



Anais do XXXIV COBENGE. Passo Fundo: Ed. Universidade de Passo Fundo, Setembro de 2006.  
ISBN 85-7515-371-4

## BIODIESEL: UM TEMA PARA UMA APRENDIZAGEM EFETIVA

**Edgardo Aquiles Prado** - edgardo@upf.br  
**Renato André Zan** - rzan@upf.br  
**Deisy Camila Golfetto** - 57010@lci.upf.br  
**Vânia Denise Schwade** – 63851@lci.upf.br  
Universidade de Passo Fundo, Área de Química  
Campus I – Bairro São José  
99001-970 – Passo Fundo - RS

**Resumo:** *O presente trabalho utiliza o tema Biodiesel como gerador de uma aprendizagem efetiva em cursos técnicos de química e nas engenharias. Através da integração de vários assuntos presentes nos planos de ensino de disciplinas de química e de tecnologia, os autores demonstram, através de vários exemplos, como se podem relacionar temas que tradicionalmente são tratados separadamente. Apresentam-se os fundamentos que sustentam a aplicação desta metodologia ao tema Biodiesel e se demonstra a inclusão dos assuntos Energia, Combustíveis e Motores, Estrutura e Propriedades de Moléculas, Reatividade, entre outras. Esta discussão é levada, também, para atividades experimentais onde se pode realizar reações químicas controladas onde uma mesma matéria-prima, a gordura, é transformada ou em biodiesel ou em sabão, fazendo pequenas mudanças nas condições de reação. De maneira semelhante, outros assuntos são propostos para receber este tratamento, promovendo uma aprendizagem efetiva.*

**Palavras-chave:** *Biodiesel, Energia, Educação científica e tecnológica.*

### 1. INTRODUÇÃO

Mais do que acumular conhecimentos, o profissional precisa cada vez mais integrar e associar saberes que são disponíveis de forma fragmentada pelos conhecimentos especializados.

Os desenvolvimentos disciplinares das ciências fragmentam o complexo do mundo em pedaços separados, fracionam os problemas, obrigam-nos a reduzir o complexo ao simples, isto é, a separar o que está ligado, dessa forma, atrofia as possibilidades de reflexão, eliminando as oportunidades de um julgamento corretivo ou de uma visão a longo prazo. (Morin, 2000).

Um tema como o biodiesel é uma oportunidade de combinar vários assuntos e várias disciplinas. Trata sobre alguns dos mais importantes problemas da humanidade, como energia

e meio ambiente. Está no noticiário diário e envolve decisões políticas. Trazer este tema para as salas de aula dos cursos técnicos, permite estabelecer uma ponte para sair do ensino tradicional e conectar o professor e os estudantes ao mundo em que vivem, tornando a aprendizagem significativa.

Não basta, porém, trazer o tema sem uma abordagem metodológica que possibilite esta aprendizagem. Combinar o saber técnico especializado das exatas com o da pedagogia é uma necessidade para qualquer professor e é a intenção deste trabalho.

Como pressuposto pedagógico fundamental utilizaremos a noção, já praticamente consensual, de que a “compreensão é alguma coisa que não se transmite e que só pode ser operada mediante a participação central do estudante” (Astolfi, 2003, p.74).

Como complemento, apontamos que o estudante aprende quando consegue associar um novo conhecimento àqueles que ele já domina e usa para resolver as situações com que se defronta no cotidiano. A adoção de um novo conceito, em oposição ou complementação ao conceito anterior, não é um processo imediato e muitas vezes passa pelo conflito de querer manter, ou combinar, seus saberes antigos com o novo. Nesse processo é muito importante a utilização, no sentido de “teste” de ambos conceitos para a resolução de problemas.

Para isso, poderão ser usadas as aulas de laboratório e/ou a experimentação “virtual”, ou seja, desafiar no estudante o uso do seu modelo mental na resolução de problemas propostos. Isto se concretiza no uso pelo professor de perguntas do tipo: “O que vai acontecer se...?” tão importante nas aulas práticas quanto nas teóricas, pois força o uso, pelo estudante, do seu modelo atual, para explicar e prever comportamentos de sistemas materiais. Corroboramos nesse sentido a afirmação de Galiuzzi e Gonçalves (2004) quando dizem que “... a explicitação do conhecimento do estudante, quer por uma previsão ou uma justificativa para o ocorrido, [...] fornece indícios ao professor das teorias sobre o fenômeno” e isso remete ao estudante a “questionar e perceber lacunas nos entendimentos sobre o fenômeno” (Galiuzzi & Gonçalves, 2004, p. 328).

Utilizando o modelo de representação da realidade, que o estudante aceita como verdadeiro, é que se poderá produzir um confronto entre esse modelo e a realidade. Somente esse confronto pode forçar à evolução na construção anterior do estudante para uma mais próxima daquela que é, no momento, o modelo consensual aceito pela comunidade científica daquela área. Mais do que isso, esta abordagem aponta para a necessidade do convencimento do estudante acerca da viabilidade da nova teoria e ressalta que esse convencimento só pode ser argumentativo.

A nossa experiência no desenvolvimento de disciplinas para a química e para a engenharia, mostra que ao permitir a exposição das previsões de alguns estudantes e estimulando o tratamento respeitoso e argumentativo das idéias costuma suceder-se uma “enxurrada” de perguntas conectadas ao assunto em pauta. Evidentemente o professor não consegue nem deve pretender responder a todas as perguntas. Muitas delas, inclusive, podem ser devolvidas ao coletivo na forma de trabalhos individuais ou em grupos onde aparecerá a conexão entre a curiosidade dos estudantes e o assunto em pauta e serão fonte de informação para o próprio professor.

