

ANÁLISE FOTOMÉTRICA DA CONCENTRAÇÃO DE BIODIESEL UTILIZANDO RGB/LDR COMO MATERIAIS DE BAIXO CUSTO

SILVA JOSIVAN P.², FREITAS LUIS F.², LIRA CINTHYA P. G.², SIVA J. MARCOS F.² e
SOUZA THIBÉRIO P. C.^{1,2}

¹ Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Engenharia de Alimentos

² Universidade Federal de Pernambuco, Departamento de Engenharia Química

E-mail para contato: thiberio_souza@hotmail.com

RESUMO – Os diodos emissores de luz (LED) Red-Green-Blue (RGB) têm proporcionado muitas vantagens quando utilizados em instrumentação óptica, especialmente para espectrofotometria de absorção molecular UV-VIS. Já os Light Dependent Resistor (LDR) são componentes eletrônicos passivos do tipo resistor variável, cuja resistência varia conforme a intensidade da luz (iluminamento) que incide sobre eles. Os fotômetros simples, portáteis e de baixo custo, que empregam LED/RGB como fonte de radiação e LDR como receptor, têm sido desenvolvidos e usados em diversas aplicações analíticas no meio científico. Neste trabalho foi desenvolvido um fotômetro baseado em um RGB e LDR ligados a um microcontrolador do tipo ATMEGA8-16PC da Atmel para processamento dos dados com finalidade de analisar amostras de concentrações diferentes de biodiesel a baixo custo. Os resultados obtidos foram excelentes visto que foi possível identificar as faixas de concentração para amostras de 5% até 99%.

1. INTRODUÇÃO

O biodiesel é um combustível renovável que pode ser utilizado como um substituto do diesel. O biodiesel pode ser produzido por transesterificação de um óleo ou gordura junto a um álcool como metanol ou etanol, sendo metanol o mais utilizado. Sheehan et al. (1998) citam diversas vantagens do biodiesel sobre o diesel convencional. Tais vantagens estão em reduzir a dependência de petróleo (o biodiesel pode ser produzido em território nacional com menor demanda de importação de petróleo, podendo ser utilizado diretamente nos motores a diesel), não ser limitado assim como os combustíveis fósseis (com reservas limitadas de combustíveis fósseis como carvão, petróleo e gás natural, futuramente pode-se haver uma elevação excessiva nos preços desses combustíveis, devido à baixa oferta e alta demanda sendo que o biodiesel não apresenta essa limitação), reduz a emissão de poluentes perigosos para a saúde, pois com a utilização do biodiesel no lugar do diesel há uma redução significativa na emissão de materiais particulados, monóxido de carbono (CO), hidrocarbonetos, óxidos sulfurosos (SO_x), óxidos nitrosos (NO_x), entre outros. Outra vantagem está no fato de ser biodegradável e de possuir baixa toxicidade, pois os ésteres resultantes da reação de transesterificação se degradam e apresentam um risco à saúde humana inferior ao diesel convencional. Por fim podemos citar a importância da economia interna

diminuindo a importação de petróleo, assim como incentivando o crescimento econômico nacional Sheehan et al. (1998).

O próximo passo é conseguir produzir um biodiesel economicamente competitivo com o diesel fóssil em um processo a nível industrial (FESTEL, 2008). Para isso, é necessário o barateamento da tecnologia destinada à produção de biodiesel. Logo, é interessante o uso de técnicas capazes de analisar o teor de biodiesel em amostras a fim de se garantir um combustível com as especificações da Agência Nacional do Petróleo e Biocombustíveis (ANP). Uma das técnicas amplamente estudada para a determinação do teor de éster em amostras de biodiesel é a espectroscopia na região do visível (MARCO et al., 2006). Por outro lado esta técnica necessita e mão de obra especializada além do uso de instrumentos apropriados. Os equipamentos mais usados são o fotômetro e o espectrofotômetro. Estes equipamentos, apesar de usarem uma técnica simples, são de custo expressivo. Contudo, existe cada vez mais, o uso de tecnologias alternativas capazes de desempenhar esta função a custo muito reduzido. Entre elas está o de poder confeccionar um próprio fotômetro com materiais simples como LED's (light-emitting diode) e LDR's (Light Dependent Resistor) (FÁBIO, 2010). O uso desses materiais direcionados para a análise de combustíveis tem crescido muito nos últimos anos com várias publicações em periódicos.

