

**INSTITUTO FEDERAL CATARINENSE – CAMPUS ARAQUARI  
GIRRÁH GADOTTI, GIULIA AGUIAR FERREIRA, JÉSSICA  
KAROLLAYNE CORDEIRO FERREIRA, LEILA BUSS MEURER,  
STEFANY MILANI, THAINA NARDINO**

**SÍNTESE E CARACTERIZAÇÃO DO COMPLEXO FERROPIRIDINA  
COM APLICAÇÃO EM REAÇÃO DE TRANSESTERIFICAÇÃO DE  
ÓLEOS RESIDUAIS**

**ARAQUARI/SC**

**2019**

**INSTITUTO FEDERAL CATARINENSE – CAMPUS ARAQUARI  
GIRRÁH GADOTTI, GIULIA AGUIAR FERREIRA, JÉSSICA  
KAROLLAYNE CORDEIRO FERREIRA, LEILA BUSS MEURER,  
STEFANY MILANI, THAINA NARDINO**

**SÍNTESE E CARACTERIZAÇÃO DO COMPLEXO FERROPIRIDINA  
COM APLICAÇÃO EM REAÇÃO DE TRANSESTERIFICAÇÃO DE  
ÓLEOS RESIDUAIS**

Trabalho Final do Projeto de Iniciação Científica Integrada (PIC-QUIMI) apresentado ao Instituto Federal Catarinense – Campus Araquari como parte complementar à matriz curricular do Curso Técnico em Química Integrado ao Ensino Médio.

Orientador: Fernando Mattiucci Marques

Coorientadora: Renata da Silva Heying

**ARAQUARI/SC**

**2019**

## RESUMO

A importância da utilização de catalisadores nas indústrias ou em processos laboratoriais tem crescido pelas diversas vantagens apresentadas, como a produção de compostos em maior escala, menor tempo, melhor qualidade, menor custo e com menor utilização de recursos energéticos. Uma das aplicações dos catalisadores é na reação de transesterificação, que utiliza como reagentes triglicerídeos e álcool, formando ésteres de ácidos graxos e glicerol. O Biodiesel é um exemplo de éster de ácido graxo, um combustível vindo de fontes renováveis de energia, pouco poluente e biodegradável, e o investimento na produção desse combustível pode ajudar a inibir a emissão de gases poluentes na atmosfera. O objetivo da pesquisa foi produzir um catalisador com cloreto férrico (III) ( $\text{FeCl}_3$ ) e piridina ( $\text{C}_5\text{H}_5\text{N}$ ) para a produção de biodiesel com o óleo residual da cozinha do Instituto Federal Catarinense – Campus Araquari. O catalisador foi feito pela complexação do ferro com o ligante piridina em sistema de refluxo a 80 °C e, em seguida, purificado com éter de petróleo. O complexo sintetizado neste trabalho foi caracterizado com a técnica de espectroscopia de absorção eletrônica na região do UV-vis e espectroscopia vibracional na região do IV (FTIR). Após esses procedimentos, foi realizado a síntese de transesterificação que consiste na obtenção do biodiesel de ésteres monoalquílicos. Primeiramente, o biodiesel foi obtido a partir de óleo vegetal de soja limpo, realizando-se depois, a síntese do biodiesel a partir de óleo residual. A caracterização do biodiesel foi realizada pela cromatografia em camada delgada (CCD). A partir das caracterizações realizadas pode-se observar a formação de um possível complexo, e através da caracterização do biodiesel observou-se sua formação com os dois tipos de óleos trabalhados. Além disso, o biodiesel obtido com óleo limpo apresentou rendimento de 70%, enquanto o com óleo usado, apenas 15%.

**Palavras-chave: Catalisador; ferropiridina; biodiesel.**

## ABSTRACT

The importance of using catalysts in industries or laboratory processes has grown due to several advantages, such as the production of compounds on a larger scale, shorter time, better quality, lower cost and less use of energy resources. One of the applications of the catalysts is in the transesterification reaction, which uses triglycerides and alcohol as fatty acid and glycerol esters. Biodiesel is an example of fatty acid ester, a fuel from renewable sources of energy that is clean, little polluting and biodegradable, and investing in the production of this fuel can help to inhibit the emission of polluting gases into the atmosphere. The main goal of this research was to produce a catalyst with ferric chloride (III) ( $\text{FeCl}_3$ ) and pyridine ( $\text{C}_5\text{H}_5\text{N}$ ) for the production of biodiesel with kitchen waste oil from the Federal Institute of Santa Catarina - Campus Araquari. The catalyst was made by complexing the iron with the pyridine binder in a reflux system at  $80\text{ }^\circ\text{C}$  and then purified with petroleum ether. The complex synthesized in this work was characterized by the technique of electronic absorption spectroscopy in the UV-vis region and vibrational spectroscopy in the IR region (FTIR). After these procedures, transesterification synthesis was performed, which consists in obtaining biodiesel from monoalkyl esters. First, biodiesel was obtained from clean soybean vegetable oil, followed by the synthesis of biodiesel from residual oil. The characterization of biodiesel was performed by thin layer chromatography (CCD). From the realized characterizations it is possible to observe the formation of a possible complex, and through the characterization of the biodiesel it was observed its formation from clean and used oils. Besides that, the biodiesel obtained with clean and used oils presented yield of 70% and 15%, respectively.

