


UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS  
PRO REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
DEPARTAMENTO DE APOIO A PESQUISA  
PROGRAMA INSTITUCIONAL DE BOLSA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA



ANÁLISES DE ESPECTROSCOPIAS FT-IV E FT-RAMAN PARA  
CARACTERIZAÇÃO E CONTROLE DE QUALIDADE DE  
BODIESEL E MISTURAS DE BODIESEL/DIESEL

Victor Augusto Araújo de Freitas

Bolsista CNPq

Manaus - AM

Julho/2010

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS  
PRO REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
DEPARTAMENTO DE APOIO A PESQUISA  
PROGRAMA INSTITUCIONAL DE BOLSA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

RELATÓRIO FINAL

PIB-E-/0061/2009

ANÁLISES DE ESPECTROSCOPIAS FT-IV E FT-RAMAN PARA  
CARACTERIZAÇÃO E CONTROLE DE QUALIDADE DE  
BODIESEL E MISTURAS DE BODIESEL/DIESEL

---

Victor Augusto Araújo de Freitas  
Bolsista CNPq – Não é Renovação

---

Prof. Dr. Paulo Rogério da Costa Couceiro  
Orientador

Manaus - AM

Julho/2010

## Resumo

Nas últimas décadas o biodiesel tem se firmado como substituinte do diesel como fonte alternativa de combustível, podendo ser usado na sua forma pura ou misturado ao próprio diesel. A produção de biodiesel conta com uma série de isenções fiscais. Mas, mesmo com essas medidas algumas práticas de adulteração nas misturas diesel/biodiesel ocorrem com grande frequência. Diante desta problemática, o presente projeto tem como principal proposta realizar análises quantitativas de misturas de diesel/biodiesel (BX) e biodiesel/óleo de frituras (OFRX; adulterante) utilizando técnicas de espectroscopias IV-TF e Raman-TF. Assim sendo, foram preparadas essas misturas com a finalidade de simular condições de adulterações seguida da obtenção dos espectros de IV-FT e Raman-FT. Para as misturas BX, foram correlacionados os dados de razão de intensidades das absorções em 1740 e 2925  $\text{cm}^{-1}$  de IV-FT com o teor de biodiesel em que o melhor resultado foi uma função quadrática modificada,  $R_{I,T} = aBX^2 + bBX + c$ , onde o termo da ordenada,  $R_{I,T} = [\ln(1/R_i)]^{-1}$ , com  $R^2 = 0,9969$ , considerando-se que o intervalo de percentagens de biodiesel foi muito superior aos outros modelos testados. Para a mistura de biodiesel com óleo de fritura (OFR), no intervalo de 1 a 50 % de teor de OFR, os dados foram simplesmente ajustados pelo método dos mínimos quadrados, o que resultou na equação linear,  $I_{1435} = -0,2136 \text{ OFRX} + 53,154$ , com  $R^2 = 0,9833$ . Quanto aos espectros Raman a análise visual de regiões espectrais mostraram distinção de posição de bandas de absorção para a quantificação de óleo vegetal (OSJ) e de óleo de fritura (OFR) adicionado ao biodiesel. Mas, a aquisição de acessórios e adequação das condições instrumentais ainda são necessárias para atender os objetivos propostos neste trabalho.

## Índice

1. Introdução.....	5
2. Revisão bibliográfica.....	6
3. Materiais e Métodos.....	8
3.1. AMOSTRAGEM .....	8
3.2. PREPARAÇÃO DAS MISTURAS .....	8
3.3. ANÁLISE QUALITATIVA E QUANTITATIVA DAS MISTURAS.....	8
4. Resultados.....	9
4.1. Amostragem.....	9
4.2. Análise qualitativa das amostras BX por espectroscopia IV-TF .....	9
4.3. Análise qualitativa das amostras BOFR por espectroscopia IV-TF .....	12
4.4. Análise qualitativa das amostras por espectroscopia TF-Raman.....	12
5. Conclusão.....	14
6. Referências Bibliográficas .....	15
7. Cronograma.....	18

