

9º ENTEC – Encontro de Tecnologia: 23 a 28 de novembro de 2015**PRODUÇÃO DE BIODIESEL VIA EXTRAÇÃO DE ÓLEO DE BORRA DE CAFÉ**
CAMPOS, Wandir Júnior¹; CÁPOLLI, Letícia Oliveira²; FERREIRA, Leonardo Silva Junior³; FLORES, Caroline Morais⁴; OLIVEIRA, Bianca Paula⁵; FERNANDES, David Maikel⁶.

1, 2, 3, 4, 5, 6 Universidade de Uberaba, Departamento de Engenharia Química, Campus Aeroporto, Avenida Nenê Sabino, 1801, Bairro Universitário, CEP: 38055-500, Uberaba MG, Brasil

e-mail: wandircampos@gmail.com¹; davidmaikel@hotmail.com⁶.

Resumo

Diante da necessidade de se ter fontes alternativas de energia, viu-se na biomassa importante matéria prima sustentável para produção de biodiesel. Tendo em vista que o Brasil é o maior produtor e exportador mundial de café, e conseqüentemente o maior produtor de borra para descarte, para diminuir os impactos ambientais, e até mesmo aperfeiçoar a produção de combustível, observamos que a biomassa obtida após a preparação da bebida é um resíduo doméstico e agroindustrial que apresenta características químicas favoráveis à produção de óleo (subseqüentemente transformado para biodiesel). Com isso procedeu-se à secagem da borra do café em uma estufa para posteriormente fazer a extração do óleo por meio do extrator Soxhlet utilizando-se como solvente orgânico o hexano. Após a obtenção do óleo realizou-se a transformação para biodiesel através do processo de transesterificação por meio de um sistema de refluxo com agitação e aquecimento brando. Após o processo de transesterificação, retirou-se o composto formado e colocou-se em um funil de separação, porém não foi possível distinguir as fases biodiesel/glicerina com facilidade, pois, como o composto é derivado do café, o mesmo possui uma coloração muito escura. A partir disso, para induzir a separação de fases, fez-se uso de glicerina pura, e logo em seguida houve a nítida separação de fases.

Palavras-chave: Biocombustível. Biomassa. Fontes renováveis. Energia alternativa.

1. Introdução

Tendo em vista que nem todo recurso natural é renovável a busca por fontes alternativas capazes de suprirem a demanda energética mundial vêm cada vez mais se tornado um desafio para a sociedade vivente do século (BIO CLEAN ENERGY, 2009). É nesse contexto que a busca por energias alternativas é encarada como decisivas nas questões ambientais apresentando vantagem de serem inesgotáveis e pouco agressivas para o meio ambiente reduzindo assim a dependência de fontes energéticas externas como fontes petrolíferas em razão de que a elevação do preço do petróleo tem sido contínua nos últimos tempos. “O uso em larga escala da energia proveniente da biomassa é apontado como uma grande opção que poderia contribuir para o desenvolvimento sustentável nas áreas ambiental, social e econômica” (TREVISANI et al. 2007, p. 48). A biomassa pode ser considerada como todo recurso renovável proveniente de matéria orgânica apresentando como principal objetivo a produção de energia como, por exemplo, a borra de café que é um resíduo agroindustrial e doméstico (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2009).

O Brasil é o maior produtor e exportador de café do mundo e o segundo maior consumidor, e a borra é um resíduo doméstico diário em quase todas as residências, comércios,

