

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ

Felipe Galdeano Espindola

João Henrique Junior

**METALIZAÇÃO DOS POLÍMEROS PARA MELHORIA DE
ACABAMENTOS NAS PEÇAS PARA O SETOR
AUTOMOBILÍSTICO**

Taubaté – SP

2018

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ

Felipe Galdeano Espindola

João Henrique Junior

**METALIZAÇÃO DOS POLÍMEROS PARA MELHORIA DE
ACABAMENTOS NAS PEÇAS PARA O SETOR
AUTOMOBILÍSTICO**

Trabalho de Graduação apresentado para
obtenção do Título de Bacharel em Engenharia
Mecânica do Departamento de Engenharia
Mecânica da Universidade de Taubaté.

Orientador: Prof^a Maria Regina Hidalgo de Oliveira
- Lindgren

Co-orientador: Prof. Paulo Cesar Corrêa Lindgren

Taubaté – SP

2018

**Ficha Catalográfica elaborada pelo SIBi – Sistema Integrado
de Bibliotecas / Unitau - Biblioteca das Engenharias**

H519m Henrique Junior, João
Metalização dos polímeros para melhoria de
acabamentos nas peças para o setor automobilístico. / João
Henrique Junior, Felipe Galdeano Espindola. - 2018.

33f. : il; 30 cm.

Monografia (Graduação em Engenharia Mecânica) –
Universidade de Taubaté. Departamento de Engenharia
Mecânica e Elétrica, 2018

Orientação: Prof. Me. Paulo Cesar Corrêa Lindgren,
Coorientação: Profa. Ma. Maria Regina Hidalgo de
Oliveira Lindgren, Departamento de Engenharia Mecânica e
Elétrica.

1. Polímeros. 2. Peças. 3. Qualidade. 4. Automóveis. I.
Título.

Felipe Galdeano Espíndola
João Henrique Junior

**METALIZAÇÃO DOS POLÍMEROS PARA MELHORIA DE ACABAMENTOS NAS
PEÇAS PARA O SETOR AUTOMOBILÍSTICO.**

Trabalho de Graduação apresentado para
obtenção do Título de Bacharel em
Engenharia Mecânica do Departamento
de Engenharia Mecânica da Universidade
de Taubaté.

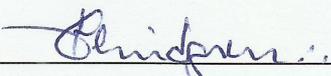
Data: 21/06/2018

Resultado:

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a. Ma. Maria Regina Hidalgo de Oliveira Lindgren
Taubaté

Universidade de

Assinatura  _____

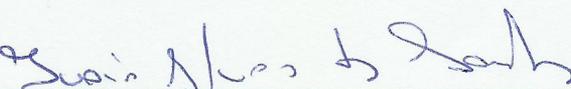
Prof. Me Paulo Cesar Corrêa Lindgren
Taubaté

Universidade de

Assinatura  _____

Prof. Me Ivair Alves dos Santos

Universidade de Taubaté

Assinatura  _____

Dedicamos este trabalho as pessoas
que acreditaram no nosso potencial
e nos ajudaram para chegar até
aqui.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente à Deus que nos permitiu essa e todas as outras conquistas.

Aos verdadeiros amigos, que fizeram papel de família por muitas vezes, pelo incentivo e compreensão.

À nossa família que nos apoiou.

À nossa orientadora Maria Regina e ao nosso co-orientador Paulo César pela dedicação, paciência e segurança na orientação do trabalho.

À UNITAU (Universidade de Taubaté) pela formação.

E a todos que de alguma forma contribuíram para realização deste trabalho.

RESUMO

Devido à crescente substituição de peças metálicas por produtos plásticos (polímeros) em automóveis, visando, principalmente, redução de peso para torná-los mais eficientes, faz-se necessária a manutenção da aparência e da qualidade deste polímero, visando assim, uma aparência e estrutura mais semelhante possível em relação às peças anteriormente fabricadas de material metálico. Essa camada metalizada fará com que o polímero, além de ter uma aparência melhor, proporcione uma resistência mecânica maior e uma durabilidade mais elevada. Dentre os estudos que serão realizados, o foco será um processo que não gera resíduos químicos, pois, atualmente, devido à globalização e surgimento de mercados altamente competitivo, busca-se desenvolver veículos que sejam menos agressivos ao meio ambiente em todos os aspectos, desde a sua concepção até o seu descarte e reuso.

Palavras-chave: Polímeros, peças, qualidade e automóveis.

ABSTRACT

Due to the increasing substitution of metallic parts for plastic products (polymers) in automobiles, mainly aiming at reducing weight to make them more efficient, it is necessary to maintain the appearance and quality of this polymer, aiming at an appearance and structure as possible in relation to the previously made pieces of metallic material.

This metallized layer will cause the polymer, in addition to having a better appearance, to provide greater mechanical strength and higher durability. Among the studies that will be carried out, the focus will be on a process that does not generate chemical residues, because currently, due to globalization and the emergence of highly competitive markets, we seek to develop vehicles that are less aggressive to the environment in all aspects, from its design until its discard and reuse.

