



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
**INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS**

## **ESTUDO DA INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA NA QUALIDADE DA ANODIZAÇÃO DE LIGAS DE ALUMÍNIO**

Maria Eduarda Saito

Relatório Final de Iniciação científica do  
Programa PIBIC, orientada por  
Dra. Graziela da Silva Savonov

INPE

São José dos Campos

2022





MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
**INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS**

## **ESTUDO DA INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA NA QUALIDADE DA ANODIZAÇÃO DE LIGAS DE ALUMÍNIO**

Maria Eduarda Saito

Relatório Final de Iniciação científica do  
Programa PIBIC, orientada por  
Dra. Graziela da Silva Savonov

INPE

São José dos Campos

2022



## **RESUMO**

O alumínio é um material metálico usado em grande escala na indústria aeroespacial devido suas propriedades como leveza, ductilidade, condução térmica e elétrica, dureza, baixo ponto de fusão, além de seu baixo custo quando comparado a metais com propriedades semelhantes. Contudo, assim como outros metais, o alumínio não está isento de sofrer reações químicas e físicas entre ele e a atmosfera terrestre, logo, este metal pode sofrer corrosão e desgaste natural. Inserido nesse contexto, tratamentos de superfícies são largamente aplicados em diversos metais, para que aumente a resistência desses substratos a corrosão, entre esses procedimentos, destaca-se a anodização, um procedimento de conversão da superfície do alumínio, por métodos eletroquímicos, em uma camada de óxido protetivo. Assim como diversos procedimentos, a anodização depende de alguns parâmetros como a composição e concentração do eletrólito, tempo, densidade de corrente e temperatura. O referente trabalho, realizado no mês de setembro de 2022, visou analisar a camada anódica obtida através da anodização em diversas temperaturas e, assim, definir a melhor temperatura a se realizar esse procedimento, sempre considerando a prioridade do procedimento: boa resistência a corrosão.

**Palavras-chave: Anodização, Alumínio, Corrosão.**



## SUMÁRIO

1. Introdução.....	1
2. Revisão Bibliográfica.....	2
3. Materiais e Métodos.....	3
4. Resultados e Discussões.....	4
5. Conclusões.....	5
6. Referências.....	6

## 1 Introdução

O uso do Alumínio e suas respectivas ligas na indústria aeroespacial vêm crescendo ao decorrer dos anos, isto se deve pelo interesse desse setor industrial nas propriedades físico-químicas deste metal, como a leveza, baixa densidade, ductilidade, boa condutividade elétrica, resistência à corrosão e baixo custo ao ser comparado com metais com propriedades similares. Entre as características mencionadas, a leveza é extremamente significativa, pois ao diminuir o peso de aeronaves, foguetes e correlatos, há a economia de combustível.

Contudo, o alumínio, assim como todos os outros tipos de materiais metálicos, está suscetível a ações da atmosfera terrestre, logo, não estão imunes a corrosão e o desgaste. Logo, procedimentos de tratamentos de superfície fazem-se necessários para aumentar essa resistência, entre eles, a anodização, um processo eletrolítico que consiste no espessamento do óxido de alumínio da superfície do substrato por meio da aplicação de um potencial ou corrente anódica do alumínio [1]. Ainda, este procedimento tem grande relevância na indústria aeroespacial na função de controle térmico de satélites, uma vez que, a camada anódica é utilizada para aumentar a aderência de tintas técnicas ou até para substituir essas substâncias [2].

Ainda, as estruturas das camadas anódicas são influenciadas por alguns parâmetros, tais como: tipo de eletrólito e sua concentração, tensão elétrica, tempo de reação e temperatura. Entre estes, destaca-se a temperatura, uma vez que, reações de anodização em altas temperaturas resultam em filmes finos, porosos e macios. Analogamente, filmes obtidos em baixas temperaturas, combinados a altas densidades de corrente, têm tendência a terem elevada dureza [3].

Deste modo, o referente relatório visou analisar as diferentes camadas anódicas obtidas através de reações de anodização em diferentes temperaturas, garantindo suas propriedades e definindo a melhor temperatura para realizar tal procedimento. O projeto foi desenvolvido durante o mês de setembro de 2022 no Laboratório de Tratamentos de Superfície do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.



## 2 Revisão Bibliográfica

Por definição, corrosão é o desgaste gradual que um corpo sofre através de modificações químicas e físicas entre esse corpo e o meio em que está inserido. Ainda, produtos da indústria aeroespacial, que contém metal em sua composição, estão sujeitos a sofrer corrosão atmosférica, uma vez que, demoram anos para serem lançados ao espaço e possuem contato direto com a umidade do ar [4]. Logo, a corrosão atmosférica pode ser definida como a reação de oxirredução na qual o metal perde elétrons, aumentando seu número de oxidação (NOX) e atuando como agente redutor, e o eletrólito (umidade do ar) ganha elétrons, diminuindo seu número de oxidação e atuando como agente oxidante.