O objetivo principal deste trabalho foi desenvolver um fotômetro UV-Visível de baixo custo com tecnologia embarcada e software próprio para medir teor de éster produzido em amostras de biodiesel.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para a montagem do equipamento, foi utilizado como componentes principais um *Light Emitting Diode* como fonte de emissão de luz na faixa do visível uma vez que é possível modular os comprimentos de onda emitidos, um e *Light Dependent Resistor* como detector de luminosidade e um microcontrolador do tipo ATMEGA8-16PC para o processamento das informações e varredura do processo conforme mostrado na Figura 1.

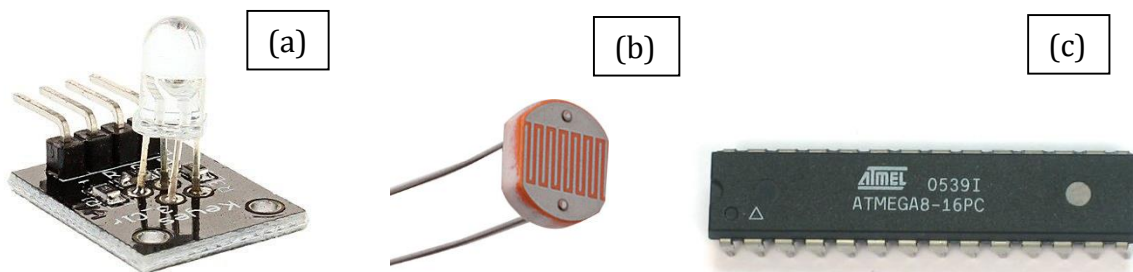


Figura 1 – Componentes Light Emitting Diode LED/RGB (a), Light Dependent Resistor LDR (b) e Microcontrolador ATMEGA8-16PC (c).

Para a construção do corpo do equipamento, foi utilizado uma caixa plástica com tampa de

encaixe na qual foram pintados com tinta preta fosco a fim de se evitar a interferência luminosa provocada tanto pelo meio externo quanto por reflexão interna do próprio equipamento (Figura 2-a). Foi desenvolvido uma porta de acesso para a introdução da cubeta com as amostras (Figura 2-b) de forma que possa ser usado o equipamento continuamente, bastando apenas retirar ou inserir a cubeta.

Todos os componentes foram montados na estrutura conforme visto na Figura 2-c e Figura 2-d.