**Keywords: Catalysts; iron pyridine; biodiesel.**

## SUMÁRIO

<b>1 TEMA .....</b>	<b>5</b>
1.1 DELIMITAÇÃO DO TEMA .....	5
1.2 OBJETIVOS.....	5
1.2.1 <i>Geral</i> .....	5
1.2.2 <i>Específicos</i> .....	5
<b>2 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>6</b>
<b>3 FUNDAMENTAÇÃO.....</b>	<b>7</b>
3.1 CATALISADOR .....	7
3.2 COMPLEXOS METÁLICOS.....	7
3.3 BIODIESEL.....	8
<b>4 MÉTODO .....</b>	<b>10</b>
4.1 SÍNTESE DO COMPLEXO.....	10
4.2 ESPECTROSCOPIA DE ABSORÇÃO VIBRACIONAL NA REGIÃO DO INFRAVERMELHO.....	10
4.3 ESPECTROSCOPIA DE ABSORÇÃO ELETRÔNICA NA REGIÃO DO UV-VIS.....	10
4.4 SÍNTESE DO BIODIESEL.....	11
4.4.1 <i>Biodiesel com óleo de soja limpo</i> .....	11
4.4.2 <i>Biodiesel com óleo de soja residual</i> .....	11
4.5 CARACTERIZAÇÃO DO BIODIESEL.....	11
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>12</b>
5.1 ESPECTROSCOPIA DE ABSORÇÃO VIBRACIONAL NA REGIÃO DO INFRAVERMELHO.....	12
5.2 ESPECTROSCOPIA DE ABSORÇÃO ELETRÔNICA NA REGIÃO DO UV-VIS..	13
5.3 CARACTERIZAÇÃO DO BIODIESEL.....	14
<b>6 CONCLUSÃO.....</b>	<b>16</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>17</b>
<b>ANEXO 1.....</b>	<b>19</b>

## 1 TEMA

Síntese e caracterização do complexo metálico com aplicação em reação de transesterificação de óleos residuais.

### 1.1 DELIMITAÇÃO DO TEMA

Este estudo limita-se na síntese do complexo ferropirina aplicado na produção de Biodiesel com óleos residuais do refeitório do Instituto Federal Catarinense – Campus Araquari e com óleo limpo.

### 1.2 OBJETIVOS

#### 1.2.1 *Geral*

Síntese e caracterização do complexo ferropiridina para atuar como catalisador na produção de biodiesel com óleos limpo e usado.

#### 1.2.2 *Específicos*

- \* Sintetizar o complexo ferropiridina;
- \* Caracterizar o complexo por meio da espectroscopia eletrônica na região UV-vis e vibracional na região do infravermelho;
- \* Produzir biodiesel a partir de óleos limpo e usado, sendo este último retirado do refeitório do IFC- Araquari;
- \* Caracterizar o biodiesel por meio da cromatografia em camada delgada.

## 2 INTRODUÇÃO

A necessidade de otimizar processos industriais para obtenção de produtos em maior escala, menor tempo, melhor qualidade, menor custo e com menor utilização de recursos energéticos tem levado tanto pesquisadores quanto empresários a investir em estudos sobre catalisadores. Isso se deve ao fato de grande parte dos processos realizados pelas indústrias atuais utilizarem, em pelo menos um momento, um processo de catálise, tendo grande importância na produção de diversos produtos, como: fármacos, perfumarias, cosméticos, agroquímicos, polímeros e petroquímicos (BERNARDO-GUSMÃO, *et al*, 2017).

O Brasil atingiu nos últimos anos a 15<sup>a</sup> posição no ranking de pesquisa sobre processos catalíticos, representando 1,80% da produção mundial de artigos científicos sobre o tema. A porcentagem, segundo Bernardo-Gusmão (2017), ainda é baixa, mas, para os próximos anos, ela tende a aumentar, o que é um fator positivo, já que no âmbito de negócios a área de catalisadores é mundialmente promissora (SUBRAMANIAN, 2015).

O processo de produção de biodiesel tem atraído um grande interesse na indústria, visando a diminuição da emissão de gases poluentes na atmosfera. O biodiesel é um combustível pouco poluente, biodegradável e alternativo aos fósseis, que necessita passar por uma reação de transesterificação, processo catalisado na maioria das vezes por catalisadores alcalinos e homogêneos (COSTA, 2011).

Considerando o estudo na área de desenvolvimento de catalisadores, o presente estudo tem como objetivo primário obter o complexo ferropiridina, um sólido de caráter metálico que pode ser aplicado como catalisador em diversos processos, incluindo a produção de biodiesel. O objetivo secundário será produzir biodiesel a partir de óleos residuais, uma medida ambientalmente sustentável e eficaz, imprimindo utilidade para esse material usualmente descartado, e muitas vezes de forma indevida, contribuindo na contaminação do solo e da água.

### 3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

#### 3.1 CATALISADOR

Há várias décadas, os catalisadores ocupam um lugar significativo de importância na indústria química, já que cerca de 80% das reações químicas passam por pelo menos um processo catalítico. Reações catalisadas, por sua vez, possuem grande importância na área da ciência e tecnologia. Inclusive, no último milênio, o tema foi agraciado com quatro prêmios Nobel voltados à essa temática (BERNARDO-GUSMÃO, K. *et al*, 2017).

