

## APLICAÇÃO DO PROCESSO DE GALVANOPLASTIA PARA OBTENÇÃO DE SUPERFÍCIE SELETIVA.

<sup>[1]</sup>Márcia Cristina de Sousa; <sup>[2]</sup>Carlos Thiago C. Cunha; <sup>[2]</sup>Katya D. Nery <sup>[3]</sup>Eudésio O. Vilar

<sup>[1]</sup>*Pós Graduação em Engenharia Química-UFMG.* [marciacrissousa@hotmail.com](mailto:marciacrissousa@hotmail.com)

<sup>[2]</sup>*Pesquisador(a) do LEEq-UFMG* [carlosthiago12@yahoo.com.br](mailto:carlosthiago12@yahoo.com.br); [katyadnasn@hotmail.com](mailto:katyadnasn@hotmail.com)

<sup>[3]</sup>*Unidade Acadêmica de Engenharia Química-UFMG,* [oliveiravilar@gmail.com](mailto:oliveiravilar@gmail.com)

**RESUMO:** O desenvolvimento sustentável tem por enfoque o desenvolvimento tecnológico, desenvolvimento social e o desenvolvimento econômico, garantindo assim a preservação do meio ambiente, beneficiando o homem hoje e no futuro. O coletor solar é um protótipo que em suas características está a função de transferência de calor, que gera energia a partir do meio sustentável, o sol, e transforma essa energia em energia térmica; o protótipo é utilizado no mercado como aquecedor de fluidos, que podem alcançar temperaturas de até 60°C dependendo da intensidade da radiação solar e do local. O coletor possui um tubo concentrador de energia, em que com a sua utilização e o uso de água para a transferência de calor proporcionam viabilidade na captação de energia, influenciando na relação custo-benefício do equipamento. O concentrador altera as relações de ganho e perda de energia do equipamento, por isso, o seu estudo e desenvolvimento, é indispensável no projeto do coletor solar. No desenvolvimento da superfície do concentrador solar foi realizado o a aplicação do processo de tratamento de superfície e a caracterização por espectrofotometria de FTIR. A galvanoplastia deposita uma ou mais camadas metálicas aderentes por meio de eletrólise sobre uma superfície devidamente preparada, para este trabalho o processo galvânico seletivo selecionado foi a Niquelagem por Níquel fumê, que se desenvolveu em bancada laboratorial no Laboratório de Engenharia Eletroquímica na Universidade Federal de Campina Grande em conjunto com a SUNA Engenharia.

**Palavras-chave:** Energia Solar, Coletor Solar, Tratamento de Superfície, Superfície Seletiva.

## 1. INTRODUÇÃO

Este trabalho se detém a aplicação e avaliação do depósito galvânico em placas de aço para obtenção de uma superfície com alta absorção solar a ser utilizada de forma sustentável em um coletor solar. Realizado a montagem do sistema eletroquímico de galvanoplastia no Laboratório de Engenharia Eletroquímica–LEEq na UFCG, em parceria com a SUNA Engenharia. A análise de espectroscopia por FTIR foi realizada no Laboratório CertBio na UFCG; e os insumos galvânicos foram cedidos pela empresa SURTEC do Brasil.

O coletor solar é basicamente um dispositivo que promove o aquecimento de um fluido, água ou ar, através da conversão da radiação eletromagnética do Sol em energia térmica (<sup>[1]</sup>Sade, 2011). O coletor para aquecimento constitui-se de superfícies que simulam um corpo negro, o qual absorve e emite toda radiação que nele incide; no entanto para o coletor é ideal a característica de seletividade.

A fonte de energia a ser utilizada no equipamento em desenvolvimento será o sol, que é uma fonte renovável de energia, a radiação solar é a radiação eletromagnética com uma forma particular de comprimento de onda. A intensidade desta radiação depende basicamente de: condições atmosféricas; época do ano; local (latitude e longitude); hora. (<sup>[2]</sup>Grilo, 2007).

Para se obter o concentrador de energia térmica eficiente é necessário o conjunto de fatores: Substrato a ser utilizado; Metal a ser Depositado; Método de deposição. Neste trabalho foi selecionado para o substrato o aço inox, por sua alta resistência a corrosão, para o metal a ser depositado o Níquel fumê, simulando um corpo negro, para o método de depósito o processo eletroquímico de galvanoplastia se destacou por fornecer a característica de deposição com qualidade na aderência.

