

23290

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Solos
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

633.854
R1657
2010

Embrapa Amazônia Ocidental
SIN - BIBLIOTECA

Zoneamento Agroecológico, Produção e Manejo para a Cultura da Palma de Óleo na Amazônia

Editores Técnicos

**PARTE I – Zoneamento Agroecológico para a Cultura da Palma de Óleo
(Dendezeiro) nas Áreas Desmatadas da Amazônia Legal**

Antonio Ramalho Filho
Paulo Emílio Ferreira da Motta

**PARTE II – Produção e Manejo Sustentáveis para a Cultura da Palma de Óleo
(Dendezeiro) na Amazônia**

Pedro Luiz de Freitas
Wenceslau Gerales Teixeira

Embrapa Solos
Rio de Janeiro - RJ
2010

Cultura da palma de óleo no contexto da agroenergia: biomassa e biocombustível

*Wanderlei Antônio Alves de Lima, Wilma Araújo Gonzalez,
Luiz Eduardo Pizarro Borges, Paulo César Teixeira, Ricardo Lopes,
Raimundo Nonato Vieira da Cunha e Raimundo Nonato Carvalho da Rocha*

1. Introdução

A biomassa vegetal é a principal fonte alternativa de energia renovável de pronto acesso, e o Brasil reúne as melhores vantagens comparativas nessa área. A forte demanda atual por fontes de energia alternativas ao petróleo abriu amplas possibilidades para o País que, graças a uma conjugação de fatores naturais, geográficos e políticos, tem potencial para se tornar líder mundial na produção de biocombustíveis. A política de mudança da matriz energética do País determina que as tecnologias para produção de energia de biomassa devem ser pautadas pela sustentabilidade energética, ambiental, social e econômica. Existem diferenças regionais marcantes que devem ser consideradas na elaboração de políticas energéticas, vide a Amazônia, onde, devido à sua dimensão e à dispersão territorial das populações, não são factíveis modelos de geração e distribuição de energia de forma centralizada para grande parte da população.

O Brasil já teve diversas experiências relacionadas ao tema da agroenergia: na década de 20, o Instituto Nacional de Tecnologia (INT) estudou e testou combustíveis alternativos; na década de 70, o

Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) e a Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira (CEPLAC) desenvolveram projetos visando ao uso de óleos vegetais como combustíveis, com destaque para o Diesel. Ainda nessa década, pesquisadores do Instituto Militar de Engenharia (IME) e do CENPES/PETROBRAS desenvolveram estudos sobre o craqueamento catalítico de óleos vegetais, enquanto pesquisadores da Universidade Federal do Ceará, liderados pelo Professor Expedito Parente, desenvolveram estudos que viabilizaram um novo combustível originário de óleos vegetais: o biodiesel, que gerou processo de patente, atualmente expirado.

Cita-se, ainda, o programa da Comissão Nacional de Energia denominado Programa Nacional de Óleos Vegetais (PRO-ÓLEO), que foi instituído por meio da Resolução nº. 7 de 22 de outubro de 1980. Esse programa estimulou diversos grupos de pesquisa a desenvolverem projetos para a produção de energia a partir de óleos vegetais e foi o ponto de partida para o estabelecimento do ambicioso programa de pesquisas com o óleo de palma, iniciado pela Embrapa em 1980. Em 1986, com a queda do preço do barril de petróleo, esse programa foi descontinuado em nível nacional.

O que difere o momento atual dos anteriores, nos quais o incentivo e o investimento na produção de biodiesel foram momentâneos, é que o foco era principalmente econômico: por isso, só se dava destaque a esses estudos quando o preço do petróleo estava em alta. Não havia ainda consciência e apelo ambiental da sociedade pela mudança da matriz energética em função das mudanças climáticas globais. De qualquer forma, mesmo sem políticas de incentivo, vários grupos de pesquisa deram continuidade aos estudos visando ao desenvolvimento de tecnologias para uso de óleos vegetais com fins energéticos.

O apelo ambiental para substituição da matriz energética – substituição do petróleo por fontes renováveis – tomou força no início da década de 1990, quando países europeus começaram a utilizar o biodiesel. No Brasil, as políticas públicas para estimular a produção e o uso do biodiesel ressurgiram no início dos anos 2000. Em 2002, o Ministério de Ciência e Tecnologia criou uma rede de instituições para estudar a produção e o uso do biodiesel através da reação de transesterificação do óleo de soja com etanol; em 2003, foi instituído um Comitê Interministerial (CI) para estudo da viabilidade do uso do biodiesel no País.