Segundo o Gold Book da IUPAC, catalisador é uma substância que aumenta a taxa de desenvolvimento ou a velocidade de uma reação sem modificar a variação de energia livre padrão de Gibbs na reação. O fenômeno de agilizar reações a partir de um catalisador é chamado de catálise, que pode ser classificada como homogênea - apenas uma fase está envolvida entre o reagente e o catalisador (ex: compostos ácidos e básicos com baixo peso molecular utilizados em solução) – e heterogênea - reação ocorre em ou perto de uma interface entre as fases, com catalisadores classificados em: zeólitas, óxidos e sais inorgânicos, haletos metálicos, argila, entre outros. O termo catálise também é frequentemente usado quando a substância é consumida na reação (por exemplo: hidrólise catalisada por base de ésteres). Estritamente, tal substância deveria ser chamada de ativador (BERNARDO-GUSMÃO, *et al*, 2017).

O emprego de catalisadores na indústria moderna é baseado em alguns parâmetros de eficiência deles, tais como: ser economicamente viável, ter vida útil extensa e ser estável nas reações e nas condições térmicas (SILVA, 2008).

#### 3.2 COMPLEXOS METÁLICOS

Os metais do bloco “d” da tabela periódica (ou metais de transição) têm tendência a perder elétrons ao formarem compostos, por conta de diversas propriedades químicas que são únicas para esses elementos. Grande parte deles possuem mais de um estado de oxidação, ou seja, o mesmo elemento pode perder um ou mais elétrons (ATKINS, P.W.; JONES, L., 2012). Por conta de todas essas características, os complexos são formados a partir do compartilhamento de pares eletrônicos (ligação coordenada) entre um íon metálico e uma espécie que forneça elétrons, esta última denominada “ligante” (OLIVEIRA, I. M. F. *et al*, 2009). Os ligantes possuem ao menos um par de elétrons livres com os quais se ligam ao íon

ou átomo central por covalência coordenada (ATKINS, P.W.; JONES, L., 2012). Sendo assim, essa reação pode ser tratada segundo a teoria ácido-base de Lewis: “Ácidos são espécies receptoras de pares de elétrons e bases são espécies doadoras de pares de elétrons. Essa definição inclui as reações de formação de complexos na categoria das reações ácido-base”, como mostra o Esquema 1. O íon metálico age como o ácido de Lewis e o ligante, como base de Lewis (OLIVEIRA, I. M. F. *et al*, 2009).



Esquema 1 - Representação de um metal de transição como um aceptor de par de elétrons (ácido de Lewis) e um ligante como um doador de par de elétrons (base de Lewis).

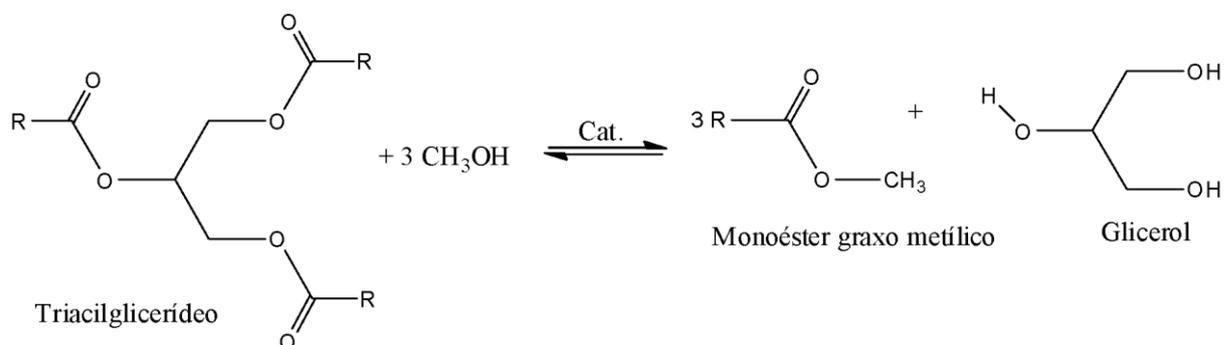
O primeiro complexo metálico reconhecido oficialmente foi o Azul da Prússia (ferrocianeto férrico), de fórmula molecular  $C_{18}Fe_7N_{18}$ , sintetizado acidentalmente por Heinrich Diesbach, que era químico e pintor, no ano de 1704. Entretanto, foi somente no final do século XIX que a Química de Coordenação evoluiu para novas descobertas importantes, dentre elas a produção de fármacos e utilização de complexos como catalisadores, sendo esta última possível através da modelação desses compostos a partir da coordenação dos ligantes que devem atender aos tipos de mecanismo, formando os produtos de interesse (CANTANHEDE, L. B., 2013).