## **2. PORQUÊ BIODIESEL?**

Mais de 80% de toda a energia consumida mundialmente (Mohanty, 2003) provém, hoje, dos combustíveis fósseis. Carvão, Petróleo e Gás Natural, baratos e abundantes, têm sido a base de todas as economias do planeta, a partir da Revolução Industrial. Apesar das controvérsias sobre a duração das reservas conhecidas e de sua possível ampliação, é inegável que as reservas de boa qualidade e facilmente acessíveis acabaram. Novas descobertas

ocorrem em locais de difícil acesso e, portanto, serão progressivamente mais caras. O mercado internacional desses combustíveis, apesar de ser bastante instável e muito sensível à política, tem apontado uma subida consistente de preços a longo prazo. Paralelamente, o aumento da produção mundial e brasileira de grãos e sua conseqüente baixa nas cotações tem ocorrido simultaneamente à subida dos preços do petróleo.

A auto-suficiência energética do país depende da disponibilidade futura das novas fontes de energia. Nesse sentido, muito tem-se falado do Biodiesel no âmbito nacional, mas, para muitos, principalmente nossos estudantes, não está claro o que é o Biodiesel? Qual sua função? Como se produz? Entre outros questionamentos.

Tentando sanar estas e outras dúvidas a cerca do tema “Biodiesel”, o presente trabalho tem como objetivo utilizar o tema como uma ferramenta de ensino a partir deste instrumento tão comentado no momento atual, e elaborar metodologias para as diversas abordagens possíveis dentro do tema, que serão aplicadas em sala, com a qual pretendemos pesquisar suas contribuições para o ensino de química e de outras disciplinas dos cursos técnicos. Além disso, o tema biodiesel fornece várias alternativas e metodologias para os professores desenvolverem os conteúdos curriculares de química, como meio facilitador do processo de ensino-aprendizagem, bem como proporcionar novas estratégias para a prática docente. A condução do trabalho permite que os assuntos abordados remetam os estudantes à discussão de temas relacionados a outras áreas do conhecimento, além da química (outros temas foram incorporados das Ciências da Natureza, das Ciências Humanas e suas Tecnologias). A partir das atividades desenvolvidas em laboratório, pode-se verificar que os principais objetivos do trabalho podem ser alcançados, pois durante toda a sistematização do processo e organização de materiais, pesquisas e desempenho das atividades planejadas, pôde-se observar que, além do envolvimento, o aparecimento de competências, habilidades e atitudes nas ações do experimento podem surgir por parte dos estudantes.

Como primeira aproximação apresentamos alguns tópicos que podem ser abordados dentro do tema Biodiesel:

- Definição, forma de obtenção, aplicações;
- A necessidade de fontes alternativas de energia;
- Questões ambientais pertinentes ao tema combustíveis;
- Comparações entre o impacto ambiental gerado entre o diesel convencional e o biodiesel;
- Outros combustíveis alternativos;
- Produção de biodiesel a partir de óleos vegetais e gorduras animais;
- Energia, calor, variação de entalpia;
- Cálculos estequiométricos;
- Separação de fases;
- Diferenças entre reações: transesterificação e hidrólise em meio básico (saponificação);
- Funções orgânicas;
- Viscosidade, densidade e outras propriedades físico-químicas.

Apresentamos, a seguir, alguns exemplos de abordagem dos tópicos dentro da sala de aula e no laboratório, que podem relacionar assuntos aparentemente tão diversos como biodiesel e sabões. Em laboratório podemos ainda, demonstrar que ambos são produtos possíveis de obter a partir da mesma matéria-prima, as gorduras, ou triglicerídeos.

## **2.1 Definições, questionamentos e respostas sobre o que é Biodiesel.**

### ***Energia***

Combustíveis fósseis são depósitos de carbono (C) que a natureza levou milhões de anos para produzir, iniciando com o seqüestro de gás carbônico da atmosfera pelos vegetais. As reações de fixação de carbono (de gás para sólido) que deram origem aos combustíveis fósseis

não são espontâneas e só ocorreram porque houve lenta absorção (milhares de anos) de energia solar. O retorno do carbono fóssil para a atmosfera, via combustão, é um processo que libera essa energia muito rapidamente e aumenta a concentração de CO<sub>2</sub> (gás carbônico), e outros gases na atmosfera, responsáveis pelo conhecido “efeito estufa”.

O tema energia é cada vez mais necessário para a formação dos atuais engenheiros devido às implicações econômicas e ambientais de alcance global e cada vez mais aceleradas que a humanidade está, neste momento, enfrentando. Embora não esteja claro qual(is) será(ão) as formas de energia predominantes num futuro próximo, a geração de energia através de biomassa (biocombustíveis) é uma das mais fortes candidatas. Os vegetais são, simultaneamente, captadores e depósitos de energia solar. A exigência de iluminação solar e disponibilidade de água estão presentes em vários lugares do globo mas principalmente em regiões tropicais e sub-tropicais, onde o Brasil ocupa posição invejável.

Mas, como a energia do Sol fica “guardada” dentro das moléculas orgânicas que constituem a biomassa? Essa resposta remete ao conceito de força das ligações através de uma evidência clara como o ciclo fotossíntese ↔ combustão (Figura 1).