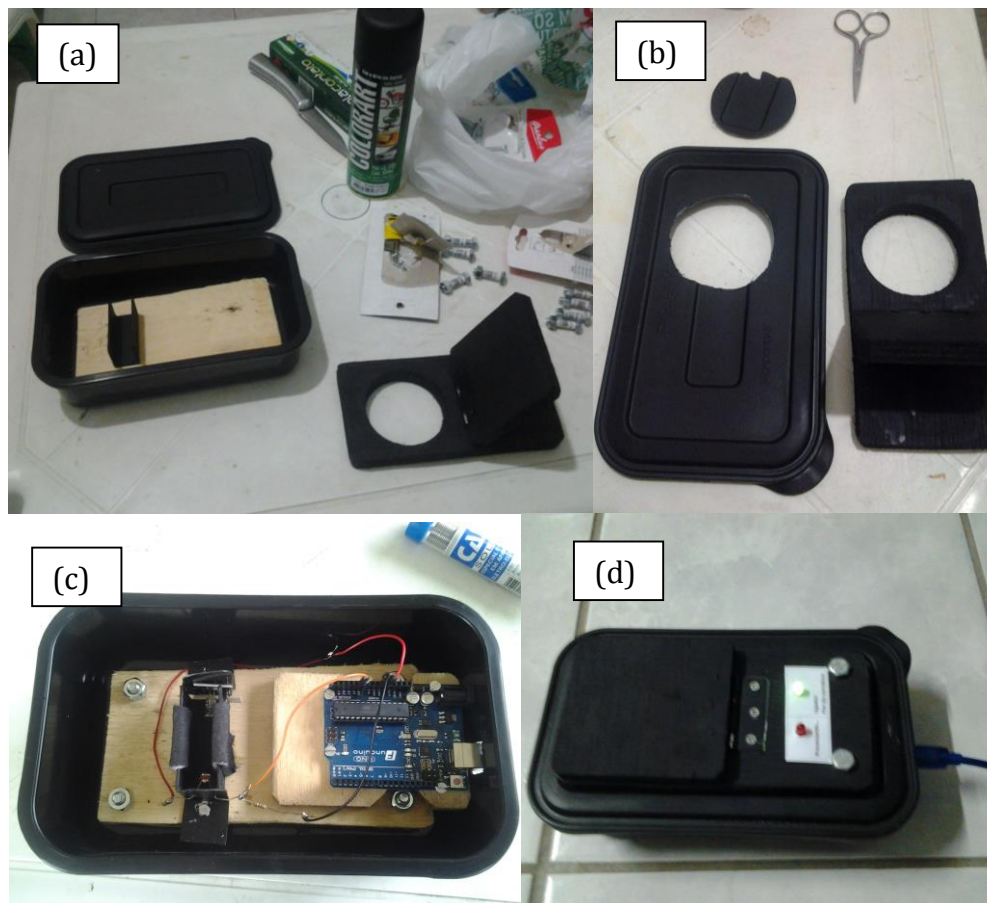


Figura 2 – Montagem do Fotômetro com pintura preto fosco (a), Porta de acesso à cubeta (b), montagem dos componentes internos (c) e vista do equipamento finalizado (d).

Em seguida, foi desenvolvido um algoritmo (linguagem C) capaz de realizar a varredura dos comprimentos de onda na região do visível. Procurou-se varrer a faixa que vai do Violeta à região do Vermelho. O algoritmo modula a intensidade do *Light Emitting Diode – Red Green Blue* fazendo com que o mesmo emita energia no comprimento de onda pré-estabelecido para a análise dos resultados.

Também é possível medir os dados lidos pelo *Light Dependent Resistor* onde os quais são enviados através de comunicação USB para um computador pessoal. O programa foi compilado e salvo no microcontrolador do equipamento deixando automático todo o processo de análise das amostras sendo apenas necessário ligar o fotômetro a um computador pessoal.

O valor pago para desenvolver o equipamento foi de R\$ 85,60 incluindo todos os componentes, corpo físico e materiais de apoio a confecção do fotômetro. Os gastos do projeto estão muito além do custo médio de um equipamento comercial orçado em R\$ 3.354,36.

Em seguida, foi necessário realizar a calibração do equipamento. Para isso, o fotômetro em operação foi ligado a um notebook como pode ser visto na Figura 3-a. A Figura 3-b mostra a varredura dos espectros realizada pelo algoritmo na qual será tratada com uma programação específica para os comprimentos de onda lidos pelo instrumento.