9º ENTEC – Encontro de Tecnologia: 23 a 28 de novembro de 2015

bares, restaurantes e indústrias, e na maioria das vezes o destino final é sempre o lixo (BOWMAN, HILLIGOSS e RASMUSSEN, 2006). “Mesmo não sendo uma oleaginosa o grão de café torrado contém cerca de 10 a 15% de ácidos graxos saturados e insaturados” (ELTON e ALISSON, 2004, pag. 34). O café é um dos produtos do agronegócio mais interessantes no contexto mundial. Por isso, mesmo não sendo considerado um grão oleaginoso como a soja, o algodão ou o milho, a literatura mostra que o grão de café contém certo teor de óleo fixo essencial que pode ser extraído e bem aproveitado gerando rentabilidade e autossuficiência para o produtor e para indústrias. O biodiesel é um biocombustível obtido através da transesterificação de ácidos graxos saturados e insaturados denominados triglicerídeos e representa uma grande diminuição na poluição em relação aos combustíveis fósseis, pois, durante sua reação de combustão a quantidade de dióxido de carbono liberada pela queima é menor, além de ser uma fonte de energia renovável (ALLINGER et al. 1976, p. 72). “O biodiesel é um exemplo, já em aplicação, do emprego da biomassa para produção de energia” (LOTTERO, LOPEZ e SUWANNAKAM, 2006). A transesterificação utilizada para obtenção do biodiesel pode ser etílica, mediante o uso do álcool comum, ou metílica, com a utilização do metanol. A mais utilizada é a transesterificação metílica por ser mais reativa implicando menor temperatura e tempo de reação (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2005).

2. Materiais e Método

2.1 Extração do Óleo

A borra de café foi coletada em residências aleatórias e armazenada em potes individuais com tampa. Inicialmente, pesou-se uma quantidade de 80 gramas de amostra úmida em uma balança analítica e a colocou em placas de petri na estufa com circulação de ar, por um período de 24 horas a uma temperatura constante de aproximadamente 105°C. A cada 2 horas, retiravam-se as placas para

uma rápida homogeneização da amostra e os aglomerados então eram quebrados, posteriormente as placas de petri com borra eram retiradas da estufa por alguns minutos, pesadas e o valor era anotado para acompanhar a secagem. Esse processo foi realizado em um período de 24h até que se atingiu um valor de massa constante, ou seja, mesmo que ficasse por mais tempo na estufa seu valor de massa não iria diminuir mais pelo fato de toda a água que havia na borra já ter sido evaporada. Para que isso ocorresse da maneira correta, é viável que não ocorra a formação de pequenos aglomerados de borra de café na placa de petri. Pensando nisso, houve a necessidade da quebra dos aglomerados que se formavam ao longo da secagem na estufa. Com isso, houve a padronização de um procedimento, onde ocorreu um monitoramento a cada 15 minutos do material que estava dentro da estufa afim de fazer com que a amostra ficasse a mais homogênea possível. Já a pesagem da amostra tinha como principal fundamento a determinação do teor de umidade. A borra, já seca apresentando umidade de aproximadamente 2,2%, foi armazenada em béqueres e vedada com papel filme para que não houvesse entrada de umidade, sendo em seguida armazenada em local seco e fresco para posteriormente ser usada nos demais procedimentos experimentais para a obtenção do óleo.

Em seguida, a amostra da borra de café já seca foi colocada em um cartucho de papel filtro e inserida dentro do Soxhlet. Pode-se resumir que o funcionamento do extrator é basicamente o descrito a seguir: Um balão conectado abaixo do extrator, era submetido à aquecimento constante de uma manta elétrica, fazendo com que o solvente evapore e se liquefaça no condensador de bolas e passe para o Soxhlet procedendo à extração e uma vez atingido o nível no sifão, retorne para o balão reiniciando o processo. Cada amostra permanecia no Soxhlet por 30 minutos em média.

O próximo processo foi então à retirada da mistura presente no balão contendo óleo e

9º ENTEC – Encontro de Tecnologia: 23 a 28 de novembro de 2015

hexano e encaminhando-a para que fosse separada em um destilador simples, para que o solvente fosse reaproveitado. Em seguida o óleo que ficava no balão era medido com o auxílio de uma proveta para a quantificação do rendimento do processo.