Como resultado do trabalho do CI, o Governo Federal lançou, em 2004, o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB) e, em 2005, foi publicada a Lei nº. 11.097, que dispõe sobre a introdução do biodiesel na matriz energética brasileira e a criação do Plano Nacional de Agroenergia (PNA). A Petrobras, empresa estatal que controla a produção de petróleo no País, criou, em julho de 2008, a Petrobras Biocombustível, o que demonstra que o biodiesel efetivamente deverá ter importante participação na matriz energética brasileira.

Em 2003, diante do cenário que novamente manifestava interesse pelo uso energético de óleos vegetais, foi iniciada uma parceria entre a Embrapa Amazônia Ocidental (CPAA) e o IME para a utilização do óleo de palma (óleo de dendê) como matéria-prima para a produção de biodiesel por rota etílica. Nessa parceria, a Embrapa contribui com o conhecimento da cadeia produtiva do óleo de palma e o IME, com a tecnologia de transformação do óleo em biodiesel.

O óleo diesel comercializado em todo o Brasil passou a conter, obrigatoriamente, 3% de biodiesel desde 1º de julho de 2008. Esse teor foi estabelecido pela Resolução nº. 2 do Conselho Nacional de Política Energética (CNPE), publicada em março de 2008, que aumentou de 2% para 3% o percentual obrigatório de mistura de biodiesel ao óleo diesel (Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis – ANP, 2009). Segundo a ANP, a adição de 3% de biodiesel ao diesel de petróleo não exige qualquer ajuste ou alteração nos motores; portanto, os veículos que utilizam o combustível têm garantia de fábrica, assegurada pela Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores (Anfavea). Em julho de 2009, esse teor foi aumentado para 4%, segundo a ANP. Posteriormente, o marco regulatório foi modificado e já em janeiro de 2010 foi utilizado B5, isto é, 5% de biodiesel em mistura com o diesel (Figura 1).

No caso específico da Amazônia, devido às condições de temperatura, luz e umidade; áreas de clima tropical úmido favorecem a produção de biomassa. Desse modo, acredita-se que as palmáceas oleaginosas, altamente adaptadas e produtivas na região, terão importante papel na produção de bioenergia. Os cultivos perenes, principalmente de palmáceas, são os mais adequados para a produção de bioenergia nas condições agroecológicas

Figura 1 – Marco Regulatório do Programa Nacional de Produção e uso do Biodiesel (PNPB)



da Amazônia, visto que, depois de estabelecidos, são explorados por vários anos sem necessidade de preparo do solo. Proporcionam, ainda, cobertura permanente do solo, evitando que o impacto direto das intensas chuvas provoque erosão e lixiviação.

A cultura da palma de óleo (*Elaeis guineensis* Jacq.) tem grande potencial para contribuir na efetivação da produção de biodiesel/biocombustível na Amazônia, fato já reconhecido pelo governo federal ao definir a palma de óleo como a espécie com potencial para ser usada no âmbito do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB). Em maio de 2010, o governo brasileiro lançou o Programa de Produção Sustentável de Palma de Óleo no Brasil, colocando a palmácea como produto estratégico para o País: a indústria, os agricultores e o governo federal vêem na cultura da palma de óleo uma atividade econômica com uma série de vantagens e oportunidades.

Cabe ressaltar que a palma de óleo merece destaque na agricultura bioenergética por apresentar a maior produtividade entre as oleaginosas (4 a 6 toneladas de óleo/ha/ano). É uma cultura perene que, quando plenamente estabelecida, protege o solo contra erosão, apresenta relativamente baixo custo de produção do óleo, produz durante todo o ano e tem possibilidade de exploração por longo prazo. Possui, ainda, grande capacidade de fixação de carbono; alta eficiência na conversão energética, com balanço energético altamente positivo; e gera, também, subprodutos com uso energético (cascas, fibras e efluentes de usina de processamento de cachos).