Keywords: Cogeneration, Alternative Energy, Renewable Energy, Rice.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Materiais a base de polímeros sintéticos.....	18
Figura 2 - Hermann Staudinger em 1916.....	19
Figura 3 – Materia prima de ABS.....	20
Figura 4 - Justus Liebig.....	21
Figura 5 - Hermann Von Fehling.....	22
Figura 6 – Peça ABS antes da metalização.....	26
Figura 7 – Peça ABS depois da metalização.....	26
Figura 8 - Macrografia da superfície do ABS após deposição metálica	27
Figura 9 – Representação das matérias primas. Cobre, Níquel e Alumínio, respectivamente.....	27
Figura 10 – Desenho de representação da Metalizadora a vácuo.....	28

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	OBJETIVOS	13
1.1.1	Objetivo Geral	13
1.1.2	Objetivos Específicos.....	13
1.2	DELIMITAÇÃO DO ESTUDO.....	14
1.3	RELEVÂNCIA DO ESTUDO.....	14
1.4	ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO.....	14
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1	POLÍMEROS	16
2.1.1	Polímeros Naturais.....	16
2.1.1.1	Vulcanização.....	17
2.1.2	Polímeros Sintéticos.....	17
2.1.3	ABS.....	19
2.2	TRATAMENTOS DE SUPERFÍCIE	20
2.3	METALIZAÇÃO.....	21
2.3.1	História da metalização.....	21
2.3.2	Metalização de superfícies não condutoras.....	23
2.3.3	Metalização a vácuo.....	23
3	METODOLOGIA	24
3.1	Métodos e Instrumentos de coletas de dados.....	24
3.2	Premissa do trabalho.....	25
3.3	Estudo do caso.....	25
3.4	Materiais.....	26
3.5	Metalizadora a vácuo.....	28
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
5	CONCLUSÃO	30
	REFERENCIAS	31

1 INTRODUÇÃO

A concorrência entre as indústrias para oferecer o melhor produto no mercado não é mais comum que se imagina, e no ramo automobilístico não é diferente. Cada vez mais a pesquisa nesse setor é essencial. No último século o assunto é ter um processo menos poluente com um veículo mais potente e de designer que podemos chamar de personalizado. A resposta para esse fator que podemos chamar de problemas, é muitas vezes o plástico. Capaz de se adaptar aos mais variados designers e permitir o reprocessamento da suas peças defeituosas em matéria prima novamente, o material plástico revestido de metal tem muitas aplicações na atualidade, muitas das peças cromadas que vemos no mercado são feitas de polímeros que é mais barato, mais fácil de moldar e mais leve que os metais especialmente na indústria automotiva, onde a redução de peso está em alta demanda no mercado.

Com o desenvolvimento dos polímeros o mercado automobilístico deu um salto na eficiência do produto final, que pode passar a contar com um veículo mais leve e com o mesmo critério de beleza exigido dos diferentes públicos.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Sabendo da importância de reduzir os custos e ao mesmo tempo produzir com um processo que gere menos resíduos, o objetivo desse trabalho é apresentar um processo que una esses fatores à importância de um processo de tratamento em polímeros (peças plásticas) do ramo automotivo

1.1.2 Objetivos Específicos

Em especial o estudo do tema apresentará que é possível ampliar o uso de materiais polimerizados nos automóveis, se utilizado processos a fim de metalizar os polímeros, por meio de estudo do caso único publicado.

1.2 DELIMITAÇÃO DO ESTUDO

Nesta TG será abordada a decoração e proteção de materiais plásticos através do processo de metalizar, por meio de tintas, o que constitui uma operação vital no acabamento de numerosas peças de plástico. Este trabalho, oferece uma visão geral sobre a vantagem de metalizar plásticos para indústria automotiva, mas tem como principal função apresentar a vantagem desse processo em relação a utilização de plásticos metalizados ao invés de metais propriamente ditos.

1.3 RELEVÂNCIA DO ESTUDO

Em busca de diminuir os custos de produção, novas tecnologias invadem o mercado, em especial no ramo automotivo é preciso reduzir os custos e ao mesmo tempo oferecer um designer casa vez mais arrojado e personalizado, além de permitir que o automóvel esteja em condições de competir em termos de eficiência.

Muitos estudos mostram as diferentes formas de oferecer maior eficiência ao produto, e é unânime esse fator do peso. Reduzir o peso do veículo é torná-lo mais eficiente com o mesmo motor.

Segundo Anderson Bos (2017), estima-se que o percentual de plástico nos carros deve subir de atuais 15% para 25% a 30% em 2030. Este é um crescimento significativo e esta matéria-prima ainda pode conquistar um espaço ainda maior. Para o meio ambiente, a redução do peso de um automóvel também é benéfica, no sentido de que, para cada quilograma perdido, o carro emitirá 20 quilos de dióxido de carbono a menos no ar.

1.4 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Este trabalho está dividido em cinco capítulos, sendo que no capítulo um encontra-se a Introdução, Objetivos, Delimitação e Relevância do estudo realizado.

No segundo capítulo, denominado de Revisão Bibliográfica, é retratado num contexto geral do que são polímeros, como eles evoluíram ao longo da história, como e quando começou a se pensar em substituir metais por plásticos, e por fim chegar a metalização dos plásticos.

No capítulo três apresenta-se a Metodologia aplicada para o desenvolvimento deste trabalho.