## 1. Introdução

Nas últimas décadas, o aumento da demanda de produção de energia e do transporte, e na contramão o desequilíbrio ambiental e a instabilidade do preço do barril do petróleo vêm colocando em risco a oferta de petróleo no mercado mundial. Dessa forma, estes fatores impulsionam a pesquisa na viabilização de fontes de energia renováveis<sup>1</sup>. Nesse cenário, o biodiesel surge como consenso mundial, para substituir o óleo diesel. A *National Biodiesel Board* (EUA) define o biodiesel como derivado mono-alquil éster de ácidos graxos de cadeia longa, proveniente de fontes renováveis, cuja utilização está associada à substituição de combustíveis fósseis em motores de ignição por compressão. E como fonte alternativa de combustível, o biodiesel pode ser usado na sua forma pura ou misturado ao diesel derivado do petróleo<sup>2-5</sup>.

Em 2005, o Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) estabeleceu uma resolução formalizada na Lei N<sup>o</sup> 11.097/05, que determina o percentual de biodiesel a ser adicionado ao diesel. E que em 2013, será obrigatório à inserção de 5 % de biodiesel no óleo diesel (denominado de B5) em todo o território nacional<sup>6</sup>.

A produção de biodiesel conta com uma série de isenções fiscais. Mas, mesmo com essas medidas algumas práticas de adulteração nas misturas diesel/biodiesel ocorrem com grande frequência, principalmente na etapa de distribuição visando aumento volume do produto final e assim mais lucros. Considerando os antecedentes históricos e atuais de adulteração de combustíveis no Brasil, que de acordo com dados disponíveis pela Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) é constatado que em média 7,5 % dos postos selecionados para fiscalização apresentam alguma irregularidade nos combustíveis comercializados<sup>7</sup>.

Diante desta problemática e da disponibilidade dos equipamentos de espectroscopias FT-IV e FT-Raman no âmbito da UFAM, o presente projeto tem como principal proposta realizar análises de caracterização visando o controle de qualidade de diesel, biodiesel (origens distintas) e misturas de biodiesel/diesel buscando evidências de adulterações nas misturas em composição de BX.

## 2. Revisão bibliográfica

Os combustíveis (álcool, gasolina, diesel etc.) comumente comercializados no território nacional são permanentemente monitorados quanto as suas qualidades e adulterações, através da Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustível, em conformidade com a Resolução ANP N° 42/2004.

No caso específico do biodiesel, para caracterizar e comprovar a sua qualidade é necessário a determinação de parâmetros químicos e físico-químicos, que geralmente são realizados nas usinas produtoras. As usinas produtoras repassam o biodiesel para as bases misturadoras de biodiesel e óleo diesel, que atualmente são obrigadas a fazer mistura B5 pela Resolução N° 6 - CNPE de 16/09/2009. Por fim, a mistura de biodiesel/diesel é distribuída aos postos e finalmente, aos consumidores<sup>8-9</sup>.

Nesse sentido, pouco se tem feito para monitorar a qualidade, caracterizar (tipo) e quantificar o biodiesel adicionado ao diesel quanto à obrigatoriedade ou adulteração com a inserção de outros produtos, como: óleos de frituras, óleos de cárter, óleo *in natura* etc., devendo atender aos requisitos de qualidade de produtos especificados pela ANP.

Como resposta a esse fato, a quantificação do biodiesel no diesel (BX) já vem sendo investigada por algumas técnicas espectrométricas visando garantir o percentual regulamentado, tais como a espectroscopia de absorção no infravermelho<sup>9-12</sup> e a cromatografia líquida de alta eficiência acoplada à ultravioleta-visível<sup>13-16</sup>.

Dessa forma, o desenvolvimento de técnicas e métodos analíticos que forneçam informações confiáveis acerca da avaliação qualitativa e quantitativa do biodiesel inserido no diesel mostra-se extremamente necessária para a verificação de possíveis problemas de formulação do produto e atendimento às normas da ANP, fornecendo uma ferramenta importante contra possíveis adulterações do produto.