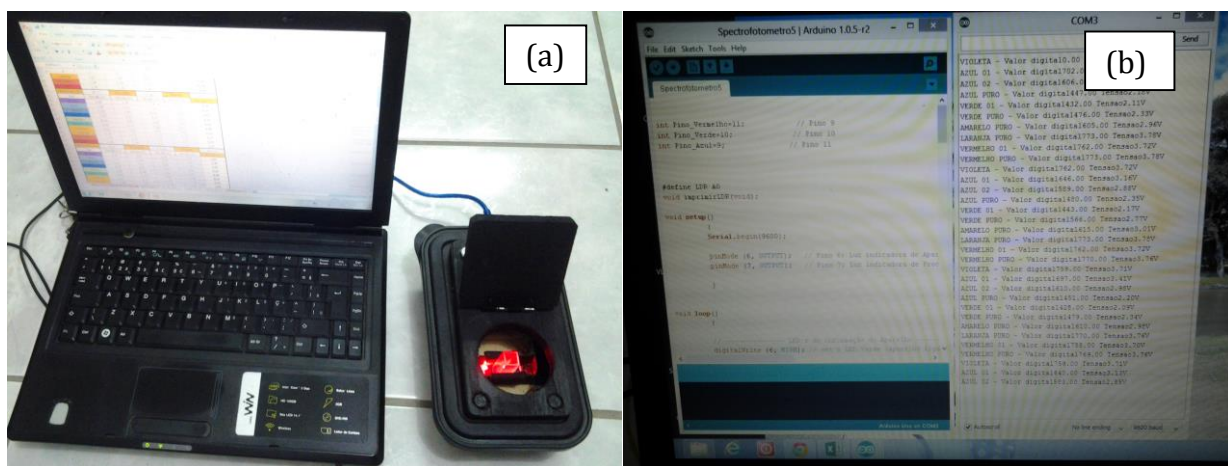


Figura 3 – Fotômetro ligado a um notebook (a). Varredura dos sinais (b).

O Script para análise do resultado do fotômetro foi desenvolvido em MATLAB®. O resultado da concentração é obtido através de ajustes polinomiais de sexta ordem onde cada faixa de cor gera uma curva de intensidade do sinal versus concentração. Para se gerar dados confiáveis, foram obtidas várias amostras padrão com teores de éster conhecidos variando de 5% até 100%. As mostras foram obtidas pela usina de biodiesel de Caetés/PE administrada pelo Centro de Tecnologias Estratégicas do Nordeste – CETENE. Para a calibração do equipamento, o script gera um polinômio para cada comprimento de onda gerado pelas amostras conhecidas, que é tratado como o padrão, como visto na Figura 4. Para cada nível de energia absorvido, o programa verifica qual o comprimento de onda mais significativo fazendo assim o melhor ajuste. Com isso, o programa consegue ser calibrado em função de amostras conhecida e obtidas em laboratório.

Para analisar uma amostra desconhecida o script procura qual a concentração que tem o mesmo sinal de saída da amostra, resolvendo uma equação polinomial de 3º grau, onde apenas uma das 3 soluções é dada como correta. A solução correta é a que não apresenta parte imaginária e que se encontra na faixa de concentração dos padrões conhecidos obtidos em laboratório. Com isso o Script demonstra a concentração estimada da amostra desconhecida plotando um gráfico de superfície.