No quarto e quinto capítulos são abordados: Resultados e Discussão e Conclusão do trabalho, respectivamente.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 POLÍMEROS

Polímero vem do grego *poli*, que significa “muitas”, e *mero*, que é “parte”, isso porque as macromoléculas desses compostos originam-se através da ligação de várias unidades de moléculas pequenas, denominadas de monômeros. A reação que forma o polímero é chamada de polimerização. Um exemplo é o polietileno, um polímero sintético formado através da união de muitas moléculas do etileno, um monômero. (FOGAÇA, 2016),

Na verdade os materiais a base de polímeros não são tecnologia nova, eles vem sendo usados desde a antiguidade, entretanto nessa época a humanidade só fazia uso dos polímeros naturais, pois materiais poliméricos artificiais requerem um processo tecnológico sofisticado, envolvendo reações químicas orgânicas, que só começaram a ser estudadas na segunda metade do século XIX. Esses materiais que sim, são uma nova tecnologia, surgiram para imitar os polímeros naturais, eles foram denominados de polímeros sintéticos. (MANO, 1969)

2.1.1 Polímeros Naturais

Polímeros naturais são os encontrados na natureza, por exemplo, borracha (extraída da seringueira), celulose, proteínas, polissacarídeos, entre outros. São úteis na fabricação de diversos materiais como papel, pneus. Como se sabe, proteínas e polissacarídeos estão presentes nos alimentos que ingerimos. e podem ser divididos em dois subgrupos: polímeros de adição e polímeros de condensação. Os polissacarídeos e as proteínas são polímeros de condensação originados a partir de monossacarídeos e aminoácidos, respectivamente. Um exemplo de polissacarídeos podem ser a celulose e o amido, tendo em vista que são retirados através da polimerização dos monossacarídeos, a sua fórmula é $C_6H_{12}O_6$. O mais famoso polissacarídeo é a sacarose, conhecida pelos leigos como açúcar. (FOGAÇA, 2016),

Já a proteína nada mais é que, polímeros gerados através da condensação de aminoácidos, as elas são encontradas em todas as células vivas, algumas são responsáveis pelo aparecimento de fibras musculares, cabelo e pele, já as enzimas atuam como catalisadores nas reações que acontecem no organismo, também existem proteínas que têm função de regular o metabolismo e que contribui no

sistema imunológico. A famosa borracha é um polímero de adição, ela é obtida da árvore *Hevea brasiliensis*, que é uma árvore típica da região Amazônica e popularmente conhecida como Seringueira. A extração da borracha é simples, é feita uma incisão (corte) no caule e em seguida se obtém um líquido branco denominado Látex, que se transforma em borracha. (FREITAS, 2018)

2.1.1.1 Vulcanização

O processo de transformação do látex em borracha recebe o nome de Vulcanização. O látex obtido da seringueira é precipitado originando uma substância viscosa, a borracha natural. O uso da borracha natural é restrito por ser facilmente alterada segundo a temperatura, nos dias mais frios a borracha fica quebradiça, enquanto que em dias mais quentes o material apresenta uma característica mais gosmenta. Sendo assim, a massa viscosa obtida do látex é aquecida com enxofre originando a borracha vulcanizada. Esse tipo de borracha é mais resistente porque não recebe influência em relação à temperatura, é também bastante elástica e resistente a atritos. (NUNES, 2014)

2.1.2 Polímeros Sintéticos

O século XX foi revolucionado pelos polímeros sintéticos, que ficaram conhecidos como: **plásticos**. Graças ao estudo das reações orgânicas da segunda metade do século XIX, foi possível desenvolver materiais polimerizados em laboratório e tornar possível a fabricação de uma gama de materiais tão utilizados hoje em dia, como as sacolas plásticas, encanamentos, escovas de dente, embalagens para produção em massa, pára-choques para automóveis, painéis antiaderentes, cola, tintas, chicletes, entre muitos outros. Hoje, ao nosso redor, milhares de produtos são feitos de polímeros, pois essa é uma tecnologia que está muito avançada. Fazemos uso deles todos os dias. (FOGAÇA, 2016),

Os polímeros sintéticos se tornaram um grupo tão vasto de compostos que passaram a ser divididos ou classificados em três subgrupos, que são: polímeros de adição, polímeros de condensação e polímeros de rearranjo. Como o nome diz, os polímeros de adição são feitos por meio da "adição" de unidades simples de monômeros todos iguais entre si. Todos os monômeros que formarão um polímero de adição devem possuir pelo menos uma dupla ligação entre carbonos, pois é a

ligação pi (π) que será rompida, formando duas ligações simples por consequência, formarão as ligações que dão origem ao polímero. (NUNES, 2014)

Os mais famosos polímeros de adição estão demonstrados na figura 1, que são: Polietileno, Polipropileno, Poliestireno, PVC (Policloreto de Vinila), Teflon, Poliacrilonitrila, PVA (Poliacetato de viila), Borrachas sintéticas e Plexiglass (Polimeta-acrilato de metila). (FOGAÇA, 2016),

Figura 1: Materiais a base de polímeros sintéticos



Fonte: UOL, 2016, adaptado pelos autores.