A espectroscopia no infravermelho pode ser usada para quantificar o percentual de biodiesel presente em misturas biodiesel/diesel. Como estes combustíveis apresentam funções químicas distintas, os espectros de infravermelho deles apresentam bandas de absorção também distintas. A espectroscopia no infravermelho mede a transição entre estados vibracionais que ocorrem quando uma molécula absorve energia na região do infravermelho do espectro eletromagnético. Os diferentes grupos funcionais e os seus tipos de ligações têm frequências e intensidades de absorção distintas no infravermelho. Assim, pode-se propor a utilização de espectroscopia no infravermelho para análises das misturas biodiesel/diesel com e sem adulteração<sup>17</sup>.

Já, a espectroscopia Raman resulta da interação entre os movimentos de vibração e/ou rotação de partículas (moléculas, íons, átomos etc.) e a radiação eletromagnética incidente. De acordo com a teoria quântica, esses movimentos podem ter somente certos estados de energia. Uma mudança de estado é acompanhada pelo ganho ou perda de energia, logo para cada estrutura molecular o espectro Raman será único<sup>18</sup>.

Nesse sentido, a presente proposta de projeto visa principalmente à caracterização para o controle de qualidade de biodiesel e misturas biodiesel/diesel, mediante técnicas espectroscópicas de FT-IV e FT-Raman, como métodos rápidos e de baixo custo. Para tal, pretende-se analisar amostras de diesel e biodiesel comercializados na região, e amostras simulando o biodiesel (BX) dentro e fora das especificações da ANP e com outros adulterantes, tais como, óleo vegetal *in natura*, óleo de fritura e óleo de cárter.

### 3. Materiais e Métodos

#### 3.1. AMOSTRAGEM

As amostras de diesel puro (B0) e biodiesel puro (B100) foram adquiridas no LAPEC/DQ/UFAM. As amostras de óleo de fritura (OFR) no Restaurante Universitário/UFAM, óleo de cárter (OCR) em Posto de Combustíveis de Manaus e óleo de soja (OSJ) em supermercado.

#### 3.2. PREPARAÇÃO DAS MISTURAS

Para simular as misturas de Diesel/Biodiesel e Biodiesel/OFR foram preparadas misturas com as seguintes porcentagens em volume:

Matriz/Amostra	%V/V														
	1	2	5	10	25	30	35	40	45	50	60	70	80	90	100
Diesel/ Biodiesel	1	2	5	10	25	30	35	40	45	50	60	70	80	90	100
Biodiesel/OFR	1	2	10	25	50										

#### 3.3. ANÁLISE QUALITATIVA E QUANTITATIVA DAS MISTURAS

Os espectros na região do Infravermelho e Raman das amostras BX foram obtidos em triplicatas. Apenas, os espectros IV-FT da amostra B0 foram obtidos em 10 replicatas visando à determinação do limite de quantificação.

Espectroscopia no Infravermelho com transformada de Fourier (IV-TF) - os espectros foram obtidos em um equipamento FT-IR da PERKIN ELMER, modelo Spectrum 2000 (Central Analítica do Centro de Apoio Multidisciplinar – CAM/UFAM), na faixa de varredura de  $4.000 - 400 \text{ cm}^{-1}$ , com 16 scans e intervalo de  $2 \text{ cm}^{-1}$ . A amostra foi dispersada sobre um disco de KBr previamente preparado.

Espectroscopia RAMAN com transformada de Fourier (Raman-FT) – os espectros foram obtidos em um equipamento Jobin Yvon IHR550, do Laboratório de Óptica de Materiais, do Departamento de Física/ICE/UFAM, na faixa de varredura de  $4000 - 50 \text{ cm}^{-1}$ , resolução de  $4 \text{ cm}^{-1}$ , tempo de integração de 30 a 60 s, com laser de He-Ne e potência de 30 mW.



## 4. Resultados e Discussão

### 4.1. AMOSTRAGEM

Para o estudo proposto a preparação das amostras concentrou-se basicamente nas misturas de diesel/biodiesel e biodiesel/OFR, visando principalmente a repetibilidade e reprodutibilidade, resultando um total de 82 amostras.

### 4.2. ANÁLISES DAS MISTURAS DE DIESEL/BIODIESEL POR ESPECTROSCOPIA IV-TF

Como parte dos estudos, buscou-se quantificar o teor de biodiesel presente no diesel (BX) a partir dos espectros de IV-FT. E para tal foram determinados os valores médios de intensidades das bandas de absorções em  $1740\text{ cm}^{-1}$  referente ao estiramento das ligações C=O de carbonila e  $2925\text{ cm}^{-1}$  referente ao estiramento das ligações C-H (Figura 2) para todas as misturas. E assim, calculada a razão entre essas intensidades,  $R_I = \frac{I_{1740}}{I_{2925}}$ , para cada teor correspondente.