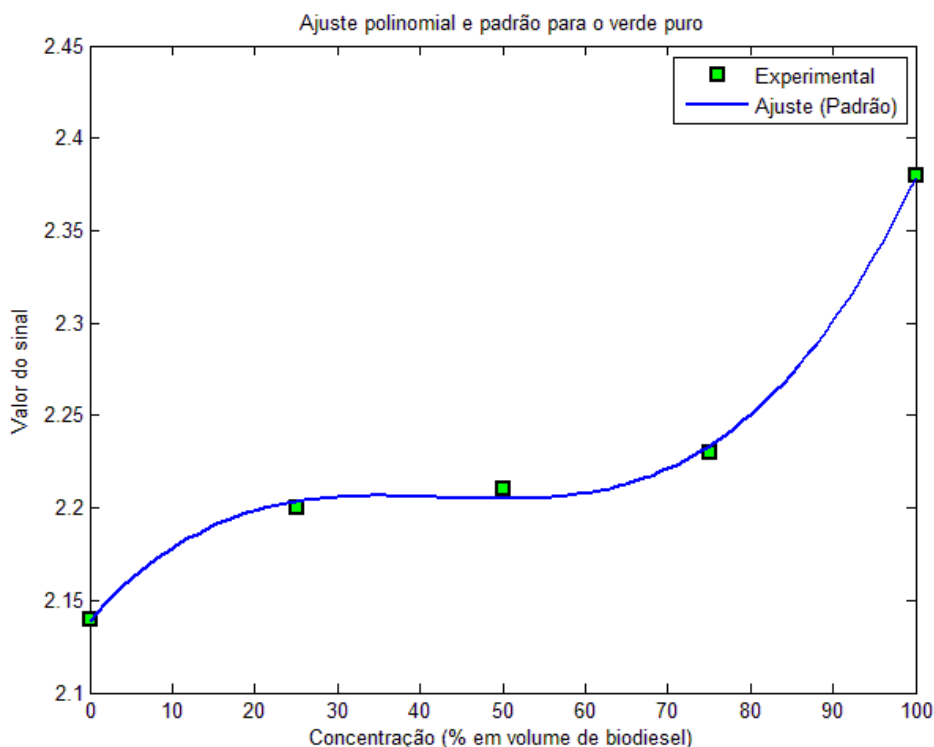


Figura 4 – Curva do ajuste padrão para as concentrações de biodiesel em função do sinal.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi calculado o valor da absorbância para as concentrações de biodiesel em uma faixa de comprimento de onda de 400 nm até 670 nm (Figura 5). A Tabela 1 mostra os valores da absorbância para a faixa de concentração de biodiesel de 5% até 50% na região do visível.

Tabela1: Absorbância das concentrações de biodiesel de 5% até 50% para a faixa do visível.

Comprimento de Onda	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%
400 nm	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,06	-0,05	-0,06	-0,07	-0,05
410 nm	-0,06	-0,06	-0,07	-0,06	-0,06	-0,08	-0,06	-0,08	-0,09	-0,06
430 nm	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,08	-0,05	-0,07	-0,09	-0,05
440 nm	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	-0,04	0,02	-0,01	-0,03	0,01
500 nm	0,20	0,17	0,16	0,16	0,15	0,03	0,13	0,11	0,13	0,12
520 nm	0,06	0,05	0,05	0,04	0,05	0,01	0,04	0,04	0,01	0,05
580 nm	0,01	0,00	0,00	-0,01	0,00	-0,02	0,00	-0,01	-0,03	0,00
590 nm	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04	-0,05	-0,04	-0,05	-0,06	-0,04
650 nm	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,06	-0,07	-0,04
700 nm	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04	-0,05	-0,04	-0,05	-0,06	-0,04

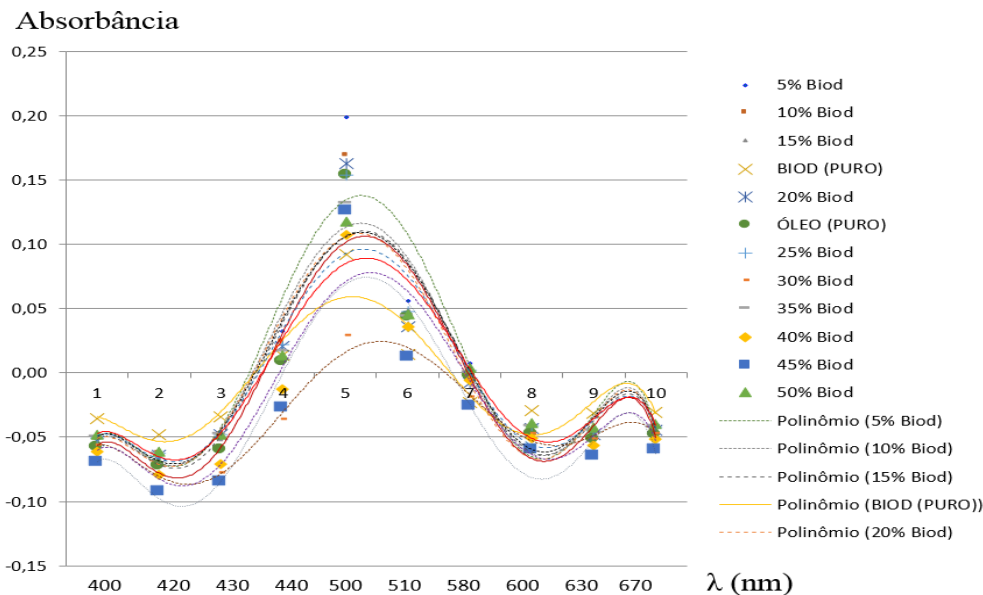


Figura 5 – Absorbância das concentrações de biodiesel pelo comprimento de onda.

Em seguida, foi possível plotar um gráfico de resposta da intensidade do sinal gerado pelo fotômetro em função da concentração de biodiesel e do comprimento de onda associado como visto na Figura 6 a seguir.