2.2 Determinação do índice de acidez

O índice de acidez é uma análise que determina a rota do processo de transesterificação do óleo. Isso ocorre pelo fato de uma acidez elevada dificultar a reação de produção do biodiesel, pois se houver altos índices de ácidos graxos, os mesmos irão consumir a base usada fazendo com que ocorra a formação de sabão ao invés de biodiesel. Como o biocombustível pode ser obtido através da borra do café observou-se então a importância de analisar físico-quimicamente a acidez das amostras para a produção de biocombustível e a partir disso comparar os resultados com os parâmetros pré-estabelecidos pela ANP (Agência Nacional do Petróleo) e alertar para os danos que este podem ser causados nos automóveis se produzido e posteriormente utilizado de forma inadequada. Para a titulação em meio básico foi utilizado o óleo extraído da borra de café, hidróxido de potássio, etanol, fenolftaleína e água destilada. Inicialmente, para o preparo do titulado, foi pesado 0,28 gramas de hidróxido de potássio em balança analítica e posteriormente dissolvido em 50mL de etanol absoluto. Pesou-se 3,0 gramas de óleo em um erlenmeyer 125mL, em seguida foi adicionado 30ml de uma solução tolueno-etanol (1:1 v/v). A amostra foi agitada para dissolução e em seguida foi adicionado fenolftaleína 1% que atuou como indicador. A titulação foi iniciada com a solução de hidróxido de potássio a 0,1 mol.L⁻¹ até atingir uma coloração vermelho bordô devido à cor inicial do óleo.

2.3 Biocombustível

Realizou-se o mecanismo teórico da reação de transesterificação e foi observado que

para que ocorra a formação do biodiesel era necessário utilizar 1,5 gramas de NaOH como catalisador e 20 gramas de metanol para cada 100 gramas de amostra de óleo. Portanto, a mistura reacional foi colocada em um sistema de refluxo, sob agitação constante de uma barra magnética e aquecimento brando (45° C) por cerca de 50 minutos.

Em seguida, a mistura reacional foi transferida para um funil de separação para permitir a decantação e separação das fases: superior contendo biodiesel e inferior composta de glicerol, sabões, excesso de base e álcool (tempo de espera para separação das fases: 24 horas). A fase inferior foi recolhida em uma proveta de 50 mL e o volume obtido foi anotado.

O volume de biodiesel (fase superior) foi medido utilizando-se uma proveta de 250 mL e então retornado ao funil de separação para os procedimentos de lavagem, o qual resume-se a adição de água destilada previamente aquecida até a temperatura de 90°C no biodiesel pelas laterais do funil de decantação. A ausência do catalisador básico no biodiesel pode ser confirmada através da medida do pH da última água de lavagem, a qual deve estar neutra. Nos casos em que houve a formação de emulsão, a mesma foi desfeita com auxílio de um bastão de vidro, agitando-se lentamente a camada emulsificada. O tempo gasto para os procedimentos de lavagem foi de 1,5h. Para remoção dos traços de umidade o biodiesel foi filtrado utilizando-se sulfato de sódio anidro e transferido para uma proveta de 250 mL para medição do volume. O biodiesel mostra-se como um líquido límpido.

3. Resultados

3.1 Secagem da borra de café

Para a produção de biodiesel é imprescindível que o óleo tenha um baixo teor de umidade para que não ocorra nenhum tipo de interferência no resultado desejado, como a reação de saponificação pelo fato de haver um alto número de moléculas de água presentes

9º ENTEC – Encontro de Tecnologia: 23 a 28 de novembro de 2015

no óleo durante o processo de transesterificação. Tendo em vista que a borra de café possui cerca de 70 a 80% de umidade, foram separadas várias amostras de 80g em placas de petri e colocadas em uma estufa à uma temperatura de 105°C por 24 horas com intuito de atingir uma umidade inferior a 2,5%. Após este tempo a umidade das amostras foi de aproximadamente 2%, podendo assim seguir para o próximo passo do experimento.