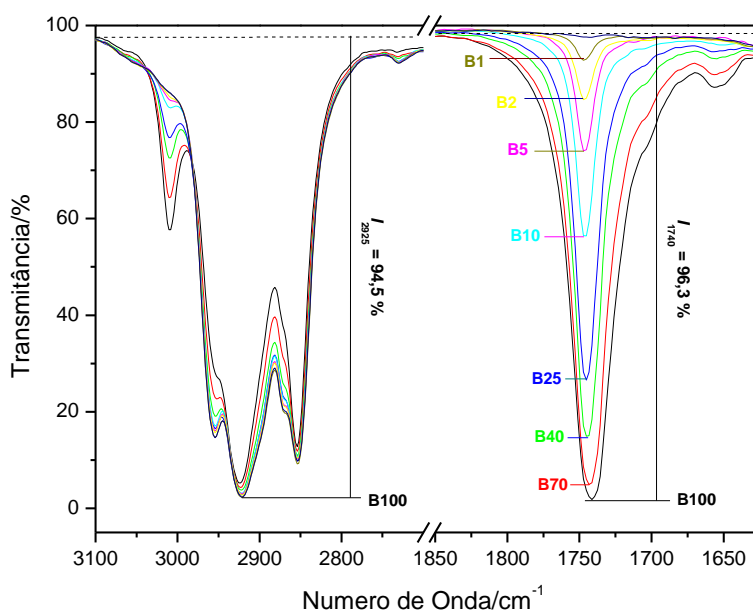


Figura 1 Espectros IV-TF das misturas de BX (diesel/biodiesel), em destaque as estimativas de intensidades das bandas absorções em 2925 e 1740  $\text{cm}^{-1}$  da amostra B100.

A correlação direta dos dados de razão das intensidades ( $R_i$ ) versus porcentagem da concentração biodiesel/diesel (BX) teve tendência não-linear. Dessa forma, testaram-se alguns modelos matemáticos de conversão de dados não-lineares em lineares, seguido de regressão linear pelo método dos mínimos quadrados<sup>22</sup>. Mas, o melhor resultado foi observado quando se utilizou uma função quadrática,  $R_{i,T} = aBX^2 + bBX + c$ , onde o termo da ordenada,  $R_{i,T} = [\ln(1/R_i)]^{-1}$ , com  $R^2 = 0,9969$ , considerando-se que o intervalo de porcentagens de biodiesel foi muito superior aos outros modelos testados (Tabela 1).

A porcentagem de biodiesel experimental e teórica na mistura BX é mostrada na Figura 3, é evidente que existe uma boa correspondência entre o valor de porcentagem teórica e experimental para a mistura BX.

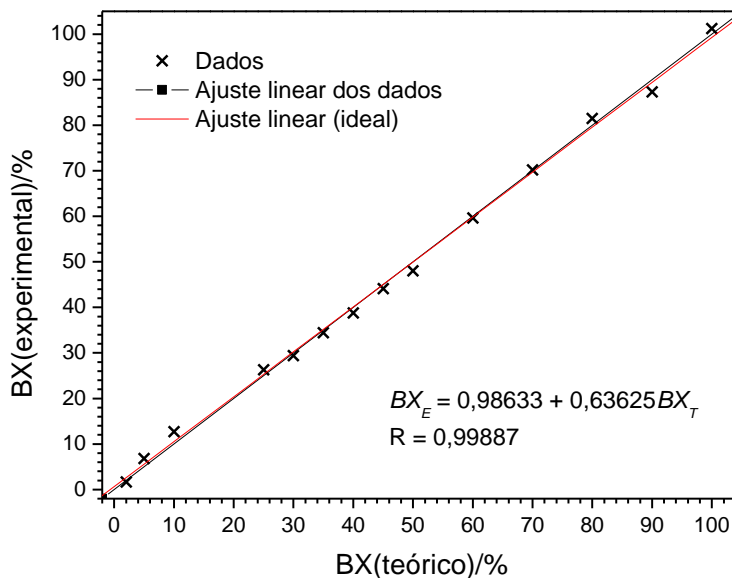


Figura 2. Gráfico da correlação dos valores experimental e teórico da amostra BX.