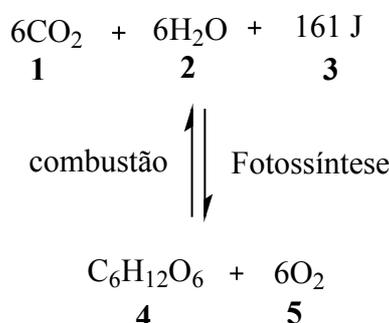


Figura 1 - Esquema das reações de fotossíntese e combustão para uma molécula de glicose (1-Gás carbônico; 2-Água; 3-Energia; 4-Glicose; 5-Oxigênio).

Moléculas “orgânicas” (como a glicose) são constituídas de carbono, em grande proporção. As ligações C-C e C-H formadas nessas moléculas são mais fracas que as ligações C-O e H-O presentes no gás carbônico e na água. Apesar de todas serem ligações covalentes, a diferença é que as últimas são ligações polares (apresentam separação de cargas elétricas). Uma consequência deste entendimento é que moléculas que possuam mais ligações C-C e C-H, como os hidrocarbonetos de cadeia longa (presentes nas gorduras), terão mais energia guardada do que outras, com bastantes ligações C-O e O-H, como a glicose e outros carboidratos. Consequência: 1 g de gordura contém mais energia (engorda mais) que 1 g de açúcar ou amido. E a gordura é, então, uma forma bastante portátil de armazenar energia. Não por acaso, localizada principalmente nas sementes das plantas, responsáveis pelas suas chances de disseminação no ambiente.

Esse entendimento do conceito básico de força das ligações, através de sua associação com fenômenos conhecidos do cotidiano dos estudantes, produz uma aquisição muito mais efetiva do que quando estes são ensinados separadamente. E mais, um conceito básico pode ser continuamente acessado para entender outros problemas do cotidiano. Por exemplo: Por quê o álcool (etanol = C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>O) produz menos energia (é consumido mais em volume) que a gasolina (octano = C<sub>8</sub>H<sub>8</sub>)? Porque o etanol possui algumas ligações C-O e O-H enquanto no octano só há C-C e C-H. Consequência: um litro de etanol produz aproximadamente 0,7 da energia de um litro de gasolina.

## **Combustíveis e Motores**

A mudança gradual da atual matriz energética para a próxima é, também, um fator de sucesso na implementação dos biocombustíveis, comparados às outras alternativas energéticas, como nuclear, fotovoltaica, eólica ou via hidrogênio. A possibilidade de usar arranjos já disponíveis para geração, distribuição e consumo evita a necessidade de pesados investimentos prévios à adoção do novo combustível.

Assim, adição de etanol à gasolina e de biodiesel ao diesel de petróleo (petrodiesel), que vem sendo feita pioneiramente no Brasil há poucos anos, usa a capacidade instalada do agronegócio da cana e das oleaginosas e permite prever um crescente aumento da necessária evolução tecnológica para lidar com essas substâncias.

Comparados à biomassa, os combustíveis fósseis têm composição bastante simples e constante (embora uma gota de gasolina contenha centenas de diferentes tipos de moléculas). A utilização da biomassa bruta (produção, transporte e consumo) é muito dificultada por essa razão. O processamento e a purificação são necessários para atender aos usos correntes de energia onde se pretende substituir.

A tecnologia de produção, distribuição e utilização de etanol como complemento à gasolina vem sendo aperfeiçoada desde pelo menos a década de 80. A produção de carros “flex”, bi e tri (Gasolina/Etanol/Gás) combustível, já é uma realidade graças ao desenvolvimento do sistema de injeção eletrônica. Usado principalmente em carros de passeio, o motor a explosão (detonado por uma faísca elétrica feita pela “vela”) tem eficiência energética (conversão da energia do combustível em movimento) menor e trabalha em menores temperaturas que o motor a diesel. O combustível deve vaporizar e queimar facilmente a temperatura ambiente para a partida. A gasolina de petróleo, por exemplo, tem sua composição média feita de moléculas com cadeias de oito átomos de carbono, como o octano.

O diesel de petróleo tem composição média de moléculas de 18 carbonos, que não vaporizam tão facilmente e que, por isso, precisam maiores temperaturas para a queima. Para causar aumento da temperatura, o motor a diesel realiza a ignição do combustível por compressão. São motores bem mais pesados e trabalham a mais altas temperaturas, razão pela qual têm maior eficiência energética. As altas temperaturas, porém, favorecem a formação de óxidos de nitrogênio (NOx), altamente poluentes. Nestes motores, a função lubrificante é desempenhada parcialmente pelo próprio combustível, que deve se manter líquido até antes da injeção no motor.

O uso de óleos vegetais ou animais (triglicerídeos) diretamente nos motores diesel é um desejo antigo, porém, limitado por algumas propriedades físicas dos mesmos, que implicam em alguns problemas nos motores, principalmente uma combustão incompleta. Os triglicerídeos costumam ter mais de 50 carbonos em suas moléculas causando principalmente alta viscosidade e baixa volatilidade. Os principais problemas encontrados no uso direto dos triglicerídeos, como combustíveis em motores diesel são: a formação de excessivos depósitos de carbono no motor; obstrução nos filtros de óleo e bicos injetores; diluição parcial do combustível no lubrificante e conseqüente comprometimento da durabilidade do motor com aumento considerável em seus custos de manutenção.

Assim, visando reduzir a viscosidade dos óleos vegetais, diferentes alternativas de processamento têm sido consideradas, tais como diluição, microemulsão com metanol ou etanol, craqueamento catalítico (pirólise) e reação de transesterificação com etanol ou metanol. Entre essas alternativas, a transesterificação tem se apresentado como a melhor opção, visto que o processo é relativamente simples promovendo a obtenção de um combustível, denominado biodiesel, cujas propriedades são similares às do óleo diesel (Ferrari *et al.*, 2005).