O processo de galvanoplastia também conhecido como tratamento de superfície, aplica características de otimização a superfícies, fornecendo ao material revestido maior durabilidade, resistência a corrosão, fins estéticos, características seletivas. Este método é embasado na eletrodeposição, em que consiste na deposição de metais por aplicação de corrente, os metais se encontram sob a anódica em um banho e a superfície a revestir é o cátodo formando um sistema eletrolítico.

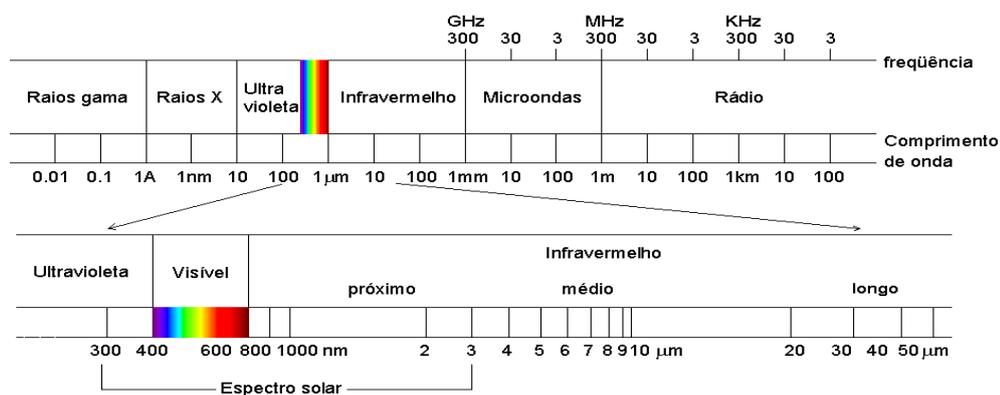
## 2. TEORIA

### 2.1 Fundamentos sobre a Energia Solar

A fonte de energia a ser utilizada no equipamento em desenvolvimento será o sol, que é uma fonte renovável de energia, a radiação solar é a radiação eletromagnética com uma forma particular de comprimento de onda. A intensidade desta radiação depende basicamente de: condições atmosféricas; época do ano; local (latitude e longitude); hora. <sup>(12)</sup>Grilo, 2007).

O sol transmite sua energia pela forma de radiação eletromagnética, esta é um tipo de energia transmitida por diferentes formas de calor e da luz, esta radiação é transcritas no espectro eletromagnético e se estende por comprimentos de ondas; os valores de comprimentos de onda entre 300 e 3000nm é a região de radiação solar que são nomeadas por : ultravioleta, visível e infravermelho mostradas na Figura 1.

Figura 1: Espectro Eletromagnético



Fonte:<sup>(13)</sup>Dornelles, 2008)

Para que a radiação solar seja transformada em energia térmica ou energia elétrica, é necessário um instrumento de conversão, o protótipo em estudo – coletor solar – através da transferência de calor realiza esta conversão de forma eficiente.

### 2.2 Princípio básicos de um Coletor Solar

O coletor solar é basicamente um dispositivo que promove o aquecimento de um fluido, água ou ar, através da conversão da radiação eletromagnética do Sol em energia térmica <sup>(11)</sup>Sade, 2011). O coletor para aquecimento constitui-se de superfícies que simulam um corpo negro, o qual absorve e emite toda radiação que nele incide; no entanto para o coletor é ideal a característica de seletividade.

O coletor solar, na Figura 2, tem 3 componentes relevantes: a calha parabólica, o concentrador solar e a energia solar. As atividades desenvolvidas teve seu enfoque no

concentrador solar. O concentrador solar têm como objetivo a construção de uma superfície seletiva para melhor captação da energia térmica do sol. As superfícies seletivas são as vias absorvedoras de calor dos coletores solares. As superfícies dos materiais, cujo comportamento é seletivo, têm um objetivo específico de melhorar a eficiência do coletor solar elevando a absorbância para a radiação solar e reduzindo as perdas que ocorreriam por radiações emitidas pelo próprio coletor. O concentrador sem a superfície seletiva atinge uma faixa de temperatura de 60°C, com a superfície seletiva atinge uma faixa de 150 a 200°C.