Tabela 1 Modelos das funções utilizadas na linearização e seus respectivos resultados.

Modelo	Equação Não-linear	Equação Modificada		$R_l = I_{1740}/I_{2925}$			
		$Y = aX + b$ (linear)	$I_{1740}$	Intervalo de %Biodiesel	$R^2$	Intervalo de %Biodiesel	$R^2$
1	$y = ax^b$	$Y = lny; X = ln x; A = b; B = lna$		1 a 100	0,9814	25 a 70	0,9911
2	$y = \frac{x}{a + bx}$	$Y = \frac{1}{y}; X = \frac{1}{x}; A = a; B = b$		30 a 100	0,9997	1 a 60	0,9974
3	$y = ab^{1/x}$	$Y = lny; X = \frac{1}{x}; A = lnb; B = lna$		5 a 80	0,9910	25 a 70	0,9938
4	$y = ax^2 + bx + c$	$Y = AX^2 + BX + C$ (quadrática)		25 a 100	0,9950	1 a 100	<b>0,9969</b>

Legenda:  $y = R_l$  ou  $I$ , onde  $R_l$  é a razão das intensidades entre as bandas em 1740 e 2925  $\text{cm}^{-1}$  e  $I$  é a intensidade da banda em 1740  $\text{cm}^{-1}$ ;  $x = BX$ , que é a porcentagem de biodiesel em diesel.

#### 4.3. ANÁLISE QUALITATIVA DAS MISTURAS DE BIODIESEL/OFR POR ESPECTROSCOPIA IV-TF

Os perfis gráficos das amostras de biodiesel e OFR são muito similares, contudo quando misturados é possível perceber algumas bandas de absorções com suaves modificações<sup>23</sup>. Quando se aumenta a concentração de OFR na matriz de biodiesel ocorre uma gradual diminuição na absorção da banda em torno de  $1435\text{ cm}^{-1}$  (Figura 3), típica de C-H ( $\text{CH}_3$  de éster). Com base nesse comportamento foi possível realizar uma previsão quantitativa de uma possível adulteração do biodiesel com óleo de fritura. Feita com base no intervalo de porcentagens de 1 a 50 % de OFR, em que os dados foram simplesmente ajustados pelo método dos mínimos quadrados, o que resultou na equação linear,  $I_{1435} = -0,2136\text{ OFRX} + 53,154$ , com  $R^2 = 0,9833$ , onde  $I_{1435}$  é a intensidade da banda em  $1435\text{ cm}^{-1}$  e OFRX é o valor porcentual de óleo de fritura adicionado ao biodiesel (Figura 3).

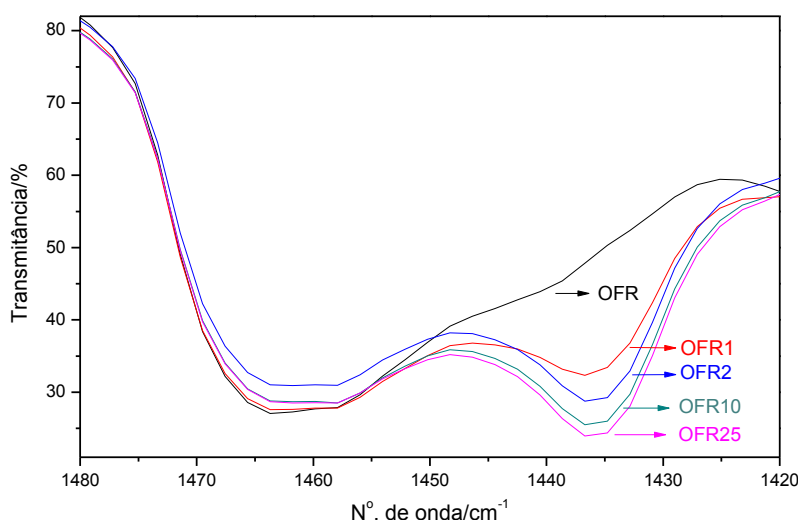


Figura 3 Espectros IV-TF das misturas de óleo de fritura/biodiesel no intervalo de 1 a 50 % de OFR.