A legislação brasileira define biodiesel como um derivado de um mono-álquil éster de ácidos graxos de cadeia longa, proveniente de fontes renováveis como óleos vegetais ou gordura animal, cuja utilização está associada à substituição de combustíveis fósseis em motores de ignição por compressão (motores do ciclo Diesel). Nessa etapa de abordagem do tema onde se define o que é biodiesel, podem surgir outras questões em sala de aula: O que é um mono-álquil éster de ácidos graxos de cadeia longa? E o que é um ácido graxo? De onde vêm os ácidos graxos? Como se obtém um mono-álquil éster a partir de um ácido graxo? Ao discutir estes questionamentos, temos uma gama de oportunidades dentro do tema para abordar conteúdos curriculares do cotidiano da química.

### ***Estrutura e propriedades de moléculas orgânicas***

Para responder à pergunta: “O que é um mono-álquil éster de ácidos graxos de cadeia longa?” podemos abordar temas como funções orgânicas, onde é interessante destacar diferenças entre o biodiesel e o diesel convencional, no que diz respeito às suas estruturas químicas. Na Figura 2, pode-se comparar o hexadecano ( $C_{16}H_{34}$ ) e o palmitato de etila ( $C_2H_5-OOC-C_{15}H_{31}$ ). O primeiro pertence à função hidrocarbonetos (alcanos) e o segundo aos ésteres.

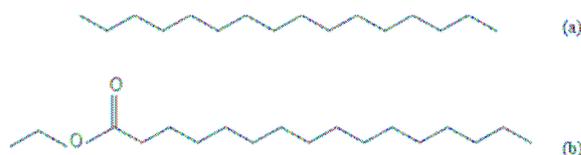


Figura 2 - Comparação das estruturas do hexadecano (diesel) (a) e do palmitato de etila (biodiesel) (b). Os átomos de H foram suprimidos para facilitar a visualização.

O tamanho levemente maior e a presença de algumas ligações polares, permite prever maiores temperaturas de ebulição para o biodiesel, o que de fato ocorre. Salienta-se, retomando o que foi discutido no item energia, que o fato de ter oxigênio na molécula tem o duplo efeito de diminuir a energia liberada na combustão de uma mesma massa ao mesmo tempo em que permite uma queima mais rápida e eficiente já que o combustível entra no motor parcialmente oxidado.

Outra pergunta que o professor poderá incluir seria: “E o que é um ácido graxo? De onde vêm os ácidos graxos?” Aqui podemos abordar um pouco de funções orgânicas quando demonstramos a estrutura de um triglicerídeo, representado na Figura 3.

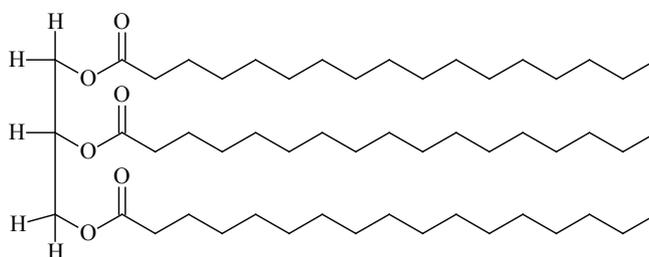


Figura 3 - Estrutura de um triglicerídeo (gordura). Alguns átomos de H foram suprimidos para facilitar a visualização.

Também, podemos discutir e demonstrar as diversas fontes de obtenção dos triglicerídeos e mostrar percentuais de óleo em cada oleaginosa, salientando que as gorduras animais,

também, são feitas de triglicerídeos. Demonstra-se, assim, a grande gama de possibilidades de obtenção de biodiesel através de triglicerídeos. A Tabela 1, mostra exemplos de oleaginosas e seu respectivo percentual de óleo.

Tabela 1 - Teor de óleo de várias espécies de oleaginosas

Oleaginosa	Teor de óleo
babaçu	4 a 6%
soja	18 a 21%
Dendê	20 a 30%
pinhão-manso	30 a 40%
girassol	35 a 50%
amendoim	40 a 50%
mamona	45 a 55%

A composição química de cada óleo pode ter variações significativas dentro de cada espécie, dependendo das técnicas de cultivo, genética etc. Pode ser discutido aqui que a diversidade climática permite que o Brasil possua várias fontes economicamente viáveis de produzir biodiesel e que as opções dependerão das tecnologias disponíveis e de algumas opções políticas nacionais.

### Reatividade

Uma das reações mais importante envolvendo as gorduras e a principal responsável pela degradação destas é a hidrólise (ou quebra pela água). Qualquer triglicerídeo está sujeito a esta reação, que é responsável pela conhecida acidificação (rancificação) das gorduras e só necessita da presença de pequenas quantidades de água. Os produtos são a glicerina e ácidos graxos livres, como mostra a Figura 4. A presença de ácidos ou bases atua como catalisador, acelerando a reação, assim como o aumento da temperatura.