### 3.3 BIODIESEL

O biodiesel é um combustível renovável capaz de substituir os combustíveis fósseis, pois além de ser economicamente viável, ele é capaz de sanar os problemas causados pelos combustíveis tradicionais por ser biodegradável e livre de enxofre e/ou compostos aromáticos (FERRARI, R. A. *et al*, 2005). No Brasil, a produção de biodiesel se adapta às safras disponíveis em cada região, sendo que no norte do país as culturas de maior abundância para este fim são palma e soja; no nordeste, palma, babaçu, soja, mamona e algodão; no centro oeste, a soja, algodão, mamona e girassol; no sudeste, soja, mamona, algodão e girassol e no Sul, soja, girassol, colza e algodão (PINTO, A.C. *et al*, 2009). A combustão de cada litro de biodiesel libera de 1,1 a 1,2 vezes a quantidade de  $CO_2$  liberada na atmosfera por um litro de diesel convencional. Todavia, esse combustível produzido a partir de

sementes oleaginosas permite que se estabeleça um ciclo fechado de carbono, no qual o CO<sub>2</sub> é absorvido quando a planta cresce e é liberado quando o biodiesel é queimado na combustão do motor. Os óleos vegetais e seus derivados são combustíveis de origem vegetal, daí que a quantidade de dióxido de carbono resultante da sua combustão seja sensivelmente a mesma que a absorvida, através da fotossíntese, pelas plantas que estiveram na sua origem. Sendo assim, estes combustíveis, contrariamente aos combustíveis fósseis derivados do petróleo, não desequilibram o ciclo de CO<sub>2</sub>, sem agravar, portanto, o efeito de estufa (FACCINI, C.S., 2008).

O processo químico empregado para a produção de biodiesel e mais usado industrialmente é o da transesterificação (Esquema 2) ou alcoólise, na qual o óleo vegetal triglicéridico reage com um álcool na presença de um catalisador para formar ésteres monoalquílicos e glicerina. Esta transformação ocorre em três etapas sequenciais: inicialmente, as moléculas de triacilgliceróis são convertidas em diacilglicerol, depois em monoacilglicerol e, finalmente, em glicerina, produzindo um mol de éster a cada etapa reacional (FACCINI, C.S., 2008).

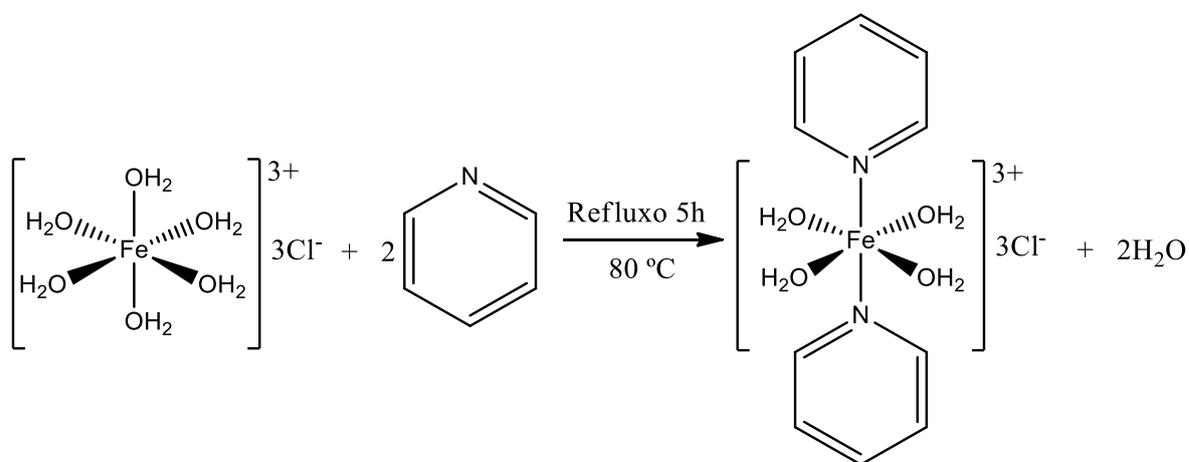


Esquema 2 - Reação geral de transesterificação para a obtenção do Biodiesel.

## 4 MÉTODOS

### 4.1 SÍNTESE DO COMPLEXO

A síntese do complexo ferropiridina foi realizada a partir da mistura entre cloreto de ferro (III) (0,2 mol) e piridina (0,12 mol) em etanol e mantido em refluxo a 80 °C sob agitação durante 5 horas. A mistura reacional foi filtrada e lavada com éter de petróleo gelado. Após a purificação e evaporação do solvente na estufa a 70 °C, o produto obtido foi caracterizado. No Esquema 3, está o esquema de reações até a formação do complexo.



Esquema 3 - Formação do complexo ferropiridina após refluxo em 80°C por 5 horas.

### 4.2 ESPECTROSCOPIA DE ABSORÇÃO VIBRACIONAL NA REGIÃO DO INFRAVERMELHO

O espectro de infravermelho foi obtido para a amostra em pastilhas de KBr, em um espectrômetro da marca Bruker modelo Vertex 70V, fonte global, detector HgCdTe (MCT), abertura de fenda 1,5 mm, velocidade de escaneamento 160 Hz. As medidas foram realizadas na região de 4000 a 450  $\text{cm}^{-1}$  com resolução de 8  $\text{cm}^{-1}$  e 256 acumulações.

### 4.3 ESPECTROSCOPIA DE ABSORÇÃO ELETRÔNICA NA REGIÃO DO UV-VIS

As medidas de absorção eletrônica na região do UV-vis foram realizadas com um espectrofotômetro da marca Shimadzu modelo UV-1800.

## 4.4 SÍNTESE DO BIODIESEL

### 4.4.1 Biodiesel com óleo de soja limpo

Para a reação de transesterificação, o catalisador ferropiridina (0,71g) foi dissolvido em 16 mL de metanol, sendo essa mistura colocada no óleo de soja (25 mL) sob agitação à 40°C.