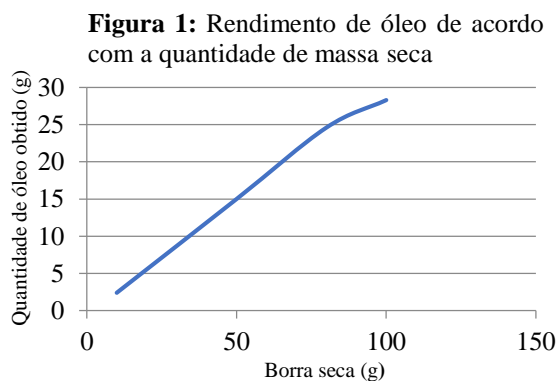
3.2 Escolha do solvente

Em relação ao solvente utilizado, primeiramente existem duas possibilidades, as quais são o etanol e o hexano. Primeiro fez-se o uso do etanol, visando principalmente minimizar a toxicidade do processo pelo fato de o hexano ser nocivo à saúde. Porém o etanol além de retirar o óleo da amostra, também retira substâncias como corantes e açúcares pelo fato do álcool em questão ser polar como os compostos citados. Portanto o uso do etanol como solvente não foi viável, pois ao retirarmos o etanol do óleo em questão por destilação, sobrava um composto extremamente viscoso que após alguns minutos fora de aquecimento ficava rígido, impossibilitando o processo de transesterificação. Portanto fez-se uso do hexano, o qual rendeu uma extração eficaz, seja na extração ou no processo de transesterificação.

3.3 Método de extração

Para o experimento, foram testados dois métodos de extração diferentes. O primeiro método utiliza-se um solvente junto a amostra de borra de café sob agitação e após cerca de dez minutos realiza-se uma filtragem simples com papel filtro para separar a porção de óleo e solvente da parte sólida. Apesar de ser um método bem eficaz, não é o mais efetivo pois mesmo extraindo o óleo, não obteve-se um resultado satisfatório em relação a porcentagem de óleo extraído (cerca de 13% da massa) e principalmente em relação à qualidade do óleo, já que o mesmo continha micropartículas depositadas no fundo. Com isso utilizou-se o método de extração

por solvente via soxhlet, o qual foi bem satisfatório, pois houve um rendimento de cerca de 24% de óleo em relação a massa da amostra como mostra a figura a **Figura 1** a seguir:



3.4 Índice de acidez e escolha do catalisador

Após a extração via soxhlet, foi realizada a análise de acidez do óleo para determinar qual tipo de catálise (ácida ou básica) deveria ser usada. Com isso foi preparada 30 mL de uma solução tolueno-etanol (1:1 v/v) e misturou-se a uma amostra de 3 g de óleo. Após isso foi elaborada uma solução alcoólica 0,1M de KOH (hidróxido de potássio) e colocada na bureta para dar início à titulação. O ponto final da titulação é dado pela manifestação de uma cor vermelho bordô. O cálculo do índice de acidez foi baseado na **Equação 1**:

Equação 1: Equação do cálculo do Índice de Acidez (I.A)

$$\text{ÍNDICE DE ACIDEZ} = \frac{V \times f \times 5,61}{P}$$

Na qual:

f = Fator de correção da amostra de KOH 0,1 molL⁻¹

V = Volume gasto na titulação (mL)

P = Peso da amostra (g)

5,61 = massa referente à solução de KOH 0,1 molL⁻¹

Ao término dos cálculos, o resultado obtido do índice de acidez foi alto (cerca de 1,34 mg KOH/g de óleo), mas não o suficiente para

9º ENTEC – Encontro de Tecnologia: 23 a 28 de novembro de 2015

que atrapalhasse no uso da catálise básica. Portanto utilizou-se o NaOH (hidróxido de sódio) como catalisador, porém em proporções maiores para que a acidez do óleo não neutralizasse a base por completo.