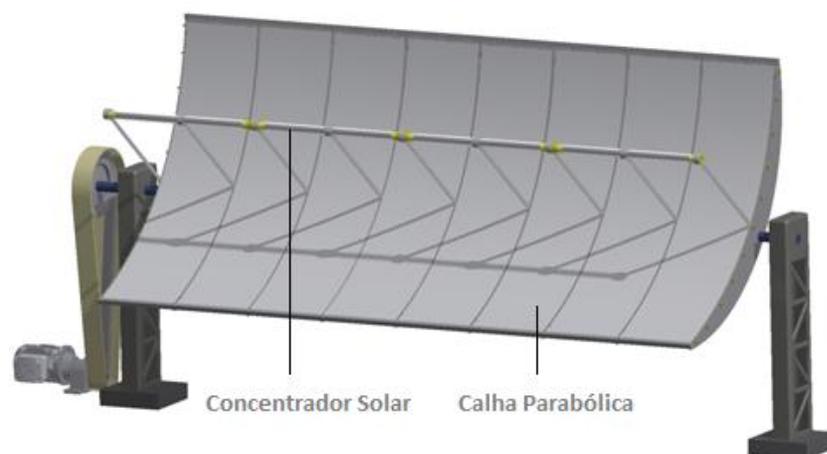
Para se obter o concentrador de energia térmica eficiente é necessário o conjunto de fatores:

- Substrato a ser utilizado: Material a ser revestido, (metal, plástico, madeira), neste trabalho foi selecionado para ser o substrato o metal, aço inox, por apresentar em suas características boa condutibilidade e boa resistência a corrosão.
- Metal a ser depositado: Alguns metais que possuem características seletivas, na utilização e conversão da energia solar em energia térmica sustentável, para a radiação solar são o Níquel negro, o Cromo Negro, Tintas, Revestimentos por conversões químicas, etc.

Selecionou-se o níquel negro tendo em vista sua alta absorção e baixa emissão da radiação solar descritas nas fontes de estudo.

- Método de deposição: Os métodos que podem ser utilizados: deposição química; pintura; eletrodeposição; sputtering. Para este trabalho realizou-se a eletrodeposição que consiste na deposição de metais por aplicação de corrente, os metais se encontram sob a forma iônica em um banho.

Figura 2: Coletor Concentrador de Calha Parabólica



Fonte: <http://www.sunaengenharia.com.br/index.php/pt/projetos/rastreador-solar>  
Acesso em 05/05/2016 às 10:18

### 2.3 Espectroscopia óptica por FTIR

Define-se como espectroscopia o conjunto de técnicas que utilizam a interação da radiação eletromagnética com a matéria para obter informações físicas e químicas de determinado material. Na espectroscopia no infravermelho, utiliza-se a região do infravermelho do espectro eletromagnético, que corresponde aos comprimentos de onda( $\lambda$ ) maiores que  $0,7\mu\text{m}$  até  $1\text{ mm}$ .<sup>[4]</sup>Lima, 2015)

Quando um feixe de luz atravessa ou é refletido por uma amostra, a quantidade de luz absorvida ( $I_a$ ) será a diferença entre a radiação incidente ( $I_0$ ) e a radiação transmitida ( $I$ ).

Figueira (<sup>[5]</sup>Figueira et al., 2012; Lavorenti, 2002) destacou que o espectro de absorção óptica de uma amostra é o registro obtido da intensidade da luz absorvida em função do comprimento de onda. Em geral, em vez da intensidade da luz absorvida, o que se registra no espectro é o logaritmo da relação entre a intensidade da luz incidente  $I_0$  e a intensidade da luz transmitida  $I$ . Tal grandeza é chamada de absorbância ( $A_{bs}$ ) ou densidade óptica e é dada pela equação (1):

$$A_{bs} = \log\left(\frac{I_0}{I}\right) \quad (1)$$

A relação entre  $I$  e  $I_0$  é dada pela equação (2), onde  $A$  é o coeficiente de absorção e  $x$  é a espessura da amostra.

$$I = I_0 \exp(-Ax) \quad (2)$$

### 2.4 Determinação da massa a ser depositada.

Para que reações de eletrorredução e eletrooxidação ocorram numa célula eletroquímica, elétrons devem fluir através de um circuito externo conectado a dois eletrodos e a uma fonte que induza uma diferença de potencial suficiente para que as reações na interface eletrodo/eletrólito aconteçam. Por essa razão, a intensidade de corrente  $i$  se torna uma medida conveniente da taxa de reação (coulomb/s) enquanto a carga  $Q$ , que passa durante um tempo  $t$  de eletrólise, indica a quantidade total de massa ou número de moles transformados pelas reações.