Definindo anodização como processo químico de conversão da superfície de determinado metal em camada de óxido, assim, modificando as propriedades do material, é possível entender que este procedimento consiste na oxidação da superfície do alumínio, criando uma camada de óxido protetora [5]. Logo, o substrato após ser anodizado, possui duas camadas anódicas: uma de alta dureza e outra camada porosa mais superficial. Essa camada porosa é formada devido a dissolução do óxido de alumínio a partir de ataques químicos realizados pelo eletrólito [3].

A temperatura é um parâmetro extremamente redundante pois dependendo de sua intensidade, pode acelerar o ataque sobre a camada de óxido natural de alumínio, aumentando os tamanhos dos poros formados [6]. Vale ressaltar que, independentemente da temperatura, essa deve ser constante, logo, é necessário utilizar, acoplado ao tanque do eletrólito, agitação do banho por injeção de ar [7].

Ainda, com os parâmetros como o eletrólito de ácido sulfúrico com concentração de 180-200 g/L com a durabilidade do procedimento de 40 min e tensão elétrica de 12 V, é possível iniciar o desenvolvimento do projeto, no qual o único parâmetro a ser variado e analisado é o da temperatura.

### 3 Materiais e Métodos

Primeiramente, é importante definir que a metodologia mencionada ocorreu para procedimentos em temperatura ambiente, logo, para diferentes temperaturas, podem ocorrer de maneira diferente.

Inicialmente, as amostras de alumínio foram lixadas, utilizando uma politriz com lixas d'água de granulometria 600 mesh e 1200 mesh a fim de homogeneizar a superfície do substrato. Após o lixamento, as amostras foram submetidas ao banho ultrassônico utilizando acetona P.A., por 15 minutos, a fim de remover os resíduos provenientes do processo anterior. Em seguida, as amostras foram presas a hastes de alumínio, garantindo que haja contato elétrico.

Posteriormente, as amostras passaram por pré-tratamento, o primeiro banho usado foi o de desengraxante por 5 minutos, para remoção de gordura presente na superfície do substrato. Após esta etapa, os corpos de prova foram submetidos ao desoxidante por 2 minutos, este remove os óxidos presentes na superfície do alumínio. Na sequência, as amostras foram submersas na solução de decapagem com FOSCO por 5 minutos, para promover o acabamento do substrato.

Iniciando a anodização, as amostras são submersas no eletrólito, solução de ácido sulfúrico de concentração entre 180 a 200 g/L, na qual as amostras atuam como o ânodo da reação, isto é, atuam como polo positivo. Após conectar os cabos da fonte elétrica, positivo no ânodo e negativo no cátodo, a fonte foi ligada, com tensão de 12 V, e o procedimento ocorreu por 40 minutos.

Vale ressaltar que, a partir do pré-tratamento, os corpos de prova foram levados a lavagem dupla entre cada etapa, isto é, lavagem com água corrente e, com água deionizada. Este procedimento é vital para que não haja contaminação dos banhos e, assim, não comprometendo a qualidade do processo químico.

#### **4 Resultados e Discussões**

Tendo em vista que o procedimento discutido no tópico anterior foi desenvolvido em temperatura ambiente, pois se tratou da fase inicial do projeto, as amostras anodizadas apresentaram resistência à corrosão e outras propriedades da camada anódica, como a superfície isolante elétrica.

## **5 Conclusões**

Portanto, a partir das ideias supracitadas, a camada anódica obtida através da anodização utilizando eletrólito de ácido sulfúrico em temperatura ambiente obteve sucesso, garantindo as propriedades desejadas do filme anódico. Contudo, o projeto deve continuar a ser desenvolvido, isto é, repetibilidade do procedimento aplicando outras temperaturas, para que haja a análise e determinação de qual melhor temperatura para anodizar ligas de alumínio, além de analisar tecnicamente as diferentes camadas anódicas.

## 6 Referências

- [1] THOMPSON, G. E.; HABAZAKI, H.; *etal.* **Aircraft Engineering and Aerospace Technology**. pg 71-228, 1999.
- [2] HORBAN, M. A. **Caracterização Eletroquímica e Termo-Óptica do Alumínio Anodizado Negro**. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Tecnologia Espaciais/Ciência e Tecnologia de Materiais e Sensores) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2020.
- [3] ARAUJO, J. V. S.; *etal.* **O Processo de Anodização do Alumínio e suas Lugas: Uma Abordagem Histórica e Eletroquímica**. *Quim. Nova*, Vol. 44, No. 8, 999-1011, 2021
- Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.21577/0100-4042.20170748>> Acesso em 30 out. 2022.
- [4] NASCIMENTO, G. S. **Estudo das Propriedades Tribológicas e da Resistência à Corrosão de Ligas de NiP Depositadas em Liga de Alumínio para Aplicação Aeroespacial**. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Engenharia Química) - Universidade do Vale do Paraíba, 2019.
- [5] GRUBBS, C.A. **Anodizing of Aluminium**. *Metal Finishing*. v. 98, n. 1, p. 480–496, 2000.
- [6] ALMEIDA, A. M. **Guia Técnico do Alumínio**. São Paulo: ABAL, 1996. v. 3.
- [7] DOMINGUES, J. G. **Anodização Dura em Pistões de Alumínio**. Trabalho de Graduação em Engenharia Mecânica – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2021