3.5 Formação do biocombustível

Para a formação do biodiesel em si, primeiro foi montado um sistema de refluxo sobre uma chapa com aquecimento e agitação. Após isso pesou-se 20 gramas de óleo, e realizou-se os cálculos necessários referentes as proporções de metanol e de hidróxido de sódio (NaOH) para fazer a primeira tentativa. Portanto foram colocados os 20 gramas de óleo para agitar sob aquecimento brando e em seguida foi adicionado a solução de metanol com o hidróxido de sódio. Após retirada da mistura que estava no balão do sistema de refluxo, pode-se observar que houve uma mudança nas características da substância, pois o óleo passou a ficar menos viscoso e o cheiro que antes lembrava muito o do próprio café, passou a ter um cheiro característico de biodiesel. Com isso colocou-se a mistura em um funil de separação e não foi possível observar a separação nítida das fases, com isso, adicionamos glicerina para que o processo fosse forçado e fosse possível observar as 2 fases, onde era possível notar a glicerina com impurezas na parte inferior e o biodiesel na parte superior.

3.6 Lavagem do biodiesel

Para que o biodiesel estivesse pronto para ser utilizado, primeiro foi necessário a certeza de que estava livre de impurezas. Para que houvesse certeza da convicção de que estava limpo, realizou-se um processo chamado de lavagem, o qual consistiu-se em escoar a glicerina do funil, ou seja, deixar o biodiesel isolado. Após isso aqueceu-se 200mL de água destilada até 90°C. Com isso, colocou-se 10mL de água diretamente no biodiesel com cuidado nas laterais do funil para que não haja nenhum tipo de interação e logo em seguida descartou-se a água. Esse processo foi repetido até que a água a ser descartada

estivesse totalmente límpida para que houvesse certeza de não haver mais nenhuma impureza no biocombustível. Após o final do processo tem-se apenas o biodiesel puro e livre de impurezas.

4. Conclusão

Levando-se em conta os aspectos observados, entende-se que a produção de biodiesel do óleo da borra de café é uma alternativa promissora por se tratar do aproveitamento de um resíduo que não teria mais emprego. Além de se retirar mais um resíduo que seria descartado ao meio ambiente, a borra de café após o processo de extração do óleo pode ser utilizada como filtro para filtrar substâncias impuras, pesquisas realizadas indicam que a borra possui as mesmas características do carvão ativo. A grande vantagem do biodiesel é que ele ajuda a diminuir a poluição causada pelos combustíveis fósseis, pelo simples fato de ser derivado de um composto orgânico.

Por ser um processo ainda pouco comum na comunidade científica, ainda são necessários mais estudos visando melhorar seu rendimento, já que 100 mL de óleo gera apenas 12 mL de biodiesel. Um estudo um pouco mais aprofundados sobre as características da borra de café utilizada possibilitaria um grande aprimoramento das técnicas de extração do óleo e conseqüentemente a obtenção de um maior volume desse combustível.

Nas primeiras tentativas de transesterificação, devido ao grande índice de acidez do óleo, constatou-se a ocorrência de algumas reações indesejadas, como por exemplo, a saponificação. Porém, após a otimização do processo, obteve-se um biodiesel de cor amarelado forte, e com cheiro e viscosidade característicos, permitindo-se concluir que, por meio da reação de transesterificação via catálise básica em meio metanólico, foi possível produzir o biodiesel do óleo extraído da borra de café.

9º ENTEC – Encontro de Tecnologia: 23 a 28 de novembro de 2015**5. Referencias**

ALLINGER, Norman L. et al. **Química Orgânica**. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1976, pág. 72.

BIOCLEANENERGY, **Biodiesel**. Disponível em: <<http://www.biocleanenergy.com.br/pt/produtos.php>>, acessado em maio de 2015.

BOWMAN, M.; HILLIGOSS, D.; RASMUSSEN, S.; **O café no Brasil**. 2006, pag. 103.

LOTERO, E.; LIU, Y.; LOPEZ, D. E.; SUWANNAKAM, K.; **Biodiesel. Quim. Nova** 2005, Talanta 2006, pág 12.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, **Energias renováveis**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/clima/energia/energias-renovaveis/biomassa>>, acessado em maio de 2015.

NEGRINI, F.; RIBANI, P. L.; **Energy Convers. Manage.** 2007, pág. 48.

TREVISANI, L.; FABBRI, M.; Elton, E.; Alisson, T.; **FoodIngredients**. Maio/Junho 2004 - Nº 30 - pág. 34.