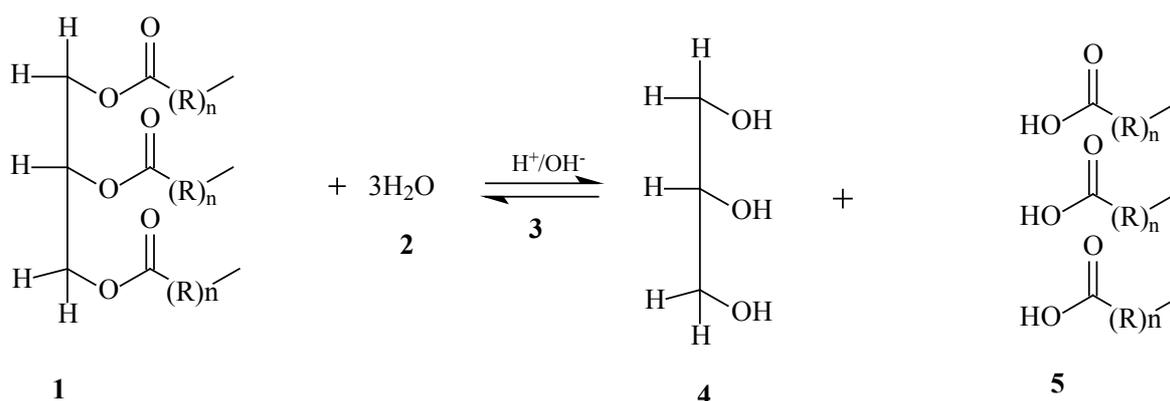


Figura 4 - Reação de hidrólise ou quebra das moléculas de triglicerídeos pela ação da água. (R)<sub>n</sub> representa uma cadeia de átomos de carbono de tamanho n. (1-triglicerídeo; 2-água; 3-catalisador; 4-glicerina; 5-vários ácidos graxos).

Podemos comparar as diferenças entre a obtenção do biodiesel (Figura 5) e de um sabão (Figura 6). A diferença aparentemente pequena entre os desenhos das reações, fornece a pista para entender as grandes diferenças entre as propriedades dessas substâncias. O sabão é

solúvel em água, ao contrário do biodiesel. A densidade de um sabão é maior que a da água e ele afunda, o biodiesel flutua etc. Nesse ponto da discussão podemos tratar das reações específicas de obtenção do biodiesel e as diversas rotas de síntese possíveis, bem como as peculiaridades entre as reações de transesterificação (rota do biodiesel) e a reação de hidrólise em meio básico (rota de saponificação), mostrando as diferenças entre as duas reações, bem como os cuidados que se deve ter em relação à obtenção do biodiesel.

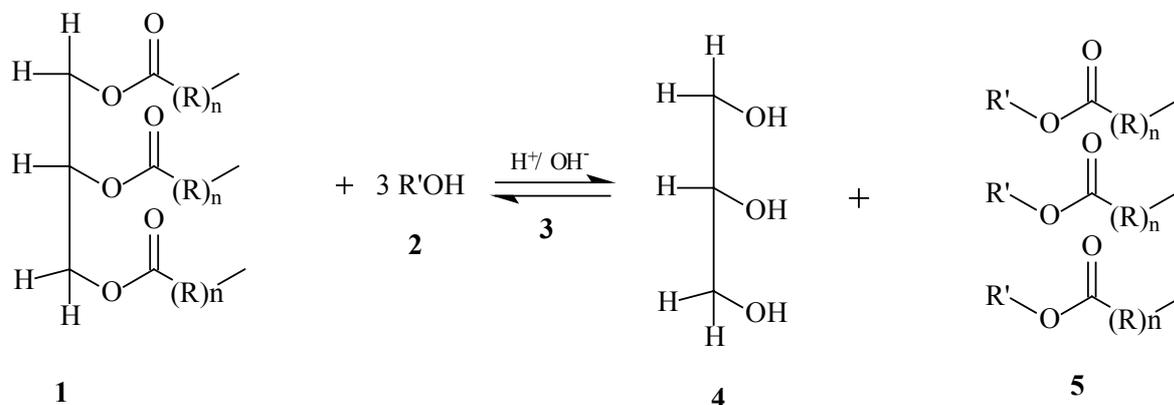


Figura 5 - Reação de transesterificação de óleos vegetais e/ou gorduras animais. (R)<sub>n</sub> representa uma cadeia de átomos de carbono de tamanho n. (1-triglicerídeo; 2-álcool; 3-catalisador; 4-glicerina; 5-biodiesel.)

A reação é chamada de transesterificação porque o éster original (o triglicerídeo) se transforma em três ésteres de menor tamanho, já que a glicerina, que lhe dá o nome é substituída por outro grupo de átomos, que originalmente se ligava ao álcool genérico R-OH.

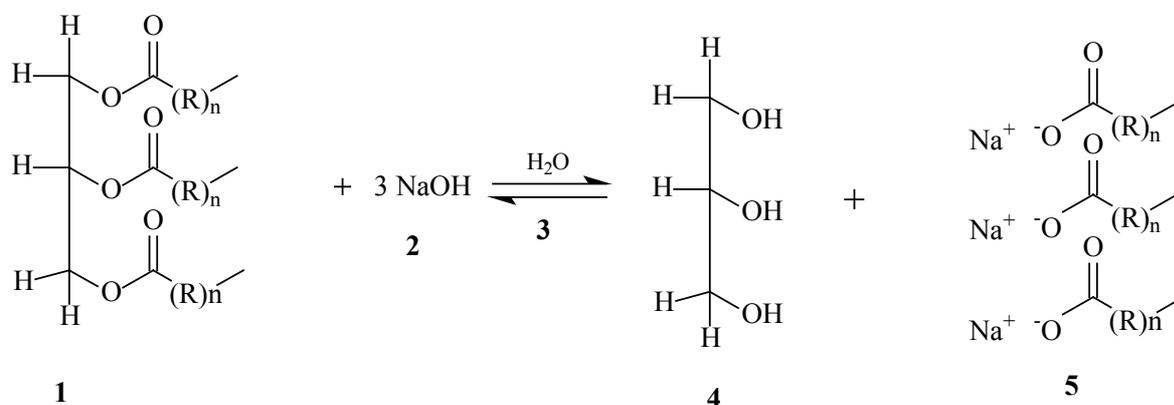


Figura 6 - Reação de hidrólise básica (saponificação). (R)<sub>n</sub> representa uma cadeia de átomos de carbono de tamanho n. (1-triglicerídeo; 2-álcool; 3-catalisador; 4-glicerina; 5-sabão)