### 4.4.2 Biodiesel com óleo de soja residual

Para a reação de transesterificação com óleo residual, foram utilizados 1,41g do catalisador ferropiridina e 40 mL de metanol, com a finalidade de se obter um melhor resultado. Antes de iniciar o processo de síntese, o óleo foi aquecido à 100°C para que a água contida nele evaporasse. A mistura de álcool, catalisador e óleo foi mantida sob agitação à 40°C. A mistura reacional foi transferida para um funil de separação de 250 mL. Após 15 minutos, a fase inferior (glicerol mais impurezas) foi descartada e a fase superior (biodiesel) que ficou no funil de separação foi lavada com 50 mL de solução aquosa de ácido clorídrico (0,5%, v/v). A fase inferior (aquosa) foi descartada em um frasco e a fase superior (biodiesel), coletada.

## 4.5 CARACTERIZAÇÃO DO BIODIESEL

A caracterização do biodiesel foi realizada através da técnica de CCD utilizando placas de sílica. As amostras dos biodieseis de óleos vegetais (limpo e usado) foram dissolvidos em hexano. A fase móvel foi constituída de uma mistura de hexano-éter etílico (4:1 v/v). Após a eluição, a cromatoplaça foi revelada com vapores de iodo.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 ESPECTROSCOPIA DE ABSORÇÃO VIBRACIONAL NA REGIÃO DO INFRAVERMELHO

O espectro vibracional foi interpretado com base em estudos de compostos semelhantes disponíveis na literatura. Na Figura 1, pode ser visto o espectro, bem como as atribuições das principais bandas observadas para o complexo.

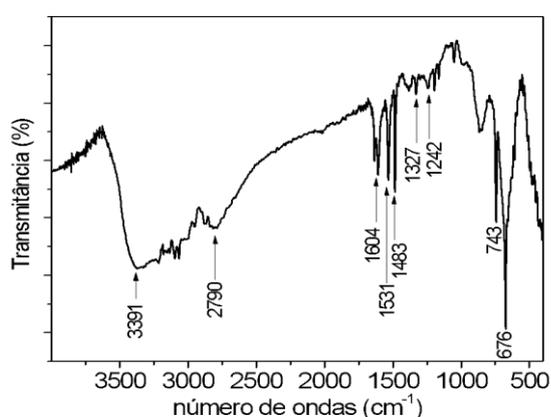


Figura 1 - Espectroscopia de absorção vibracional na região do infravermelho do complexo ferropiridina.

No espectro da Figura 1, pode ser observado um conjunto de bandas em 676 e 743  $\text{cm}^{-1}$  referente a ligação C-H fora do plano de curvatura do movimento do anel aromático. Em 1327  $\text{cm}^{-1}$ , aparece uma banda de absorção pouco intensa referente as vibrações de estiramentos simétrico e assimétrico atribuídos a ligação C-N. Os modos vibracionais referentes às bandas de intensidade média observadas em 1604  $\text{cm}^{-1}$  e 1531  $\text{cm}^{-1}$  estão relacionados às ligações C=C do anel benzênico da piridina. Em 2790 e 2879  $\text{cm}^{-1}$ , observa-se bandas características de deformação axial assimétrica C-H do anel aromático. É possível observar uma banda larga centrada em torno de 3400  $\text{cm}^{-1}$ , podendo ser atribuída às vibrações de deformação axial das hidroxilas ( $\nu$  (OH)) que ocorrem normalmente na região de 3650-3200  $\text{cm}^{-1}$ . A Tabela 1 apresenta as atribuições de bandas de absorção na região do infravermelho do complexo em comparação com as bandas de absorção do ligante piridina e do cloreto férrico hexahidratado seguindo a literatura (SILVERSTEIN, R. M. *et al*, 2005). Não foi possível observar a banda vibracional da ligação ferro por conta da limitação da

pastilha de KBr, sendo visto apenas a deformação axial das hidroxilas, pois o composto é coordenado com o ligante aqua. Os espectros de absorção na região do infravermelho da piridina e do cloreto férrico hexahidratado foram obtidos do *Spectral Database for Organic Compounds SDBS* e estão contidos no Anexo 1.

Tabela 1 – Atribuições dadas por cada banda

Atribuições tentativas	Complexo Banda( $\text{cm}^{-1}$ )	Piridina Banda ( $\text{cm}^{-1}$ )	Cloreto Férrico Banda ( $\text{cm}^{-1}$ )
$\gamma$ C-H	676, 743	695, 750	-
$\nu$ C-N	1327	1355	-
$\delta_s$ -( $\text{CH}_2$ )-	1483	1483	-
$\nu$ C=C	1531, 1604	1574, 1598	-
$\nu_{\text{as}}$ (C-H)	2790, 2879	2910, 2956	-
$\nu$ (C-H) <sub>ar</sub>	3101, 3070	3141, 3079	-
$\nu$ O-H ( $\text{H}_2\text{O}$ )	3391	-	4600

Legenda:  $\nu$  - deformação axial;  $\delta$  - deformação angular no plano;  $\gamma$  - deformação angular fora do plano.