A massa da substância eletrolisada em qualquer dos elementos é diretamente proporcional à quantidade de carga elétrica que atravessa a solução, correlacionando a Primeira lei de Faraday<sup>[6]</sup>Vilar, 2013).

Considerando o produto da carga de um elétron pelo número de avogadro de elétrons, irá se obter a Equação 3

$$Q = nve(e.Ne) \quad (3)$$

Onde 'e' é a carga do elétron ( $e=1,6.10^{-19}$ ), 've' é o número estequiométrico de elétrons, 'Ne' é o número de avogadro. O nve é a constante de Faraday, se isolando o número de mol, na Equação 4, vai se obter.

$$n = \frac{Q}{veF} \quad (4)$$

considerando  $n = \frac{m}{PM}$

Sabendo que a carga passa pelo sistema durante um tempo de eletrólise t, tem-se a equação

$$Q = \int_0^t Idt \quad (5)$$

Relacionando as Equações (3)-(4)-(5) obteve-se a Equação (6) da massa transferida pelo processo de deposição eletroquímica.

$$m = \frac{I.t.PM}{v.e.F} \quad (6)$$

A Equação 7, onde K é relação da constante de Faraday e dos moles do componente químico utilizado, dado em gramas/micrometros.

$$m = ItK \quad (7)$$

### 3. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

#### 3.1 *Para a preparação dos corpos de prova*

Foram usados os seguintes materiais: Aço Inox 304L, Fios de cobre; Solda "eletrônica" Resina acrílica: Mcoat-D da M&M (micro measurements-USA).

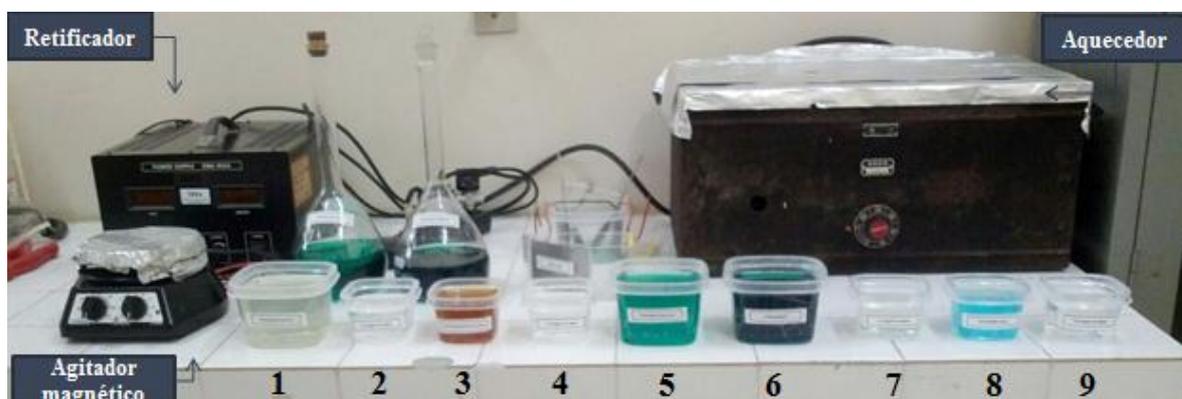
#### 3.2 *Para o sistema de deposição por eletrodeposição-Galvanoplastia*

Foram utilizados os seguintes equipamentos: Termostato usado para elevação ou constância da temperatura; Retificador para aplicação da corrente elétrica; Vidrarias de laboratório para posicionamento das amostras; pHmetro; Agitador magnético; Balança analítica; Recipientes de PP.

Foram utilizados os seguintes insumos para o banho galvânico: Niquelagem Brilhante - Sulfato de Níquel, Cloreto de Níquel, Ácido Bórico, aditivos (Nivelador, abrillantador, purificador); Desengraxante químico; Desengraxante eletrolítico; Ativador do aço inox; Níquel fumê; Anodo de Níquel

Na figura 3 mostra a metodologia do processo de galvanoplastia seguida em bancada experimental no LEEq-UFCG.

Figura 3: Processo de Galvanoplastia utilizado no LEEQ-UFCG: (1) Desengraxante químico (2) Lavagem em água; (3) Desengraxante eletrolítico; (4) Lavagem em água; (5) Ativação Inox (6) Niquelagem; (7) Lavagem em água (8) Níquel Fumê; (9) Lavagem em água.



Na Figura 4 tem o sistema eletroquímico de Niquelagem, que ilustra o sistema eletroquímico com o retificador o agitador magnético e o banho galvânico, ao lado esquerdo está o banho galvânico ampliado, destacando o anodo e o cátodo.