A primeira utilização ampliada do material plástico na indústria, que se tem notícia, é a de Leo Henrik Baekeland (1863-1944), que foi patenteada na Alemanha no ano de 1908. Ele utilizou um plástico à base de fenol e formaldeído, conhecidos como “duroplásticos”, para proteger peças ferroviárias. (BOS, 2017)

Após esse caso, outros plásticos começaram a ser inventados, mas foi com o trabalho de Hermann Staudinger (figura 2) sobre a química geral dos polímeros e suas descobertas sobre química macromolecular que lhe rendeu o prêmio Nobel de Química em 1953. (BOS, 2017)

Figura 2: Hermann Staudinger em 1916



Fonte: Hansen, Hans-Jürgen 1982

O seu trabalho abriu caminho para a química no campo dos polímeros, foi assim que a injeção de termoplásticos começou a ser cada vez mais utilizada para dar aos termoplásticos o formato desejado, o que foi possível porque o termoplástico pode ser reticulado e a altas temperaturas se comporta como líquido. O plástico comumente usado foi o butadieno enxertado com estireno e misturados em conjunto com um polímero de acrilonitrilo estireno. A partir daí, da origem de seus componentes que compõem o ABS. (BOS, 2017)

2.1.3 ABS

Acrilonitrila butadieno estireno, cuja sigla ABS vem do inglês: acrylonitrile butadiene styrene (ABS). Este é um plástico composto por 3 materiais, os descritos em seu nome. (ADN, 2013)

Como todos os termoplásticos, o ABS apresenta alta resistência ao impacto, maior facilidade no processamento e adaptação a diferentes projetos. O ABS é conhecido por ser muito tenaz e rígido, porém possui resistência química aceitável e baixo índice de absorção de água. Por esse motivo ele é bem estável em termos dimensionais, além disso, ele é extremamente resistente a abrasão. (ADN, 2013)

O ABS é um polímero que pode ser facilmente submetido a galvanoplastia assim como os metais. Ele relativamente leve, é fácil de ser moldado, e continua resistente, oferecendo um equilíbrio entre resistência e tração ao impacto e à abrasão, permanece com a dureza superficial, rigidez, resistência ao calor, resistência química e características elétricas, além de que mantém as suas propriedades em baixas temperaturas. O ABS tende a ceder quando submetido a grandes esforços, de modo que o problema do seu alongamento raramente chega a

adquirir alguma importância significativa aos projetos em que este é usado. Geralmente a peça desse material cheda a poder ser curvada a algo além do seu limite de elasticidade sem ela chegue a romper-se, embora possa vir a enfraquecer por fadiga. (ADN, 2013)

A grande vantagem do ABS é que ele é capaz de aliar a força e rigidez dos polímeros sintéticos com a resistência de um polímero natural como a borracha. Embora muitos tipos de plásticos sejam chapeados, na maioria das vezes é o ABS que é usado como material base. (ADN, 2013)

Na década de 60, o desenvolvimento do ABS, chamado material do futuro, liderou uma grande mudança. Atualmente, o ABS é o copolímero mais utilizado na indústria de metalização de plástico, sua representatividade chega a 50% dos plásticos utilizados nas indústrias na Europa, e apresentam sua estrutura no formado da figura 3. (ADN, 2013)

Figura 3: Matéria Prima ABS



Fonte: B2lue, 2016.

2.2 TRATAMENTOS DE SUPERFÍCIE

Tratamento de superfície pode ser definido como uma área de conhecimento que viabiliza a modificação de superfícies, conferindo novas e diversificadas propriedades e características à superfície de um material. (MIRRHA, 2017).

2.3 METALIZAÇÃO

A metalização é um processo que pode ser feito em superfícies condutoras ou não condutoras e consiste no revestimento da peça ou parte da peça, através da

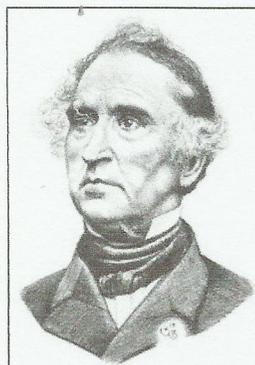
pulverização de metais fundidos e tem por objetivo conferir a peça maior resistência ao desgaste, à corrosão, ou simplesmente para fins decorativos ou técnicos. (MIRRHA, 2017).

2.3.1 História da Metalização

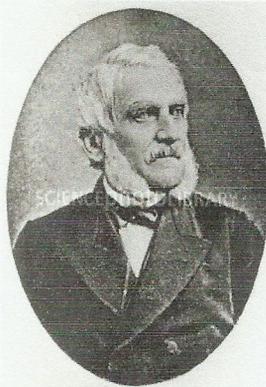
A primeira tentativa de deposição de substrato metálico sobre material não condutor teve início por volta de 1850 por Justus Liebig conforme figura 4 (1803-1873). Ele fazia espelhos de vidro sem o uso de mercúrio, apenas pela redução do nitrato de prata em solução de amônia. O processo melhorou passo a passo e evoluiu de através das invenções de Hermann Von Fehling conforme figura 5 (1812-1885), que entre elas descobriu como depositar cobre sobre plástico através dos métodos analíticos para determinação de açúcares, nos quais o açúcar - um aldeído - numa solução alcalina reduz os íons de cobre em um óxido de cobre laranja avermelhado. Usando formaldeído e fazendo algumas modificações, foi possível depositar cobre metálico. (BOS, 2017)

Depois das primeiras aplicações de como depositar metal sobre uma superfície não condutora, o processo de deposição de um metal foi melhorando pouco a pouco. Como no caso da prata que foi utilizada para tornar a superfície cataliticamente ativa, mas o primeiro metal condutor foi o cobre. (BOS, 2017)