## 5.2 ESPECTROSCOPIA DE ABSORÇÃO ELETRÔNICA NA REGIÃO DO UV-VIS

Os reagentes e o complexo foram analisados comparando-se os espectros obtidos. Essa comparação foi feita mediante espectros realizados com o mesmo solvente. A Figura 2 mostra os espectros de absorção eletrônica na região do UV-vis dos reagentes (piridina e cloreto férrico) e o produto formado (complexo), todos com concentração de  $2 \times 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$ .

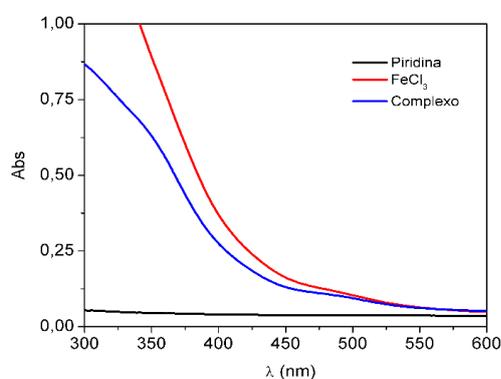


Figura 2 - Espectroscopia de absorção eletrônica na região do UV-vis do complexo ferropiridina.

Através dos espectros obtidos na Figura 2, é possível observar o espectro característico da formação de um complexo de ferro com uma banda em 480 nm e um ombro em 345 nm ( $n-\pi^*$ ), transição do tipo LMCT. A banda característica em 480 nm é referente a transição d-d do complexo de ferro e do cloreto férrico. O ombro característico do complexo em 345 nm pode ser atribuído a uma possível transição  $n-\pi^*$ . O ligante piridina possui bandas de absorção características abaixo de 300 nm, por isso não foi possível observar banda de absorção no espectro.

### 5.3 CARACTERIZAÇÃO DO BIODIESEL

A conversão do óleo vegetal em ésteres metílicos foi acompanhada qualitativamente através da CCD, sendo esta uma técnica muito simples e bastante eficaz na comprovação (FROEHNER, S.; LEITHOLD, J., 2007). A Figura 3 mostra as cromatoplasas referente ao biodiesel obtido com óleo virgem (soja) e com óleo usado.

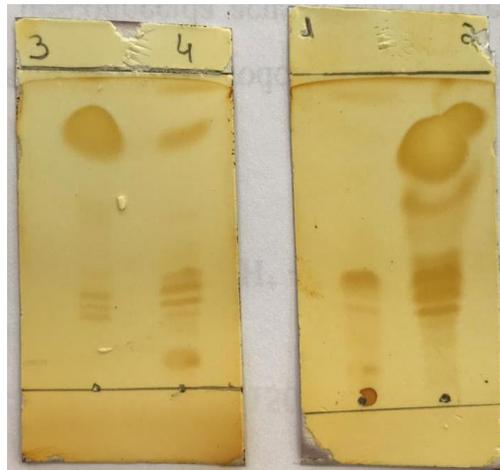


Figura 3 – Cromatoplasas referente a: 1 óleo virgem (padrão) e 2 biodiesel obtido de óleo virgem. 3 biodiesel obtido do óleo usado e 4 óleo usado.

As substâncias menos polares avançam mais rapidamente que as substâncias mais polares. Esta diferença na velocidade resultará em uma separação dos componentes da amostra. Quando estiverem presentes várias substâncias, cada uma se comportará segundo suas propriedades de solubilidade e adsorção, dependendo dos grupos funcionais presentes na sua estrutura. Cada “mancha” corresponde a um componente presente na mistura original.

Através das cromatoplasmas foi possível calcular o fator de retenção (Rf) e estão listados na Tabela 2. O Rf é definido como a razão entre a distância percorrida pela mancha do componente e a distância percorrida pelo eluente (FROEHNER, S.; LEITHOLD, J., 2007).

Portanto:

$$Rf = d_c / d_s$$

Onde:

$d_c$  = distância percorrida pelo componentes da mistura.

$d_s$  = distância percorrida pelo eluente.

Tabela 2: Cromatografia em camada delgada – fatores de retenção (Rf)

<b>Compostos</b>	<b>Óleo virgem (soja)</b>	<b>Biodiesel de óleo virgem (soja)</b>	<b>Biodiesel de óleo usado (soja)</b>	<b>Óleo usado (soja)</b>
<b>Ésteres de ácidos graxos</b>	-	0,83	0,83	0,83
<b>Ácidos graxos</b>	0,35	0,35	0,35	0,35

Pela análise da Tabela 2 e levando-se em consideração que a fase estacionária utilizada (sílica) é caracteristicamente polar e a fase móvel (hexano/éter etílico/) apolar, pode-se constatar que nos casos onde o valor de Rf é maior (maior distância percorrida pelo soluto) tem-se um maior número de compostos mais apolares (ésteres de ácidos graxos). Sendo assim, com o valor do Rf determinado, tanto da literatura (FERRARI, R. A. *et al*, 2004 e FROEHNER, S.; LEITHOLD, J., 2007) como do biodiesel obtido neste trabalho, pode-se afirmar que se trata de uma substância semelhante, logo, o biocombustível obtido com óleo vegetal é realmente um biodiesel ou alquil-éster. Próximo a mancha cromatográfica referente ao éster de ácido graxo, é possível observar a presença de mono e dialquil ésteres. O óleo usado apresentou manchas cromatográficos referentes aos ésteres de ácidos graxos, possivelmente, devido ao processo de fritura na presença de ar durante longos períodos de tempo, além disso, diversos tipos de alimentos ficam contidos no óleo, causando alterações em sua composição química (COSTA NETO, P. R.; ROSSI, R. F., 2000).