**Figura 4:** Sistema eletroquímico



### 3.3 Metodologia empregada no processo de galvanoplastia.

Para a deposição foi necessário seguir uma sequência que fornecesse qualidade na aderência e na obtenção da característica de seletividade. O procedimento adotado neste trabalho foi o seguinte:

- a) Montagem das amostras (12cm<sup>2</sup> por 1mm de espessura), onde se realizou uma soldagem com fio de cobre, e em uma das faces foi isolado com a resina acrílica. Foi soldado também o anodo de níquel num fio único de cobre.
- b) Preparação do banho de niquelagem, do ativador de inox, do níquel fumê, utilizando balança analítica, vidrarias de laboratórios (Becker, balão volumétrico, espátula, pipeta, pisseta), e dos sais e aditivos referentes ao banho.
- c) Preparação dos recipientes a ser depositado na sequência da deposição nas amostras. Foi adquirido Polietileno (PP) N°5 que resiste a faixa de temperatura de -10°C à 110°C, é inerte e resiste a reagentes químicos.
- d) Como a amostra é de aço inox, é necessário atacar a superfície para ter melhor aderência na deposição, se utilizou um ativador de inox com aplicação de uma densidade de corrente elétrica.
- e) Galvanização: este processo consiste na eletrodeposição de um metal, sobre outro metal, cátodo, num banho específico de sais de metais com o uso de uma densidade de corrente elétrica, com controle de temperatura de pH, em sequência se utiliza de lavagens em água destilada antes de passar para o próximo banho.
- f) Para se obter uma superfície escura com característica seletiva, próximo passo consistiu na deposição eletroquímica do níquel fumê.
- g) Após todo o processo, a amostra foi secada em estufa.

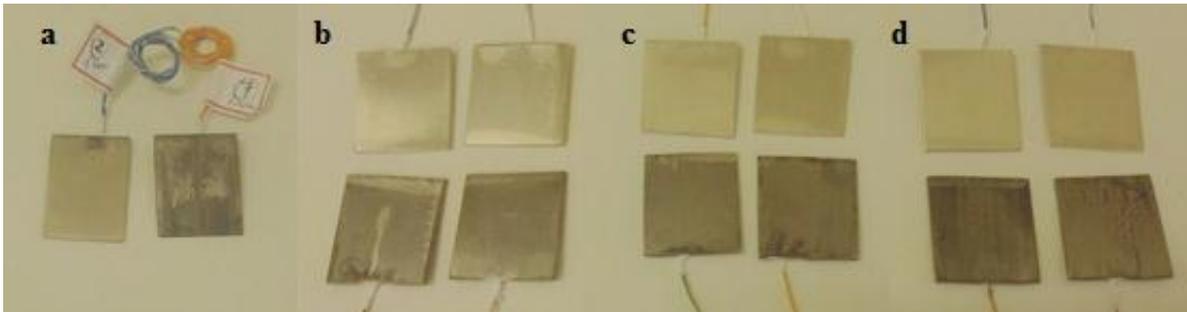
## 4. RESULTADO E DISCUSSÕES

Os depósitos foram realizados e separados de acordo com a espessura de micrômetros depositados, onde de acordo com o Manual técnico dos insumos da SURTEC<sup>[7]</sup>Castro,2012) a variação do tempo e da corrente determinam a quantidade do metal está sendo depositada no substrato.

Separou-se 14 amostras variando a espessura e depositando Níquel Brilhante(NB) e Níquel Fumê(NF), onde na Figura.. se destaca o NB por ser o depósito mais claro, e o NF se destaca

