science and technology**, Taylor & Francis, v. 17, n. 12, p. 1635–1654, 2003.
- LETSCHERT, V. Material world: forecasting household appliance ownership in a growing global economy. 2009.
- MÄNTYJÄRVI, K. et al. Grid patterns by laser for forming strain analysis. **International Journal of Material Forming**, Springer, v. 1, n. 1, p. 249–252, 2008.
- MATET, M. et al. Plasticized chitosan/polyolefin films produced by extrusion. **Carbohydrate polymers**, Elsevier, v. 117, p. 177–184, 2015.

METALINOX. **Aço AISI 304**. 2023. Disponível em: <<https://www.metalinoxsp.com.br/aco-aisi-304>>. Acesso em: 12 de fev de 2023.

MODENESI, P. Soldabilidade dos aços inoxidáveis, vol. 1, senai. **Osasco, SP, Brazil**, 2001.

PACHECO, E. A.; DROHOMERETSKI, E.; CARDOSO, P. A. A decisão do modal de transporte através da metodologia alp na aplicação da logística enxuta: um estudo de caso. In: **Pontifícia Universidade Católica do Paraná–IV Congresso Nacional de Excelência em Gestão**. [S.l.: s.n.], 2008.

PILATO, L. Phenolic resins: 100 years and still going strong. **Reactive and functional polymers**, Elsevier, v. 73, n. 2, p. 270–277, 2013.

REIS, L. O. R.; ANDRADE, J. J. d. O. Análise de falhas e da posição na curva da banheira de moldes empregados em equipamentos de injeção. **XXIX Encontro Nacional de Engenharia de Produção**. Salvador, p. 1–11, 2009.

RESEARCH, G. V. **Induction Cooktops Market Size, Share Trends Analysis Report By Product (Built-in, Free-standing), By Application (Household, Commercial), By Distribution Channel (Online, Specialty Stores), And Segment Forecasts, 2021 - 2028**. 2020. Disponível em: <<https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/induction-cooktops-market>>. Acesso em: 07 de nov de 2022.

SEGALIS, G. **Fundamentos de exportação e importação no Brasil**. [S.l.]: Editora FGV, 2015.

TINOCO, J. E. P.; KRAEMER, M. E. P. Contabilidade e gestão ambiental. In: **Contabilidade e gestão ambiental**. [S.l.: s.n.], 2004. p. 303–303.

TOLINSKI, M. **Additives for polyolefins: getting the most out of polypropylene, polyethylene and TPO**. [S.l.]: William Andrew, 2015.

TORETTI, F.; SANTOS, M. J. dos. Comportamento do consumidor de decoração de interiores durante a pandemia. **Revista Conectus: tecnologia, gestão e conhecimento**, v. 1, n. 2, 2021.

UNIVILLE, M. F. I. Proposta para sistematização do processo de remanufatura de produtos rejeitados no centro de distribuição de uma empresa importadora de eletrodomésticos.