Quando deparamos o estudante com as duas reações (de transesterificação e saponificação), podemos abordar algumas diferenças entre uma reação e outra, levando-o assim a pensar como apenas com a alteração do álcool pela água pode modificar tanto a reação a ponto de transformar o triglicerídeo em biodiesel (éster) ou em sabão. Nesse ponto da discussão é fácil preparar uma aula prática com os estudantes mostrando como se obtém o biodiesel através de diferentes óleos ou gorduras, com materiais conhecidos (NaOH (soda), óleo vegetal e álcool), ou também como a reação pode deslocar seu equilíbrio no sentido da

formação do sabão, apenas com o aumento da umidade no óleo ou o contato direto do óleo com o NaOH, mostrando assim vários interferentes possíveis na reação de transesterificação. Então, podemos demonstrar que, com a presença de água no meio reacional a produção de biodiesel é desfavorecida, em contrapartida, a reação de saponificação (indesejada no processo) é acelerada. Por isso o álcool usado deve ser isento de água.

As Figuras 7 e 8 são algumas fotos de experimentos testados em laboratório para obtenção de biodiesel e sabão. As diferenças bem marcantes de cor, densidade e aspecto facilitam o entendimento de que efetivamente houve diferentes reações químicas já que os produtos são bem diferentes e, espontaneamente, se separam.

Pode-se, também, abordar aspectos que digam respeito às concentrações molares dos reagentes, desenvolvendo assim o raciocínio para o cálculo estequiométrico. As Figuras 9 e 10, comparam os resultados esperados para a transesterificação com álcool metílico (metanol) e com álcool etílico (etanol). Nesse intuito de analisar estequiometricamente a reação de transesterificação deve-se analisar o óleo vegetal como se fosse uma substância pura. Desta maneira a reação de transesterificação metílica pode ser representada na Figura 9.

Considerando as massas molares de tais substâncias, o consumo de metanol é cerca de 10% da massa de óleo vegetal transesterificado, já o consumo de etanol é de cerca de 15% em relação à massa de óleo vegetal, ou seja, há um consumo 50% maior, em massas dos álcoois, em relação à rota metílica. Considerações sobre custos e rendimentos de duas rotas de obtenção para um produto são uma das principais funções profissionais dos engenheiros e devem estar presentes desde o início de sua formação.

Quanto ao rendimento do processo, a rota etílica leva desvantagens frente à rota metílica, devido ao etanol ser um agente solubilizador entre o biodiesel e a glicerina mais forte que o metanol, desfavorecendo a reação direta (Princípio de Le Chatelier – quando a concentração de produto aumenta em uma fase homogênea em equilíbrio químico, esse equilíbrio é deslocado no sentido do consumo dos produtos).

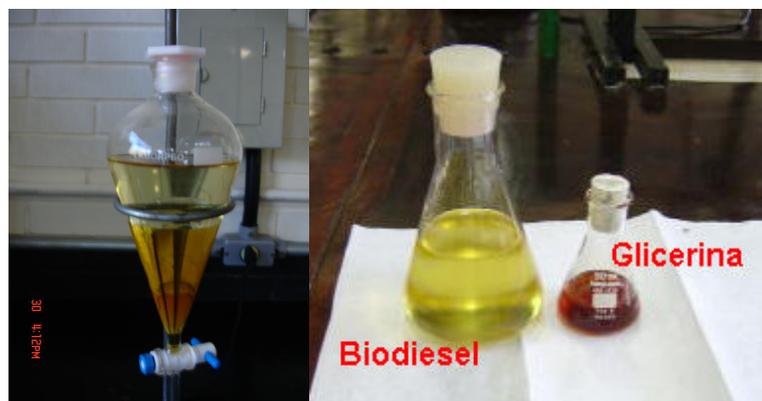


Figura 7 - Biodiesel e glicerina separados por decantação (esquerda). Nota-se as diferenças de volume e de coloração. (biodiesel - fase superior, glicerina - fase inferior).



Figura 8 - Reação de transesterificação que não deu certo (saponificou) devido à presença de umidade na reação. O sabão é mais denso e afunda no óleo remanescente.