Figura 4: Justus Liebig



Fonte: Subhankar-biswas, 2013

Figura 5: Hermann Von Fehling

Fonte: Sciencephoto, 2013

O que permitiu uma direção nos estudos de metalização de plástico, tornando possível a primeira patente de deposição metálica em plástico, em 1938. Em que catalisação de uma superfície polimérica foi sendo melhorada pouco a pouco. Até que chegaram na solução coloidal de paládio, utilizada em uma solução contendo estanho. Como resultado, o processo ficou mais curto e mais confiável. Neste momento, era possível usar um sistema que depositou quimicamente níquel ao invés de cobre. Este avanço foi também ambiental devido à descontinuidade do venenoso formaldeído. O sistema de níquel químico era mais estável e conferia melhor qualidade na superfície após a eletrodeposição de cobre a partir de um eletrólito de cobre ácido. Nesta altura, as peças a serem metalizadas foram colocadas em estantes de ganchos que eram revestidas com PVC, para não serem atacadas pela solução de ácido de cromossulfúrico. Desta forma, o catalisador à base de paládio não aderiu à superfície dos ganchos, que não foram metalizados durante os passos de deposição eletrolítico e, portanto, como resultado, poderiam ser novamente utilizados para o próximo conjunto de peças a ser metalizado, sem a necessidade de dissolver o metal de etapas anteriores do processo (stripping). Esse desenvolvimento aconteceu em parceria com uma grande empresa produtora de ABS na época, a Bayer AG, localizada na Alemanha. (Bayer, 2012)

Esse processo se tornou famoso e é utilizado ainda nos dias de hoje para metalização de plásticos. O processo continuou por ser aprimorado ano após ano, seja para reduzir os custos de fabricação ou mesmo para atender as, cada vez mais rigorosas, normas de regulamentação. Espera-se que em poucos anos, possamos banir do processo materiais que são prejudiciais ao meio ambiente. (BOS,2017)

2.3.2 Metalização de Superfícies não condutoras

A metalização de materiais não condutores como os plásticos, sempre teve obstáculos ao seu desenvolvimento. A aderência existente entre o material a metalizar e o metal a depositar era fraca, o que provocava um mau desempenho das estruturas assim metalizadas. Porém, com o aparecimento de polímeros como o Acrilonitrilo Butadieno Estireno (ABS), houve um maior desenvolvimento no que diz respeito ao processo de metalizar superfícies não condutoras. Os revestimentos metálicos utilizados protegem o polímero e permitem que eles tenham resistência mecânica a maior a corrosão, ao aquecimento, aos raios ultravioleta e a alguns solventes. Além desse fator é interessante observar a possibilidade do uso das propriedades isolantes dos termoplásticos e da condutividade dos diferentes tipos de revestimentos metálicos, para aplicações em circuito impresso ou proteções eletrostáticas e eletromagnéticas. Metalizar superfícies de materiais plásticos pode ter funções estéticas, em setores como decoração e perfumaria que podem receber acabamentos metálicos diversos. A resistência a aparência dos plásticos metalizados ainda é, de certa forma, expressiva, para substituir completamente os metais é preciso realçar plástico usando depósitos de ouro, cromo, prata, bronze, etc. e a forte imagem associada a eles. (COVENTYA, 2017)

2.3.3 Metalização a Vácuo

Metalização a Vácuo é um processo simples, de deposição de um metal ex.: Alumínio, Zinco, Inox, etc..) sobre plásticos; metais; vidro etc.. em geral, deposita-se alumínio sobre a peça, devido ao acabamento visual decorativo, ser similar ao cromado, o processo ocorre dentro de uma câmara fechada, de onde se retira o ar para formar um vácuo. (NUTZEN, 20116)

3 METODOLOGIA

Neste TG buscou-se apresentar os métodos e processos utilizados para caracterizar o estudo de metalização de polímeros, os dados coletados, a análise e discussão dos dados, visando uma discussão sobre o processo de pintura e testes dos materiais, bem como a aplicabilidade dos mesmos.

Avaliando quanto aos objetivos apresentados, esse trabalho se enquadra em pesquisa exploratória, e quanto se diz a procedimentos técnicos utilizados para o desenvolvimento, este também se enquadra em pesquisa bibliográfica.

Segundo Jules Henri Poincare, assim como casas são feitas de pedras, a ciência é feita de fatos. Mas uma pilha de pedras não é uma casa e uma coleção de fatos não é, necessariamente, ciência.

A abordagem técnica o trabalho foi realizado a partir da pesquisa bibliográfica, que depende da análise de materiais já publicados, como trabalhos acadêmicos, livros, revistas, artigos e materiais disponíveis na Internet, além de dados publicados pelas empresas especializadas na área.

3.1 Métodos e Instrumentos de coletas de dados

Para realizar este trabalho utilizou-se o estudo de caso único publicado por uma empresa alfa especializada no meio, com coletas de dados baseado no panorama de produção da empresa e em dados já em caso de estudos anteriores pela mesma. Como a empresa ALFA é referencia no mercado nacional pela qualidade das peças metalizadas para veículos automotivos, a aplicação dos resultados é utilizada como arquivos de estudos verídicos e de referencia para estudos e outras empresas do mesmo setor.

No processo do Método Científico, as abordagens qualitativas e quantitativas são tratadas de formas equiparadas, entretanto, na realização deste trabalho a análise qualitativa dos casos foi utilizada como norteadora dos resultados. Para Strauss (2008) a análise qualitativa representa qualquer pesquisa que produza resultados não possíveis de serem alcançados por métodos estatísticos e outros meios cumulativos de tempo.