Apesar de algumas experiências realizadas com óleo de palma para fins energéticos, tanto para uso como combustível em veículos automotores como em motores estacionários, sua participação na matriz energética ainda é pequena, destacando-se a produção de biodiesel pela empresa Agropalma. Os fatores que contribuem para essa pequena participação, apesar do potencial que apresenta, estão mais relacionados a questões de oportunidade de mercado (valores pagos pela indústria de alimentos são mais vantajosos) e restrições à expansão do cultivo (legislação ambiental de uso de terras na Amazônia e financiamento adequado às características da cultura) do que a questões técnicas do processo de produção do biodiesel.

2. Óleo de palma como matéria-prima

2.1. Extração e características do óleo de palma

A extração do óleo dos cachos de palma de óleo é realizada por processos puramente físicos, sendo basicamente: esterilização, debulhamento, digestão, extração (prensagem), decantação e coleta do óleo. O processamento resulta na produção do óleo de dendê, conhecido no mercado internacional como óleo de palma (*palm oil*), e do óleo da amêndoa (endosperma), conhecido como óleo de palmiste (*palm kernel oil*), além de cachos vazios, fibras, cascas, torta de palmiste e

efluentes líquidos (Tabela 1). A relação entre as quantidades dos tipos de óleo é de aproximadamente nove de óleo de palma para uma de óleo de palmiste.

Tabela 1 – Produtos e subprodutos resultantes do processamento de cachos de palma de óleo (Fonte: KALTNER; FURLAN JÚNIOR, 2000).

Produtos/ subprodutos	Participação no peso de cachos processados (%)
Óleo de palma bruto	20,0
Óleo de palmiste	1,5
Torta de palmiste	3,5
Cachos vazios	22,0
Fibras	12,0
Cascas	5,0
Efluentes líquidos	50,0

O óleo de palma tem amplo uso na indústria de alimentos, farmacêutica, química e também siderúrgica, além de ter grande potencial na produção de energia renovável. O balanço entre ácidos graxos saturados e não saturados do óleo de palma, associado ao seu alto conteúdo de vitamina E, o torna um óleo relativamente estável. O insaturado é, principalmente, o ácido oleico monoinsaturado (40%) e os saturados consistem em 44% de ácido palmítico e aproximadamente 5% de ácido esteárico. Por meio de processos físicos, tanto o óleo de palma como o de palmiste podem ser separados em duas partes: uma líquida, a oleína, e outra sólida, a estearina. Essa composição confere ao óleo de palma uma consistência semissólida, o que lhe dá maior flexibilidade para produzir grande variedade de produtos.

2.2. Acidez da matéria-prima

A análise da matéria-prima, neste caso o óleo de palma, é fundamental para se definir o procedimento e o processo para a produção de um biocombustível. De acordo com a técnica, para que se consiga produzir um biodiesel que atenda às especificações da ANP, deve-se utilizar como insumo um óleo vegetal com, no máximo, 1% de acidez. Portanto, a primeira etapa para a produção de biodiesel, independentemente do tipo de óleo vegetal, é a determinação da acidez do óleo.

Os óleos vegetais, especialmente os produzidos a partir de oleaginosas típicas do Norte e do Nordeste do País, possuem, normalmente, elevada acidez. Para o fruto de palma, deve-se levar em consideração a acidez natural do óleo, que é de 2 a 4%, e o alto teor de ácidos graxos saturados, com ponto de névoa acima de 25°C. Nesse aspecto, o índice de acidez torna-se importante, principalmente quando for utilizado o óleo bruto de palma como matéria-prima para a produção do biocombustível.

O índice de acidez do óleo de palma está diretamente relacionado ao período entre a colheita e o processamento dos cachos e, portanto, ao teor de ácidos graxos livres existentes. Dessa forma, torna-se necessário instalar a indústria de extração de óleo o mais próximo possível da plantação. Tal exigência é de ordem técnica, uma vez que os frutos devem ser processados em até 24 horas (ou, no máximo, 48 horas) após a colheita, com riscos acentuados de perda da qualidade do óleo após esse período por causa dos processos enzimáticos de deterioração e aumento da acidez.