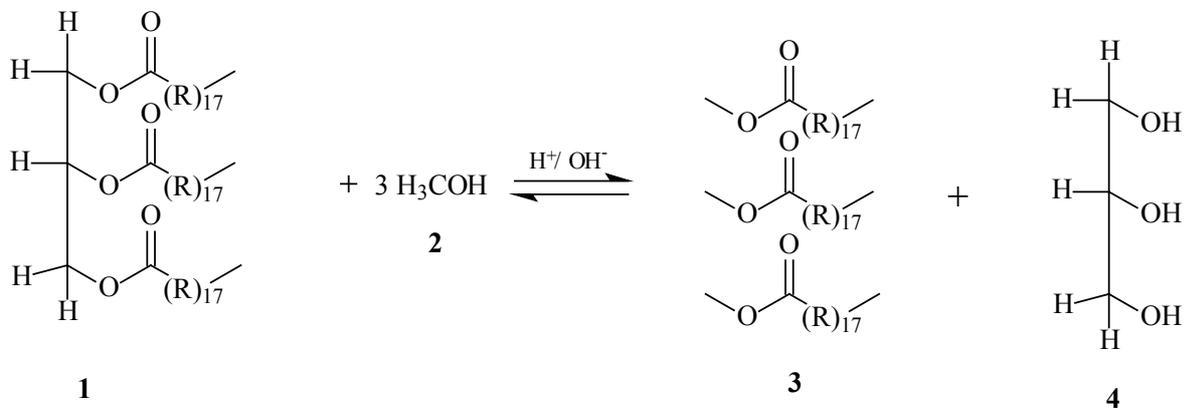


Figura 9: Reação de transesterificação metílica (1 - óleo vegetal; 2 - metanol; 3 - biodiesel metílico; 4 - glicerol).

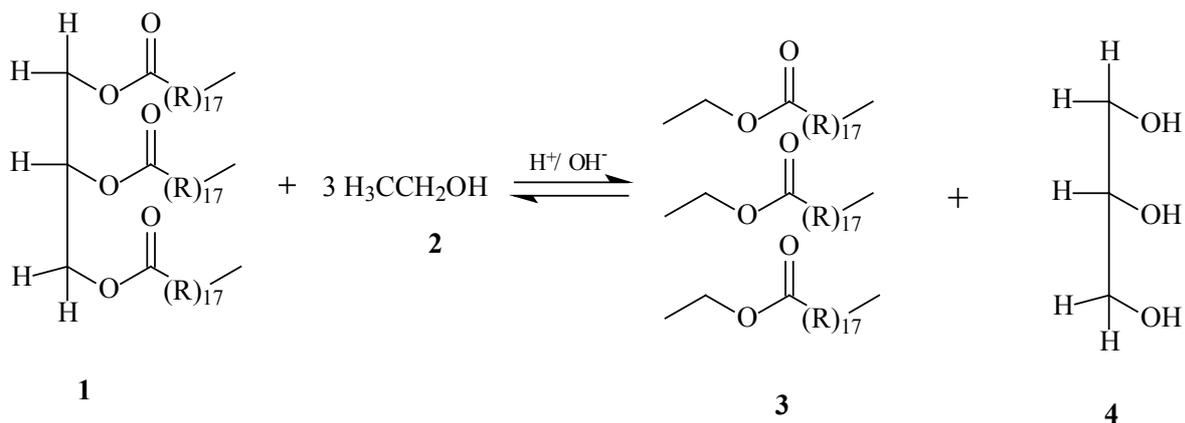


Figura 10: Reação de transesterificação etílica (1 - óleo vegetal; 2 - etanol; 3 - biodiesel etílico; 4 - glicerol).

Outro ponto a se abordar está relacionado à cinética (velocidade) da reação, onde sabemos que o biodiesel é produzido da reação de transesterificação entre um óleo vegetal e um álcool (metanol ou etanol), frente à presença de um catalisador alcalino (NaOH ou KOH).

Porém, é necessário um controle da reação de formação do catalisador para que a transesterificação ocorra.

Na Figura 11, é demonstrado como ocorre a formação do alcoóxido, onde podemos demonstrar o ataque do anion do hidróxido ao hidrogênio do álcool, quebrando a ligação O-H, produzindo água e o alcoóxido (metóxido) o qual, por sua vez, é o verdadeiro catalisador da produção dos ésteres (biodiesel).

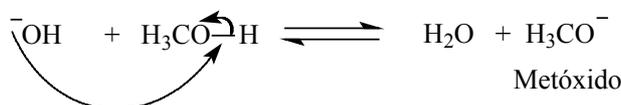


Figura 11 - Formação do alcoóxido (metóxido)

Seu elétron ataca as moléculas do triglicerídeo (óleo vegetal), deslocando a glicerina. Em paralelo, a uma competição entre a hidroxila e o alcoóxido, forçando uma reação indesejada de saponificação.

Um ponto importante dentro da cinética da reação é a substituição do metanol por etanol, nesse caso, a reação de formação do alcoóxido (etóxido no caso do etanol) é dificultada, devido a ligação O-H do etanol ser mais forte do que a do metanol, uma vez que o efeito indutivo do grupo etila é maior que do grupo metila, fazendo com que disponibilidade do alcoóxido na rota etílica seja bem menor que na rota metílica. Considerando tudo isso, a reação de transesterificação pela rota etílica é mais lenta que a rota metílica.

A presença de água na reação desfavorece a formação do catalisador (alcoóxido) e acelera a reação de saponificação, que não é desejada na reação, devido a isso o álcool utilizado deve ser anidro.

Um fator a se abordar, também, são as dificuldades de separação do biodiesel e a glicerina, principalmente pela rota etílica, devido ao efeito solubilizante entre os ésteres (biodiesel), o etanol e a glicerina ser mais forte. Além disso, o etanol tem um poder dispersante mais fraco que o metanol.

Outro ponto a se trabalhar com os estudantes diz respeito às propriedades físico-químicas, entre elas viscosidade, ponto de fulgor, densidade, umidade, sódio e potássio residuais, entre outras características.