## 6 CONCLUSÃO

A partir das caracterizações realizadas através da espectroscopia de absorção eletrônica UV-vis, verificou-se a formação de um novo perfil espectral, indicando a formação de um possível complexo. Já na espectroscopia de absorção vibracional na região do infravermelho foi possível atribuir bandas características do complexo proposto.

O biodiesel obtido de óleo virgem apresentou um rendimento aproximado de 70% enquanto que o biodiesel obtido de óleo usado foi aproximadamente 15%. Com a cromatografia em camada delgada realizada nas amostras, verificou-se a formação de ésteres de ácidos graxos tanto no óleo de soja virgem, quanto no usado.

## REFERÊNCIAS

- ATKINS, P.W.; JONES, L. **Princípios da Química – questionando a vida moderna e o meio ambiente**. 5. ed., Porto Alegre: Bookman, 2012.
- BERNARDO-GUSMÃO, K. et al. Um panorama da catálise no Brasil nos últimos 40 anos. **Química Nova**, v. 40, n. 6, p. 650-655, mai. 2017.
- CANTANHEDE, L. B. **Complexos de vanádio contendo bases de schiff como catalisadores na oxidação do cicloexano**. 2013. 137 f. Tese (Doutorado em Química Inorgânica) – Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos, 2013.
- COSTA NETO, P. R.; ROSSI, R. F. Produção de biocombustível alternativo ao óleo diesel através da transesterificação de óleo de soja usado em frituras. **Química Nova**, v. 23 (4), p. 531-534, 2000.
- COSTA, P. P. K. G. Catalisadores químicos utilizados na síntese de biodiesel. **Embrapa Agroenergia**, Brasília, p. 22 – 222, set. 2011.
- FACCINI, C.S. **Uso de adsorventes na purificação de biodiesel de óleo de soja**. Dissertação (química) – UFRGS. Porto Alegre, p.1-68, mai. 2008.
- FERRARI, R. A. et al. Biodiesel de soja – Taxa de conversão em ésteres etílicos, caracterização físico-química e consumo em gerador de energia. **Química Nova**, Ponta Grossa, v. 28, n. 1, p. 19-23, jan. 2005.
- FERRARI, R. A., et al. **Produção e uso de biodiesel etílico na UEPG**. Publicado em UEPG Ciências Exatas Terra, Ciências Agrárias e Engenharia. v. 10 (2): p. 45-52, 2004.
- FROEHNER, S.; LEITHOLD, J. Transesterificação de óleos vegetais: caracterização por cromatografia em camada delgada e densidade. **Química Nova**, Curitiba, v. 30, n. 8, p. 2016 – 2019, out. 2007.
- GOLD BOOK, IUPAC. **Compendium of Chemical Terminology**. Disponível em: <<https://goldbook.iupac.org/>>. Acesso em: 05 set. 2019.
- OLIVEIRA, I. M. F. et al. Equilíbrio de complexação. Universidade Federal de Minas Gerais – ICEx - Departamento de Química. Aula 9, p. 1-22, 2009. Disponível em: <[http://www.ufjf.br/quimicaead/files/2013/05/FQAnalitica\\_Aula9.pdf](http://www.ufjf.br/quimicaead/files/2013/05/FQAnalitica_Aula9.pdf)> Acesso em: 19 mai. 2019.
- PINTO, A. C. et al. Biodiesel: an overview. **Journal Of The Brazilian Chemical Society**, [s.l.], v. 16, n. 6, p.1313-1330, nov. 2005.
- SANTOS, A. P. B.; PINTO, A. C. Biodiesel: uma alternativa de combustível limpo. **Química Nova na Escola**, v. 3, n. 1, p. 58-62, fev. 2009.