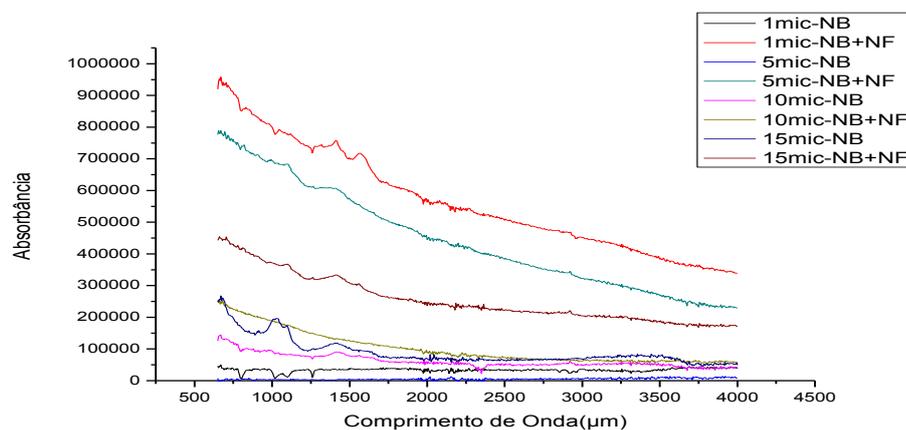
por ser o depósito mais escuro; onde no índice da Figura 5, 'a' é referência a deposição de 1 $\mu$ m, 'b' é referência a deposição de 5 $\mu$ m, 'c' é referência a deposição de 10 $\mu$ m e 'd' é referência a deposição de 15 $\mu$ m.

Figura 5: Amostras galvanizadas por NB e NF em diferentes espessuras: a(1 $\mu$ m)-b(5 $\mu$ m)-c(10 $\mu$ m)-d(15 $\mu$ m)



A caracterização por espectroscopia de emissão óptica foi realizada por um espectrofotômetro Perkin Elmer Spectrum 400 FT-IR FT-NIR no Laboratório CertBio na UFCG, separou-se as 14 Amostras eletrodepositadas e obteve-se os resultados de absorvância de acordo com o comprimento de onda no Infravermelho dos filmes de Ni depositados, na Figura 6.

**Figura 6:** Gráfico de comparação das amostras caracterizadas no FTIR.



A análise de espectroscopia de emissão óptica por FTIR determinou a absorvância das amostras, onde as amostras do Niquel Brilhante com o Niquel Fumê obtiveram valores de absorvância baixo. Em comparação da análise de microscopia óptica com a espectroscopia por FTIR, pode-se observar que as amostras com deposições menores (1 $\mu$ m e 5 $\mu$ m), possui

maior quantidade de poros e consegue absorver com melhor dimensão o Níquel Fumê, obtendo maiores absorbância em relação as demais amostras.

## 5. CONCLUSÕES

A aplicação do processo de galvanoplastia foi realizado em bancada laboratorial com observância dos parâmetros de variação de pH, de corrente e de temperatura, utilizando as concentrações determinadas nos manuais técnicos da SURTEC. Pode-se observar a que o depósito foi eletrodepositado como o esperado, as amostras obtiveram qualidade na aderência do metal no substrato.

As amostras galvanizadas do Níquel Brilhante com o Níquel Fumê seguiram o padrão do manual técnico da SURTEC nas suas deposições, no entanto a característica de seletividade exige uma coloração da aplicação do níquel fumê com mais intensidade no seu escurecimento. O resultado obtido não foi satisfatório no âmbito de obtenção de maior absorbância da emissão óptica do espectro solar. As amostras precisam otimizar o escurecimento, logo como referência para outros trabalhos a não utilização do Banho galvânico do Níquel Fumê para a obtenção da característica de seletividade.

## 6. REFERÊNCIAS

[1] Sade W.; **“Produção de Superfícies Seletivas de Ni/NiO para aplicações em Coletores Solares”** Tese de Doutorado-BH, 8/8/2011.

[2] Grilo, M. B.; **“Fundamentos da energia solar: conceitos básicos e aplicações.”** Campina Grande: Editora Universitária da UFCG, Campina Grande, 2007.

[3] Dornelles K.A.; **“Absortância Solar de Superfícies opacas: métodos de determinação e base de dados para tintas látex acrílica e PVA”**. Campinas-SP 2008; Tese de doutorado

[4] Lima, Cássio.; **“Caracterização Bioquímica de Lesões Neoplásicas via Espectroscopia de Absorção no Infravermelho por Transformada de Fourier.”** Dissertação de Mestrado-Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares. São Paulo, 2015.

[5]Figueira, L.; **“Espectroscopia Vibracional (no Infravermelho e Raman) e Espectrofotometria de Absorção UV-VIS dos Óleos de Buriti (Mauritia Flexuosa) e de Patauá (Oenocarpus Bataua).”** Tese de Mestrado em Recursos Naturais-UFOPA Pará, 2012.

[6]Vilar, E.; **“Laboratório de Engenharia Química I - UFCG.”** Versão 2013.2, Campina Grande-Pb, 2013

[7]Castro,E.; **“Manual técnico tratamento de superfícies”**. 4ª edição, Brasil, 2012