O processo de hidrólise dos triacilglicerídeos (componentes básicos do óleo vegetal) que ocorre leva ao aumento do teor de ácidos graxos livres, que são facilmente

separados pela reação de saponificação com uma solução quente de hidróxido de sódio, produzindo o correspondente sal sódico do ácido carboxílico, isto é, o sabão. Consequentemente, o índice de acidez do óleo refletirá no rendimento/ utilização de um ou outro processo na produção de biocombustível.

3. Biocombustível de óleo de palma

No aproveitamento do óleo vegetal para substituição do diesel, três linhas distintas são possíveis:

- 1) utilização direta do óleo vegetal puro ou em mistura com o diesel do petróleo;
- 2) transesterificação, transformando os triglicerídeos naturais do óleo vegetal em monoésteres do etanol ou do metanol (biodiesel);
- 3) transformação do óleo em uma mistura de hidrocarbonetos o mais semelhante possível ao diesel por meio de uma degradação térmica ou catalítica dos triglicerídeos que constituem o óleo vegetal (craqueamento).

A escolha do processo a ser utilizado na produção do biocombustível depende, entre outras coisas, da qualidade da matéria-prima a ser utilizada. O grande desafio consiste em suprir as necessidades energéticas da Amazônia, inclusive em localidades isoladas, definindo um modelo adequado que leve em consideração a logística, as questões ambientais e socioeconômicas, a gestão, o consumo e o preço local do diesel. Uma das possibilidades de atendimento a essas necessidades, como fonte de energia renovável, é o uso de óleos vegetais como biocom-

bustível, quer pelo uso *in natura* ou transformado quimicamente pelo processo de transesterificação e/ou esterificação ou por craqueamento.

Nesse caso, a opção de utilização de biocombustíveis em motores diesel seria o emprego do biodiesel (segundo especificações da ANP) sem necessidade de modificar o motor, ou modificar o motor para o uso direto do óleo vegetal, uma vez que esses motores são sensíveis, principalmente às gomas que se formam durante a combustão do óleo vegetal.

3.1. Utilização do óleo de palma *in natura* para fins energéticos

Ao contrário do biodiesel, em que o óleo sofre transformações para garantir maior eficiência, no caso dos óleos *in natura*, é o motor que passa por algumas modificações para se adaptar ao combustível. No entanto, alguns cuidados devem ser tomados, como o tratamento do óleo antes de sua pronta utilização (remoção de gomas, acidez e umidade).

Existem algumas experiências com o uso energético dos óleos de palmáceas, desde a utilização de óleo *in natura* em grupo motor gerador multicombustível (particularmente importante para viabilizar a geração de energia elétrica em pequenas comunidades na região Norte do País), até a produção de biodiesel para uso em motores veiculares e máquinas agrícolas. Segundo LOPES et al. (2008), entre as experiências existentes, cita-se o uso do óleo de palma *in natura* em motores estacionários, a exemplo de dois projetos desenvolvidos na Amazônia: na Vila Boa Esperança, localizada no município de Moju, no Estado do Pará; e na Comunidade Boa União, no município de Presidente Figueiredo, no Amazonas.

O projeto desenvolvido na Comunida-

de Vila Boa Esperança iniciou em 1997 e terminou em 2000, em função da chegada da rede de distribuição de energia da concessionária local. Um grupo motor gerador foi utilizado, com potência de 132 KVA, alimentado com óleo de palma bruto, que gerava energia para ser distribuída através de rede trifásica a 129 residências. O projeto também demonstrou viabilidade econômica, com custo de geração de energia praticamente igual ao da tarifa paga na região para a concessionária de distribuição de energia. As informações são de que, para geração de 1 MWh, são consumidos 290 litros de óleo de palma (LOPES et al., 2008).

No projeto desenvolvido na comunidade de Boa União, foi utilizado um grupo gerador com motor MWM D225-4 de 51 CV, que operou gerando energia elétrica por um ano (4.000 horas) sem que houvesse necessidade de trocar ou modificar quaisquer de seus componentes mecânicos para o funcionamento; apenas foi aumentada a pressão dos bicos injetores (MIRANDA e MOURA, 2000).

3.2 Biodiesel de óleo de palma

O biodiesel é um combustível produzido a partir de óleos vegetais ou de gorduras animais que deve atender à especificação estabelecida pela Resolução ANP n° 07/2008. Esse biocombustível proporciona elevadas reduções na emissão de poluentes, quando comparado com diesel puro, vantagem essa associada ao fato de seu uso provocar decréscimo na emissão de gases do efeito estufa. Apresenta, ainda, propriedades de lubrificantes e índice de cetano (60) superiores ao diesel fóssil.