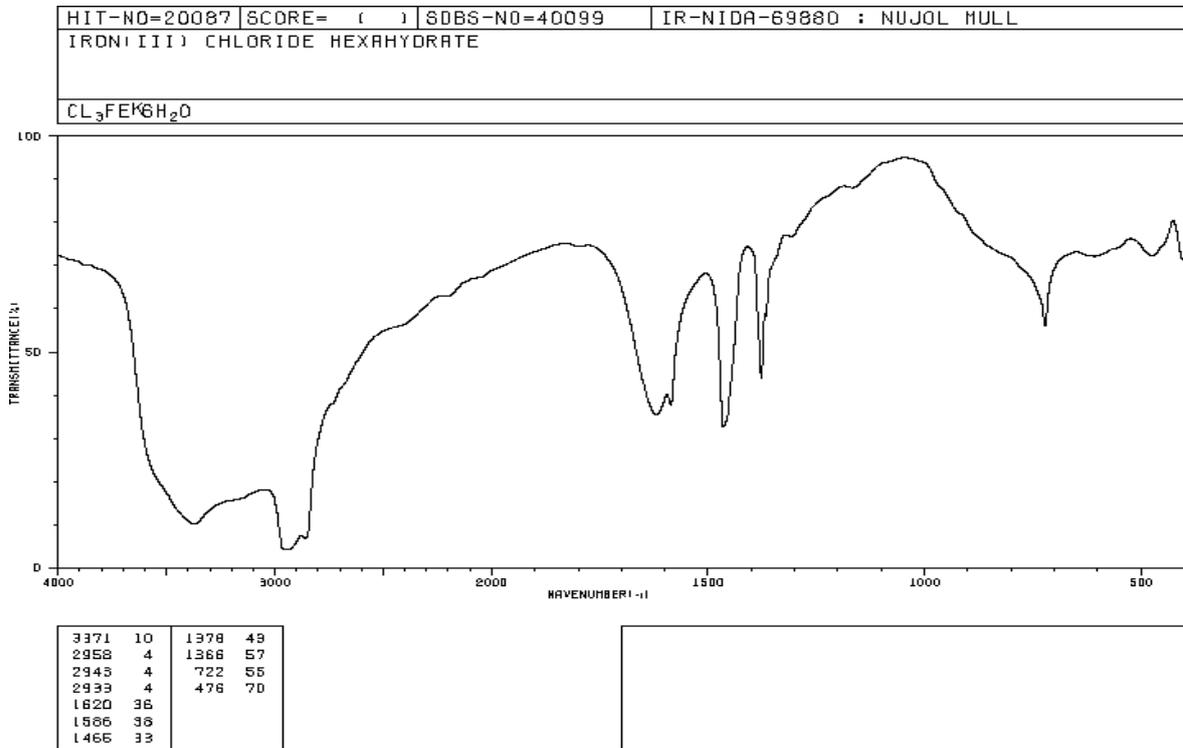
SILVA, J. B. **Caracterização de materiais catalíticos, São Paulo, 2008.** 66 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-graduação em Engenharia e Tecnologia Espaciais/ciência e Tecnologia de Materiais e Sensores, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, 2008.

SILVERSTEIN, R.M. et al. **Spectrometric Identification of Organic Compounds.** 7. ed. John Wiley & Sons, Inc, 2005.

SUBRAMANIAN, V. **Global markets for catalysts: Focus on catalyst regeneration.** Dcc Research, 2015.

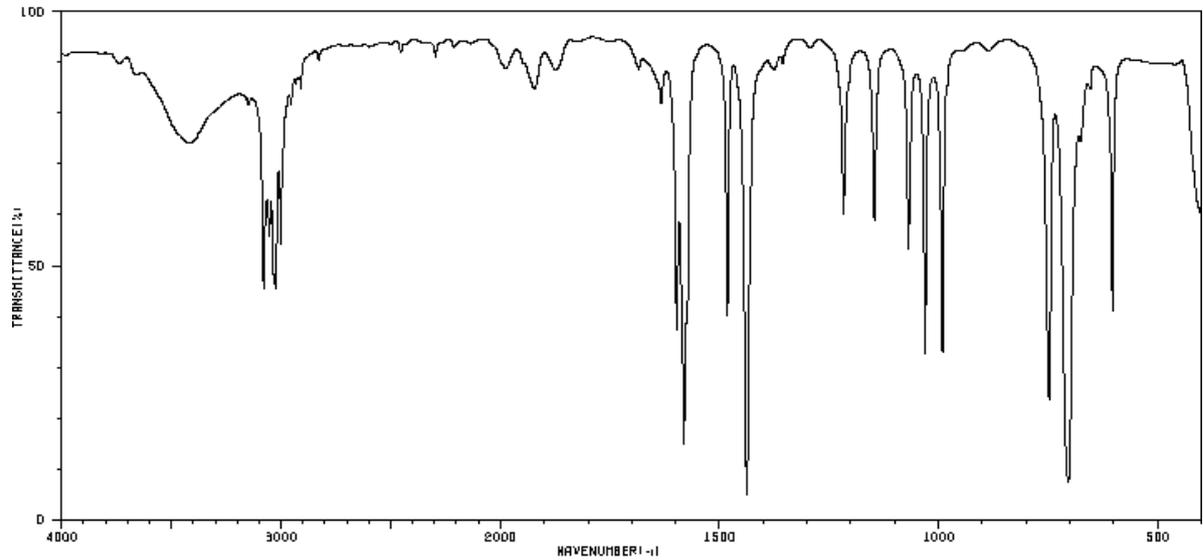
## ANEXO 1

Espectro de absorção vibracional no infravermelho do cloreto férrico hexahidratado obtido do SDBS (Spectral Database for Organic Compounds).

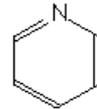


Referência - [https://sdb.sdb.aist.go.jp/sdb/cgi-bin/cre\\_frame\\_disp.cgi?sdbno=40099](https://sdb.sdb.aist.go.jp/sdb/cgi-bin/cre_frame_disp.cgi?sdbno=40099)

Espectro de absorção vibracional no infravermelho da piridina obtido do SDBS  
(Spectral Database for Organic Compounds)



3739	86	3001	62	1633	79	1366	86	704	7
3424	72	2956	79	1598	36	1217	57	676	72
3414	72	2910	61	1561	14	1147	57	654	61
3147	79	1987	86	1674	38	1069	62	603	39
3079	43	1922	81	1482	38	1031	31		
3053	53	1873	84	1436	4	991	31		
3026	43	1684	84	1376	84	748	22		



Referência - <http://facpub.stjohns.edu/~testaa/anim27vib.html>