#### 4.4. ANÁLISE QUALITATIVA DAS AMOSTRAS POR ESPECTROSCOPIA RAMAN-TF

A técnica de análise por espectroscopia Raman de óleos e combustíveis já é bastante citada na literatura<sup>7,17,24-26</sup>. Entretanto, em vários trabalhos científicos são registrados o uso de equipamento Raman com laser de comprimento de onda em torno de 1064 nm para essa finalidade. Mas, a fonte

de laser do equipamento que foi empregado para a análise das amostras objeto deste trabalho, tem comprimento de onda de 632 nm e potência de 30 mW, o certamente promove a ocorrência excessiva de fluorescência nas amostras<sup>26</sup>. Esse fenômeno dificultou e até impossibilitou a análise qualitativa e quantitativa por espectroscopia Raman-FT (Figura 4).

Considerando, também, o tipo do laser He-Ne e seu comprimento de onda a melhor faixa de absorção de interesse do espectro Raman seria de 3100 a 2700  $\text{cm}^{-1}$  para as amostras em estudo<sup>26</sup>.

As amostras OSJ, OFR e B100 apresentaram, na região de interesse, perfis com razoável grau de interferência de fluorescência (Figura 4), já a amostra de diesel apresentou somente fluorescência, não sendo assim, possível realizar a distinção de bandas de absorções. O elevado grau de fluorescência no espectro da amostra de diesel inviabilizou a análise quantitativa de suas misturas.

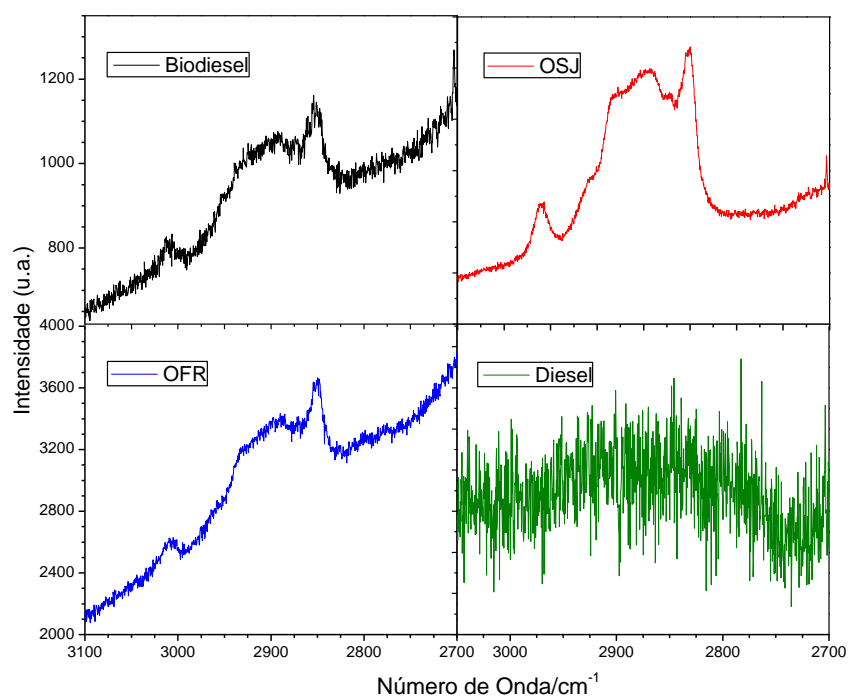


Figura 4 Espectros Raman-TF das amostras de biodiesel (linha preta), OSJ (linha vermelha), OFR (linha azul) e diesel (linha verde)

## 5. Conclusão

A correlação espectral entre a razão de intensidade de absorção entre 1740 e 2925  $\text{cm}^{-1}$  reflete a quantidade de biodiesel na mistura BX, entretanto essa correlação não mostra tendência linear em toda sua extensão, mas o modelo quadrático modificado apresentou resultado com excelente concordância,  $R^2 = 0,9969$ , para o intervalo de 1 a 100 % de biodiesel.