Através da determinação da qualidade da matéria-prima, é possível definir o tipo de pré-tratamento/processo de produção do biocombustível, que poderá ser a transesterificação por catálise básica/ácida

(homogênea ou heterogênea) e/ou a esterificação dos ácidos graxos livres por catálise ácida, conforme mostra a Figura 2a. Portanto, a escolha do catalisador é um fator importante para o processo, pois ele serve para acelerar a velocidade de reação. O catalisador pode ser ácido ou básico e ainda homogêneo ou heterogêneo. Na catálise homogênea, o catalisador e as matérias-primas estão na mesma fase.

Uma usina piloto de biodiesel, desenvolvida pelo IME, foi instalada em 2006 no CERU (Figura 2b), sendo a primeira usina para produção de biodiesel que usa óleo de palma no Brasil, projeto inovador com a produção de biodiesel a partir do processo de transesterificação etílica. A usina tem capacidade para produzir 1.000 L de biodiesel por batelada, com duração de oito horas. Essa unidade piloto é bem simples e pouco automatizada e, em condições ideais de pessoal e de investimentos, principalmente na parte de manutenção do campo, pode funcionar com capacidade de até 3.000 L/dia (três bateladas por dia). A usina possui uma unidade de recuperação de etanol por meio de peneira molecular. Além disso, salienta-se que o vapor utilizado na usina de biodiesel é proveniente da caldeira da unidade de extração de óleo de palma, minimizando os custos de instalação e operação (GONZALEZ et al., 2008).

Atualmente, a Agropalma S/A é a única empresa na Amazônia com produção em escala e comercialização de biodiesel de óleo de palma, denominado "Palmdiesel", que é produzido por esterificação, por rota metílica, dos ácidos graxos retirados do processo de refino do óleo de palma. Segundo a Empresa, além da vantagem de aproveitar os ácidos graxos retirados no refino, que são subprodutos da agroindústria, o processo de produção empregado resulta em combustível mais puro, isento de glicerina, e mais barato que o biodiesel

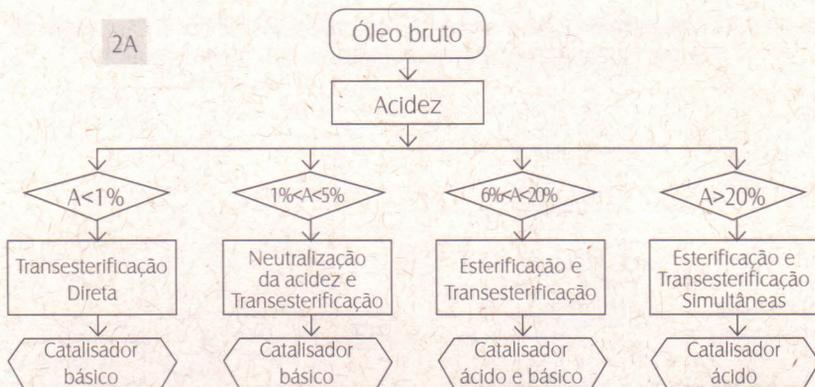


Figura 2 – Produção de biodiesel a partir do óleo de palma:

(a) esquema do processo de produção de biodiesel (A= acidez);
 (b) unidade piloto para produção de biodiesel por transesterificação etílica, desenvolvida pelo Instituto Militar de Engenharia e instalada no Campo Experimental do Rio Urubu/Embrapa Amazônia Ocidental (Foto: Wanderlei Antônio Alves de Lima).