3.2 Premissas do Trabalho

Avaliando a parte econômica, escolher materiais plásticos, como ABS, em substituição a uma peça metálica visando reduzir o peso e o custo atrelado as muitas fases da formação do metal, usinagem, preparação e polimento mecânico das peças, assim como todos os custos envolvidos no transporte da peça. Somado a isso, a peça em plástico ABS tem uma superfície aparentemente mais uniforme, o que não exige uma deposição metálica muito espessa, quando comparamos com outro tipo de peça em material plástico ou metal, onde a superfície porosa tem que ser combatida.

Tendo como base o seguinte processo: A Deposição de uma camada de substrato metalizado condutor, em uma fina camada, sobre a peça de ABS no processo de metalização a vácuo.

Logo, no primeiro estágio da metalização, a superfície do polímero sintético é relativamente aumentada com criação de micro poros. Os poros servem para que o material metálico tenha melhor aderência no processo de deposição metálica, estando assim permissível que a peça vá para o segundo estágio.

No segundo estágio é possível produzir um depósito de substrato metálico com uma película fina, variando de 0.2 – 0.5 μm . Após o processo de deposição essa camada pode vir a ser reforçada de acordo com a necessidade e utilização da peça.

3.3 Estudo do caso

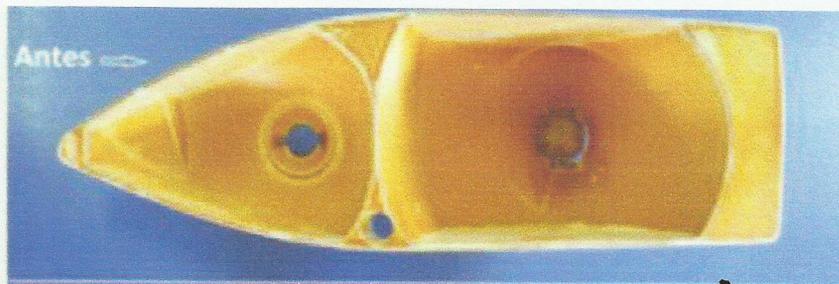
O trabalho foi realizado na metalização em peças plásticas de ABS de revestimento interno de lanternas que passou antes do processo por mecanismos de pré-tratamento, definido como decapagem segundo a figura 6: criação de condições para promover a aderência do revestimento, através da formação de pequenos poros na superfície.

Estando o lote, após os mecanismos de tratamentos, apto para o processo de metalização, começamos o estudo do caso em uma peça.

O primeiro passo do processo de metalização a vácuo do material foi aplicar uma pequena camada de verniz base para nivelar a superfície da peça e melhorar a aderência dos substratos metálicos, pois a peça a ser revestida necessita

ter uma superfície lisa, uniforme e sem contaminações antes de ser submetida ao processo de revestimento

Figura 6: Peça ABS antes da metalização



Fonte: Empresa alfa

Estando a peça apta para metalização, ela é colocada em uma câmara de vácuo, dentro dessa câmara o revestimento de metal é vaporizado sobre a peça. Nessa etapa o material metalizado condensa-se sobre a peça e formando assim uma película de substrato metalizado, fina e funcional.

Para se transformar em gás no processo de vaporização do substrato, o material metalizado é aquecido de forma constante para se transformar em gás.

Comparado com outros métodos de criação de um revestimento semelhante, a metalização a vácuo é muitas vezes considerado um processo ambientalmente mais amigável. Isto é porque o processo é físico, em vez de químico, e produz poucos resíduos.

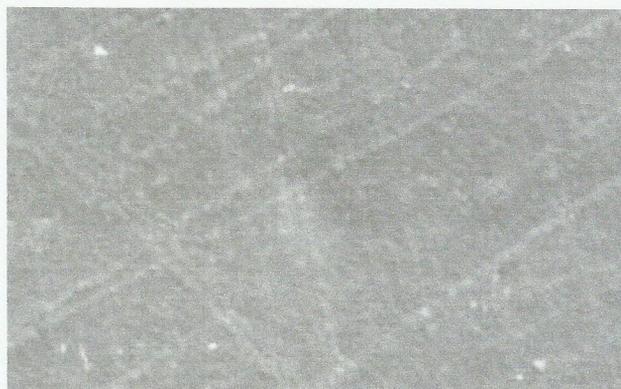
Para o material de revestimento criar um revestimento coerente, uma camada é inicialmente aplicada no processo de metalização de vácuo, atingindo uma espessura de $0.37689 \mu\text{m}$. Finalmente, verifica-se na figura 7, que foi aplicada uma última camada de verniz para garantir a proteção e resistência mecânica da peça.

Figura 7: Peça ABS depois da metalização



Fonte: Empresa alfa

Figura 8: Macrografia da superfície do ABS após deposição metálica



Fonte: Acervo empresa alfa.

O processo é realizado de forma ecologicamente correta, livre da emissão de efluentes tóxicos por diferentes dos métodos utilizados para depositar películas finas através do processo de condensação de uma forma vapor do substrato metalizado desejado na peça. Na atualidade essa é uma alternativa ecológica mais recente para substituir a cromagem tradicional. Foi, de fato, demonstrado na figura 8, que esta técnica aumenta a duração da peça e as peças finais são mais leves e limpas em relação a uma relação ao tradicional processo de banho de cromo. A deposição física vaporizada ganhou fama por muitas razões, uma entre as todas é o prolongamento da vida útil do produto, de acordo com alguns estudos é possível prolongar em até dez vezes a mais a vida da peça.