Por outro lado, para a mistura de biodiesel com óleo de fritura (OFR), no intervalo de 1 a 50 % de OFR, os dados foram simplesmente ajustados pelo método dos mínimos quadrados, o que resultou na equação linear,  $I_{1435} = -0,2136OFRX + 53,154$ , com  $R^2 = 0,9833$ .

Análise visual de regiões espectral Raman mostra distinção de posição de bandas de absorção para a quantificação de óleo vegetal (OSJ) e de óleo de fritura (OFR) adicionado ao biodiesel. Mas, a aquisição de acessórios e adequação das condições instrumentais ainda fazem-se necessárias para atender os objetivos propostos neste trabalho.

## 6. Referências Bibliográficas

1. Guarieiro, L. L. N.; Ribeiro, N. M.; Andrade, J. B.; Pereira, P. A. P.; Lopes, W. A.; Torres, E. A.; Pinto, A. C.; Rezende, M. J. C. Biodiesel: An Overview. *Journal Brazilian Chemistry Society*, v. 16, n. 6B, p. 1313-1330, 2005.
2. Zang, Y.; Dubé, M. A.; McLean, D. D.; Kates, M.; Biodiesel production from waste cooking oil: Process, Design and technological assessment. *Bioresource. Technology*. v. 89, n. 1, p. 1-16. 2003.
3. Biodiesel Basic. [http://www.biodiesel.org/resources/biodiesel\\_basics/](http://www.biodiesel.org/resources/biodiesel_basics/). Acessado em 14.07.2010.
4. O biodiesel. <http://www.biodiesel.gov.br/>. Acessado em 14.07.2010
5. Fukuda, H.; Kondo, A.; Noda, H.; Biodiesel fuel production by transesterification of oils. *Bioscience and Bioengineering*. v. 92, n. 5, p. 405-416, 2001
6. Conselho Nacional de Política Energética – CNPE. Resolução N<sup>o</sup>. 6, de 16/09/2009.
7. Oliveira, F. C. C. Modelos de calibração multivariada associados à espectroscopia vibracional para análise de misturas diesel- óleos vegetais. *Dissertação de Mestrado*. 2006
8. Knothe, G.; Determining the blend level of mixtures of biodiesel with conventional diesel fuel by fiber-optic near-infrared spectroscopy and <sup>1</sup>H nuclear magnetic resonance spectroscopy. *Journal of the American Oil Chemists's Society*. v. 77, p 489-493, 2000.
9. Pimentel, M. F.; Ribeiro, M. G. S.; Cruz, R. S.; Stragevitch, L.; Pacheco, J. G.; Teixeira, L. S. G.; Determination of biodiesel content when blended with mineral diesel fuel using infrared spectroscopy and multivariate calibration. *Microchemical Journal*. v. 82, n. 2, p. 201-206, 2006.
10. Saraiva, J. S. O.; Montalvão, R.; Daher, L.; Suarez, P. A. Z.; Rubim, J. C.; Determination of methyl ester contents in biodiesel blends by FTIR-ATR e FT-NIR spectroscopies. *Talanta*. v. 69, n. 5, p. 1278-1284, 2006.