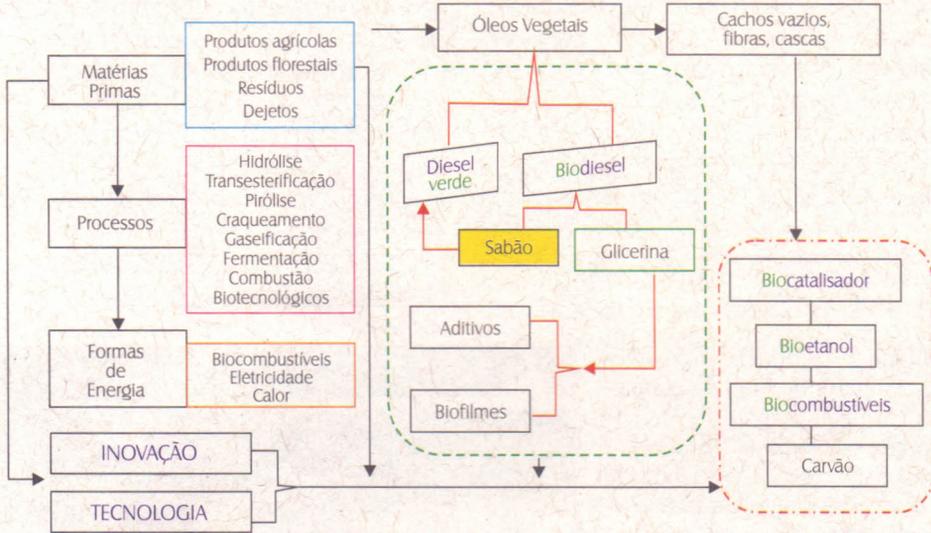
produzido a partir do óleo (AGROPALMA, 2009). A produção de biodiesel na empresa foi iniciada em 2005, atingindo mais de 5.000 toneladas/ano, volume comercializado nos leilões da ANP.

Ressalta-se ainda que, ao se propor o biodiesel como solução energética para a Amazônia através do uso da biomassa para a geração de energia descentralizada, deve-se considerar a toxidez do metanol usado no processo de transesterificação e/ou esterificação. Assim, é necessário ter cautela, principalmente quando se envolve a comunidade no processo de produção.

4. Prospecção de processos na cadeia produtiva da palma de óleo

Com o objetivo de otimização da cadeia produtiva da palma de óleo, estão sendo prospectados vários processos de aproveitamento de resíduos de biomassa, efluentes, subprodutos e/ou coprodutos de processos, e outros produtos que possam agregar valor à cadeia produtiva da palma de óleo (Figura.3). Essas experiências, conduzidas pelo IME, serão descritas a seguir, segundo González et al. (2008).

Figura 3 = Visão esquemática da prospecção de processos de aproveitamento de coprodutos na cadeia produtiva do biodiesel de óleo de palma



4.1. Produção de biocatalisador a partir de efluentes sólidos

Esta pesquisa estudou a viabilidade de utilização das cinzas provenientes da biomassa (fibras e endocarpo) queimada na caldeira da usina de processamento de cachos como catalisador no processo de produção do biodiesel. A finalidade é otimizar o processo por meio do aproveitamento do rejeito sólido da palma como matéria-prima para a substituição de catalisadores convencionais usados na reação de transesterificação (Figura 4).

Cinzas de fibras e de cachos vazios de palma, obtidas no laboratório do IME, foram calcinadas a 550°C, com taxa de 5°C/min durante aproximadamente 16 horas.

As análises químicas desses efluentes sólidos mostraram o alto teor de metais alcalinos e alcalinos terrosos, responsáveis pela basicidade do material, o que possibilita o seu uso como catalisador na reação de produção de biodiesel (SILVA, 2005). Os resultados indicaram que a utilização das cinzas permite conversões em biodiesel superiores a 92% (Tabela 2). Isso se deve, provavelmente, ao alto teor de álcalis presente (acima de 30% de óxido de potássio).

No caso específico da unidade do CERU, em que a planta de biodiesel está ao lado da usina de extração de óleo, a aplicação desse subproduto seria importante devido à dificuldade de acesso aos produtos e ao alto custo do transporte na