3.4 Materiais

Os materiais que são utilizados pela metalização a vácuo neste caso são: fios de alumínio, filamentos de tungstênio, energia elétrica, um sistema de circulação de água resfriada em um circuito fechado, câmara de vácuo, metais e ligas (alvo): Alumínio, Cobre, Zinco, conforme figura 09.

Figura 09: Representação das matérias primas. Cobre, Níquel e Alumínio, respectivamente

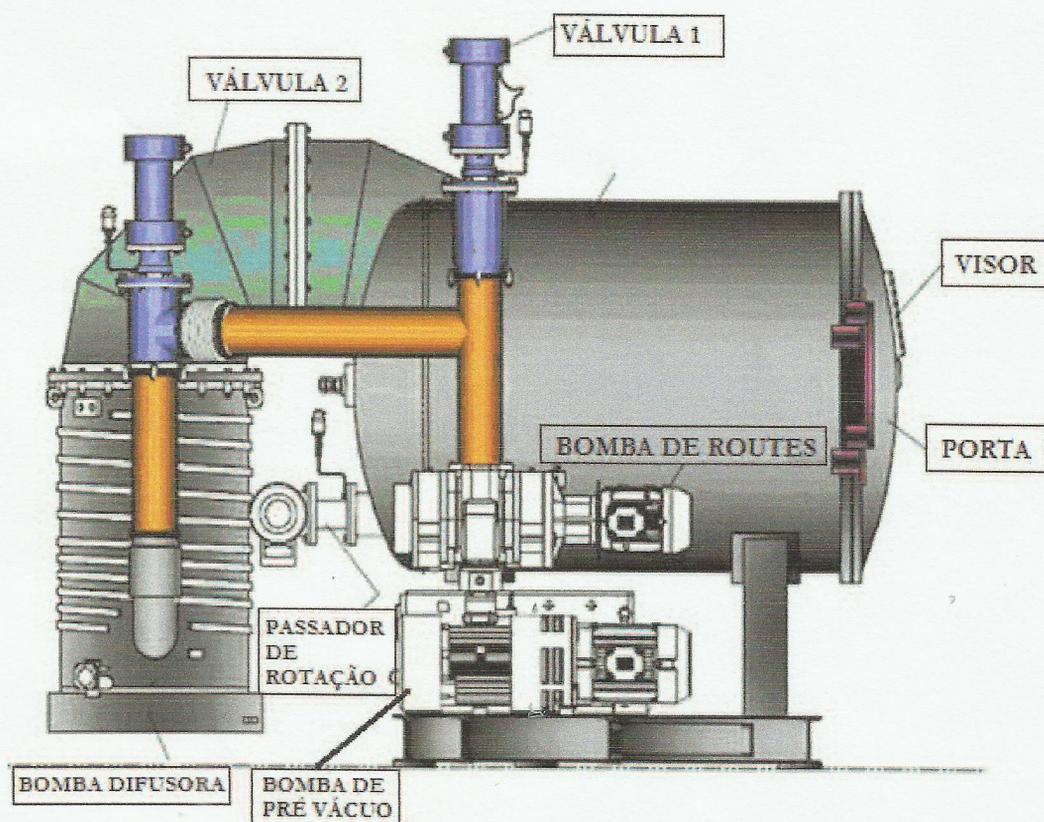


Fonte: Nutzen. Adaptado pelos autores.

3.5 Metalizadora a vácuo

A metalizadora a vácuo, que se pode ver na figura 10, funciona de forma a transformar o metal em estado sólido em gasoso, a alta pressão. Onde deposita o material metálico em forma de gás sobre a superfície de uma peça não condutora ou condutora. O maquinário conta com uma câmara de vácuo onde o material esterilizado é colocado para ser metalizado, ela transforma o metal sólido em praticamente gasoso numa câmara de pressão a altas temperaturas.

Figura 10: Desenho de representação da Metalizadora a vácuo



Fonte: Nutzen, adaptado pelos autores

Para tornar a peça apta a metalização aplicando verniz, é necessário, aproximadamente, 3 minutos para cada peça, podendo ser aplicado em mais de uma ao mesmo tempo. Mais 40 minutos de cura e a partir dessa etapa, a metalização a vácuo em si dura em torno de 4 minutos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Substituir o aço e o alumínio pelo plástico, já proporcionou as montadoras para consumir menos energia durante a fabricação das peças. Isso resulta em carros mais leves, que gastam menos combustível por km rodado e reduzem as emissões de poluentes.

Além disto, foi possível observar que comparado aos metais a utilização de componentes plásticos metalizados através da pintura proporciona características bastante vantajosas à indústria automobilística, como versatilidade, facilidade de processamento, estética e menor densidade. O designer foi indiscutível, pois o material pode proporcionar um design que peças feitas de metal não possuem. Com a redução dos tamanhos dos veículos, cada vez mais componentes precisam ser desenhados de uma forma otimizada, para ocuparem ainda menos espaço sem detrimento da aparência que os diferentes segmentos oferecem, seja Hatch ou Sedan, off Road ou mesmo um SUV (Sport Utility Vehicle).

Os resultados mostram que a princípio a aplicação estava restrita ao exterior dos carros, mas os plásticos vêm crescendo em partes dos veículos tradicionalmente constituídas de aço. Esse estudo de metalização apresenta que através da pintura com tintas a base de diferentes resinas e até mesmo a fabricação de polímeros que apresentem características necessárias, cada vez mais metal pode ser substituído por polímeros com pinturas metalizadas ou não. É importante lembrar que, pintura metalizada pode trazer para o mercado casual a estética interna das carcaças dos motores mais extravagantes possíveis. Os espaços que eram considerados inóspitos, por causa das altas temperaturas e da contaminação por produtos químicos, podem ser feitos de plástico, como o cárter e galerias de combustível, se adaptado a resina ideal na fabricação e pintura das peças.