E por fim, um tema que acompanha o biodiesel é a questão ambiental. A obtenção, distribuição e uso da energia vem afetando cada vez mais o planeta. A queima de biodiesel não elimina a produção de CO<sub>2</sub>, apenas minimiza as quantidades de emissão de substâncias reconhecidamente perigosas como materiais particulados (fuligem, fumaça preta), monóxido de carbono, hidrocarbonetos não queimados, hidrocarbonetos aromáticos policíclicos e óxidos de enxofre e de nitrogênio, como mostra a Tabela 2, em gramas por bilhões de hp.hora (g/bhp.hr).

Tabela 2 - Índices de emissão de poluentes no diesel e biodiesel.  
(MP = Material Particulado; CO = monóxido de carbono; HCNQ= Hidrocarbonetos não queimados; NOx = Óxidos de Nitrogênio )

g/bhp.hr	MP	CO	HCNQ	Nox
Diesel	0,261	1,67	0,45	4,46
Biodiesel	0,216	1,50	0,38	4,25
Redução (%)	-26,80	-9,80	-14,20	-4,60

### 3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Levando-se em conta a carência por temas que abordem mais o cotidiano e transformem as disciplinas de química e outras disciplinas técnicas em disciplinas mais atraentes e menos maçantes para nossos estudantes, tratando de temas atuais mostrando a ciência dentro desses temas, e vendo o biodiesel como tema integrador de conteúdos e de caráter transversal com vários enfoques a serem trabalhados, transformando e desenvolvendo nossos estudantes, podemos perceber que esse trabalho vem ao encontro desses anseios e de alguma forma vai contribuir na formação dos nossos estudantes. Outros temas podem ser abordados de maneira semelhante. Só para citar alguns exemplos, teríamos o tema dos explosivos, alimentos, materiais de engenharia, energia nuclear entre outros.

Mas, mais do que um roteiro de exemplos, é importante que os professores percebam que podem e devem estabelecer conexões entre os diferentes aspectos de cada problema analisado, pois "...a ciência física não é puro reflexo do mundo físico, mas sim uma produção cultural, intelectual, noológica, cujos desenvolvimentos dependem da sociedade e das técnicas de observação-experimentação por ela produzidas. A energia não é um objeto visível, mas um conceito produzido para dar conta das transformações e de invariâncias físicas, desconhecido até o século XIX. Devemos ir do físico ao social e também ao antropológico, porque todo o conhecimento depende das condições, possibilidades e limites do nosso entendimento, do nosso espírito-cérebro de *homo-sapiens*"(Morin, 2002, p.54)

O tema biodiesel é um dos que fornece uma abordagem ampla, de vários temas que foram discutidos ao longo do texto, tais como a identificação de funções e reações orgânicas, variação de energia nas reações, propriedades físicas e químicas, tratamentos de dados, questões ambientais etc, podendo o professor ao longo da abordagem desses temas trabalhar valores, atitudes e senso crítico dentro da sala de aula, desenvolvendo também a consciência de cidadania mundial que o tema também aborda.

#### *Agradecimentos*

À Universidade de Passo Fundo, pelo apoio institucional.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASTOLFI, J.P., DELEVAY, M. **A didática das ciências**. Campinas: Ed. Papirus, 8<sup>a</sup>. ed, 2003.
- FERRARI, R. A., OLIVEIRA, V. S. e SCABIO, A., Biodiesel de soja: taxa de conversão em ésteres etílicos, caracterização físico-química e consumo em gerador de energia. **Química Nova**, vol.28, nº.1,p.19-23, 2005.
- GALLIAZZI, M.C., GONÇALVES, F.P. A natureza pedagógica da experimentação: uma pesquisa na licenciatura em química. **Química Nova**, Vol 27, n. 2, p. 326-331, 2004.
- HOLANDA, A., **Biodiesel e inclusão social**, Câmara dos Deputados, Coordenação de Publicações, 2004.
- MOHANTY, K.K.,The Near-Term Energy Challenge, **AICHE Journal**, Volume 49, p. 2454-2460, 2003.
- MORIN, E., **A cabeça bem feita: repensar a reforma, reformar o pensamento**, Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 2000, p.14
- \_\_\_\_\_ **Educação e complexidade: os sete saberes e outros ensaios**. São Paulo: Ed. Cortez, 2002.
- NOGUEIRA, N. R., **Temas Transversais Reflexões e Práticas rumo a uma nova Educação**, São Paulo, Ed. Érica, 2002.

SANTOS, W. L. P. e SCHNETZLER, R. P., **Educação em química: compromisso com a cidadania**, Ijuí, Ed. da Unijuí, 1997.

TOZONI-REIS, M.F.de C. **Educação Ambiental: Natureza, razão e história**, Ed.Autores Associados, 1a edição. São Paulo, 2004.

## **BIODIESEL - A SUBJECT FOR A EFFECTIVE LEARNING**

***Abstract:** The present work uses the Biodiesel subject as generating of an effective learning in chemistry and engineering courses. Through the integration of some subjects in the education plans of chemistry and of technology disciplines, the authors demonstrate, through some examples, as they can relate subjects that traditionally are treated separately. Are presented the basis that support the application of this methodology to the Biodiesel subject and demonstrates the inclusion of the subjects Energy, Fuels and Engines, Structure and Properties of Molecules, Reactivity, among others. This approach is also taken for experimental activities that can be carried through controlled chemical reactions where one same raw material, the fat, is transformed or into biodiesel or soap, making small changes in the reaction conditions. In the same way, other subjects can be treated in this way to promote the effective learning.*

***Key-words:** Biodiesel, Energy, Scientific and Technologic Education*