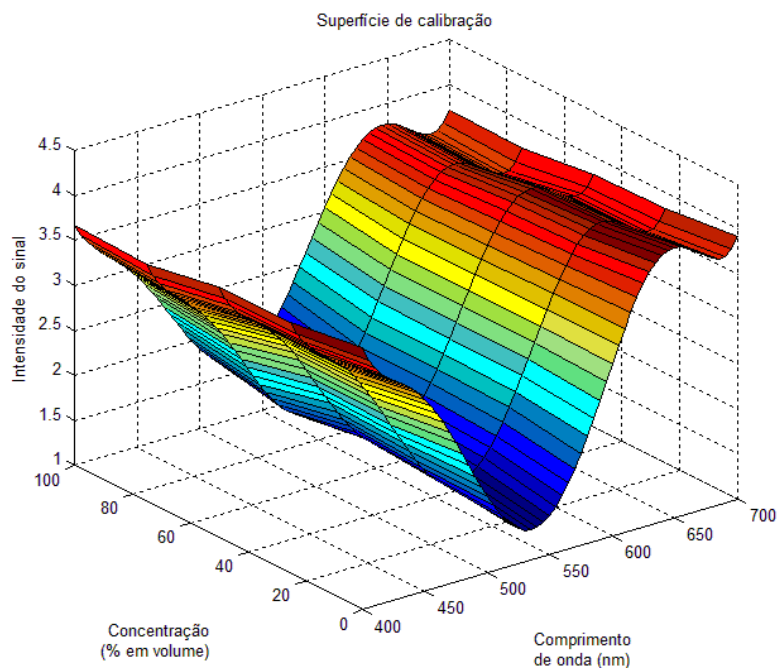


Figura 6 – Gráfico de resposta para a intensidade do sinal em função da concentração de biodiesel e do comprimento de onda.

Foram realizados testes nas amostras de biodiesel fornecidas pela usina de Caetés/PE. As amostras foram separadas pelo teor de éster conhecido. Os resultados da fração, em volume, de biodiesel contido nas amostras podem ser vistos na Tabela 2 mostrada a seguir.

Tabela 2: Resultado das concentrações de Biodiesel nas amostras preparadas em laboratório e analisadas pelo fotômetro.

<i>Análise</i>	<i>Amostra 1</i>	<i>Amostra 2</i>	<i>Amostra 3</i>	<i>Amostra 4</i>
<i>Laboratório</i>	25,0%	50,0%	75,0%	100,0%
<i>Fotômetro</i>	26,3%	51,4%	74,5%	99,1%

4. CONCLUSÃO

O resultado obtido pelo fotômetro desenvolvido pelo grupo de simulação de processos da Universidade Federal de Pernambuco foi bastante satisfatório, uma vez que as concentrações de biodiesel lidas pelo instrumento condizem com os resultados obtidos em laboratório. A precisão do equipamento ficou na ordem de 2,6%, o que o torna aplicável para medir níveis de éster. Com um custo de montagem orçado em cerca de 2,5% do valor de um instrumento comercial, o fotômetro para analisar concentração de biodiesel sugerido neste trabalho atende as necessidades de um equipamento de baixo custo sendo acessível a qualquer pessoa.

5. REFERÊNCIAS

FESTEL G. W., Biofuels - Economic aspects, Chemical Engineering & Technology, V. 31, Issue: 5, pp. 715-720, 2008.

FÁBIO ALEXANDRE COSTA MOTA, desenvolvimento de um fotômetro com fins didáticos, Universidade Federal do Amazonas, Instituto de Ciências Exatas, Programa de pós-graduação em química, dissertação, manaus, 2010.

MARCO A. M. SOUTO, MARINA M. OKADA, ISAURA A. OKADA, SÉRGIO, DOVIDAUSKAS. A determinação de nitrato em águas por espectrofotometria UV: usos e precauções. Rev Inst Adolfo Lutz, 65(1):66-70, 2006.

SHEEHAN J.; CAMOBRECO V.; DUFFIELD J.; GRABOSKI M.; SHAPOURI H. life cycle inventory of biodiesel and petroleum diesel for use in an urban bus. U.S. department of energy's office of fuels development, 1998.