5 CONCLUSÃO

Além dos ganhos finais, apresentados em termos de custos, também é visto de forma positiva o potencial de aplicação da pintura em muitas outras peças do setor automobilístico, através da troca de peças metálicas propriamente ditas pelos “polímeros metálicos”

Avaliado todas as estatísticas referentes ao estado inicial da peças, quantidade de camadas de deposição de substrato metálico, tipo de tinta, tipo de propriedades esperadas para a peça, o estudo da empresa mostra que os custos de revestimento a vácuo são equivalentes a 1/6 (17%) dos métodos tradicionais, como a cromagem.

Com impacto muito menor do que a da cromagem que usa banhos com metais pesados e necessidade de tratamento de efluentes. A Metalização usa verniz aplicado em cabine de pintura com filtros que retêm o material não aproveitado na peça, e a metalização ocorre em câmara totalmente fechada, sendo que o alumínio depositado na peça fica depositado na própria câmara.

Quanto à redução apresentada, demonstra-se que a metodologia do processo pode abrir leques de possibilidades, sem detrimento da qualidade e aparência na apresentação do produto final. O ganho em si pode parecer pequeno, mas tratando-se de um caso isolado, em uma única peça. Foi pensando nessa possibilidade pequena que hoje os atuais 44 kg médios de plástico nos veículos substituem cerca de 350 kg de aço. Na Europa esse número já chega a 100 kg de plástico em automóveis.

Desta forma, considera-se que foi plenamente atingido o objetivo da amostragem, constituindo-se uma justificativa para possíveis aplicações em outras peças e setores.

REFERÊNCIAS

AKCELRUD, L. **Fundamentos da ciência dos polímeros**. Manole, 2005.

BETTER BY DESIGNS. **Aluminum Industry**. Disponível em:
<http://www.alumisource.net/products/aluminum-industry>. Acesso em 10 de junho de 2018.

BOS, Anderson. **O processo de metalização dos plásticos**. Disponível em:
http://www.abts.org.br/images/img-publicacoes/tratamento_de_superficie-202/rts-202.pdf. Acesso em 14 de abril de 2018

Éster-vinílicas: altas temperaturas e alongamento. Disponível em:
http://www.tecnologiademateriais.com.br/consultas_tm/pdf/pr72/24_30.pdf. Acesso em 22 de abril de 2018

FREITAS, Eduardo de. **Polímeros Naturais**. Disponível em:
<http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/quimica/polimero-natural.htm>. Acesso em 21 de abril de 2018

Imagem Justus Liebig. Disponível em: <https://subhankar-biswas.deviantart.com/art/justus-liebig-394105033>. Acesso em último acesso 02 de junho de 2018

Imagem Von Fehling. Disponível em: <https://howold.co/hermann-von-fehling>. Acesso em 02 de junho de 2018

MANO, B. E. **Polímeros como materiais de engenharia**. Edgard Blucher Ltda. 1969.

Metalização de plásticos. Disponível em: <http://surface.net.br/wp/metalizacao-de-plasticos/>. Acesso em 07 de maio de 2018

MIRRHA, M. **Tratamentos de Superfície**. ABTS, 2017.

MORGEL. **Injeção de peças plásticas automotivas**. Disponível em:
<http://www.morgel.com.br/injecao-pecas-plasticas-automotivas>. Acesso em 22 de abril de 2018

NUNES, E. C.D.N. **Polímeros: Conceitos, Estrutura Molecular, Classificação e Propriedades**. Érica, 2014

NUTZEN. **Maquina metalizadora**. Disponível em:
<http://www.nutzen.com.br/metalizadora.htm>. Acesso em 10 de junho de 2018

PETROCENTER. **Polímeros Naturais**. Disponível em:
http://falandodquimica.weebly.com/uploads/2/4/5/2/2452165/aula_03_polimeros_-_final.pdf. Acesso em 21 de abril de 2018

Plástico na Indústria automobilística. Disponível em:
http://www.tecnologiademateriais.com.br/portal/noticias/plasticos_engenharia/2014/junho/automobilistica.html. Acesso em: último acesso 02 de maio de 2018

Pinturas em plásticos. Disponível em:
<http://colegiometal.yolasite.com/resources/Curso%20de%20Pintura%20em%20Plasticos.pdf>. Acesso em 02 de maio de 2018

FOGAÇA, Jeniffer. **O que são polímeros?** Disponível em:
<https://manualdaquimica.uol.com.br/quimica-organica/o-que-sao-os-polimeros.htm>
Acesso em 14 de abril de 2018

ROSSI, Daniel F. **Pinturas em plásticos**. Disponível em:
<http://professordanielrossi.yolasite.com/resources/Tintas%20Industriais%201.pdf>. Acesso em 22 de abril de 2018

RUFFO, H. Gustavo. **Mitos e verdades da proteção á pintura**. Disponível em:
<https://quatorrodas.abril.com.br/auto-servico/polindo-a-verdade/>. Acesso em 22 de abril de 2018

STRAUSS, A. **Pesquisa Qualitativa: Técnicas e Procedimentos para Teoria Fundamentada**. 2ªEd. Porto Alegre, 2008.