11. Kaminski, M.; Gilgenast, E.; Przyjazny, A.; Romanik, G.; Procedure for and results of simultaneous determination of aromatic hydrocarbons and fatty acid methyl esters in diesel fuels by high performance liquid chromatography. *Journal of Chromatography A*. v. 1222, n. 2, p. 153-160, 2006.
12. Foglia, T. A.; Jones, K. C.; Nunez, A.; Phillips, J. G.; Mittelbach, M. Determination of Biodiesel and Triacylglycerol in Diesel Fuel by High Performance Liquid Chromatography. *Chromatographia*. v. 62, p. 115-119, 2005.
13. Mastovska, K.; Lehotay, S. J.; Practical approaches to fast gas chromatography-mass spectroscopy. *Journal of Chromatography A*. v. 1000, n. 6, p. 153-180, 2003.
14. Nimmen, N. F. J.; Veulemans, V. H. A. F.; Development and validation of a highly sensitive gas chromatographic–mass spectrometric screening method for the simultaneous determination of nanogram levels of fentanyl, sufentanil and alfentanil in air and surface contamination wipes. *Journal of Chromatography A*. v. 1035, n. 2, p. 249-259, 2004.
15. Kontro, M.; Korhonen, L.; Vartiainen, T.; Pellikka, P.; Martikainen, P. J.; Selected ion monitoring in quantitative gas-liquid chromatographic – mass spectrometric detection of fatty acid methyl esters from environmental samples. *Journal of Chromatography B*. v. 831, n. 1, p. 281-287, 2006.
16. Silverstein, RM; Bassler, G. C; Morill, T. C. Identificação espectrométrica de compostos orgânicos. 5<sup>a</sup>. Edição. Rio de Janeiro, RJ. 1994.
17. Lima, K. C. V. Qualidade de gasolinas automotivas através de espectroscopia vibracional FT-RAMAN combinada com correlação 2D generalizada. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Ceará. 2005.
18. Hidalgo, F. P.; Rodrigues, L. C. V.; Miyai, I. H.; Brito, F. H. Caracterização e quantificação de biodiesel de mamona usando técnicas FTIR e espectroscopia luminescente. II Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia do Biodiesel. Livro de Resumos. Brasília. 2007.



19. Guarieiro, L. L. N.; Ribeiro, N. M; Pinto, A. C; Aguiar, P. F. Metodologia analítica para quantificar o teor de biodiesel na mistura biodiesel:diesel utilizando espectroscopia na região do infravermelho. *Química Nova*. v. 31, n.2, p. 421-426, 2008.
20. Georgiev, A.; Karamancheva, I.; Topalova, L. Determination of oxidation products in transformer oils using FT-IR spectroscopy. *Journal of Molecular Structure*. v. 872, p. 18-23, 2008.
21. Al-Ghouti, M. A.; Al-Atoum, L. Virgin and recycled oil differentiation: A spectroscopy study. *Journal of Environmental Management*. v. 90, p. 187-195, 2009.
22. Custodio, R. Andrade, J. C. Augusto, F. O ajuste de funções matemáticas a dados experimentais. *Química Nova*. v. 20, p. 219-225, 1997.
23. Mahamuni, N. N; Adewuyi, Y. G. Fourier Transform Infrared spectroscopy (FTIR) method to monitor soy biodiesel and soybean oil in transesterification reaction, petrodiesel-biodiesel blends, and blend adulteration with soy oil. *Energy & Fuels*. v. 23, p. 3773-3782, 2009.
24. Baeten, V; Hourant, P; Morales, M. T; Aparicio, R. Oil and fat classification by FT-Raman spectroscopy. *J. Agric. Food Chem*. v. 46, p. 2638-2646. 1998.
25. Barthus, R. C; Poppi, R. J. Determination of total unsaturation in vegetable oils by Fourier transform Raman spectroscopy and multivariate calibration. *Vibrational Spectroscopy*. v. 26, p. 99-105, 2001.
26. Farhad, S. F. U; Abedin, K. M; Islam M. R; Talukder, A. I; Haider, A. F. M. Y. Determination of ratio of unsaturated to total fatty acids in edible oils by laser raman spectroscopy. *Journal of Applied Sciences*. v. 9, p. 1538-1543. 2009.

## 7. Cronograma

Nº	Descrição	2009					2010						
		Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul
1	Revisão de literatura	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
2	Aquisição das amostras de diesel, biodiesel, óleo de fritura etc.	Verde	Verde										
3	Análises Químicas		Vermelho	Vermelho	Vermelho								
4	Análises Físico-Químicas			Vermelho	Vermelho	Vermelho							
5	Preparação e Apresentação Parcial do Projeto (atividade obrigatória)				Verde								
6	Elaboração do Resumo e Relatório Parcial (atividade obrigatória)					Verde							
7	Análises de FT-IV					Verde	Verde	Verde	Verde				
8	Análises de FT-Raman						Azul	Azul	Azul	Azul			
9	Tratamento dos dados								Verde	Verde	Verde	Verde	
10	Preparação da Apresentação Final para o Congresso (atividade obrigatória)												Verde

**Legenda:** Verde - atividade realizada; vermelho - atividade não realizada; azul - parcialmente realizada.