Figura 4 – Fluxograma para obtenção das cinzas das fibras e dos cachos de palma

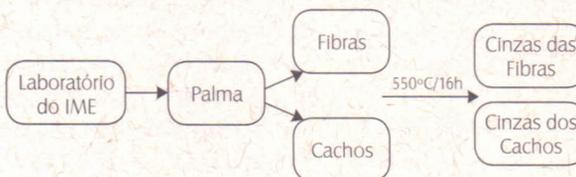


Tabela 2 – Resultados da análise química dos efluentes sólidos da palma

Composição dos efluentes sólidos da palma	
Compostos	Concentração (p/p%)
SiO ₂	11,7 – 46
Al ₂ O ₃	0,4 – 1,1
Fe ₂ O ₃	1,0 – 3,4
P ₂ O ₅	2,4 – 13,5
CaO	3,7 – 12,5
MgO	2,8 – 4,9
K ₂ O	12,0 – 37,0
Na ₂ O	0,1 – 0,6

região Amazônica. Cabe ainda mencionar que o uso dessas cinzas é ecologicamente correto e agrega valor ao processo, pois elas podem ser usadas em substituição ao catalisador básico convencional de hidróxido de sódio.

4.2 Transformação da glicerina por rota biotecnológica

No processo de biotransformação da glicerina proveniente do processo de produção de biodiesel de óleo de palma, foram utilizadas cepas fúngicas (*Paecilomyces variotii*) retiradas do próprio óleo de palma. Segundo o IME, as cepas isoladas desse fungo são cepas inéditas, encontradas pela primeira vez, nesses substratos. Elas foram submetidas a diferentes condições: temperaturas entre 5 e 45°C no período de 3 a 3.600 horas, com e sem agitação, em presença e ausência de nutrientes.

A biotransformação foi confirmada por diferentes técnicas analíticas, que indicaram a formação de polióis com grande potencial de aplicação na indústria química (SANTOS, 2008).

4.3 Transformação da glicerina por rota química – produção de aditivos

Com o objetivo de associar a necessidade de novas aplicações para o glicerol e gerar aditivos ecologicamente corretos, foi estudada a viabilidade da formação de éteres a partir de dois alcoóis em uma única etapa, a fim de produzir biodiesel sem a necessidade da separação do coproduto das etapas de neutralização e de lavagem, que são normalmente usadas na produção desse biocombustível. A esterificação foi conduzida usando um catalisador heterogêneo do tipo heteropoliânion de Keggin.

As reações de transesterificação e esterificação em uma única etapa para a produção de biodiesel e aditivos mostraram-se promissoras, estando o processo em fase de otimização (SOUZA, 2009).

4.4 Aproveitamento da glicerina – produção de biofilmes

O desenvolvimento de biofilmes tem crescido devido à possibilidade de substituição parcial dos materiais plásticos não degradáveis. Proteínas e polissacarídeos têm sido utilizados para a produção de filmes com boas propriedades mecânicas. Nesse contexto, está sendo estudado o aproveitamento da glicerina e dos subprodutos do processo de produção de

biodiesel por rota etílica para a produção de biofilmes.

O filme obtido a partir da mistura de glicerina, gelatina e etanol apresentou-se flexível, com certa elasticidade, e com espessura na faixa de 15 a 20 μm . Já o filme obtido em presença de solução filmogênica contendo ácido graxo, proveniente do aproveitamento do sabão, gerado no processo de produção do biodiesel, gerou um filme não flexível, heterogêneo, cuja espessura foi de cerca de 3 μm e a tensão de ruptura foi 45,8 MPa.

4.5. Produção de Bioetanol a partir de fibras lignocelulósicas da palma de óleo

A biomassa derivada da produção do óleo de palma é composta de fibras, cachos vazios e cascas e costuma ser utilizada como combustível de caldeira ou como adubo orgânico. No entanto, esse material lignocelulósico pode ser uma fonte de matéria-prima nobre para produção de biocombustível de segunda geração, agregando valor à cadeia produtiva do biodiesel. A morfologia das fibras da palma de óleo foi observada por microscopia eletrônica de varredura e, em comparação com outras fibras vegetais, as fibras da palma de óleo são longas e contínuas, aparentando não formar rede; no entanto, apresentam certa porosidade (RADOMSKI, 2009).

4.6 Produção de biocombustíveis de segunda geração por processo termoquímico a partir de fibras lignocelulósicas da palma de óleo

A biomassa residual da cadeia produtiva do biodiesel da palma de óleo – cascas, fibras, galhos e cachos vazios –, pode ser transformada por tecnologias termoquímicas em biocombustíveis de segunda geração, originando produtos sólidos, líquidos

e gasosos com potencial energético semelhante aos dos combustíveis derivados do petróleo.

A pirólise das fibras dos cachos vazios da palma de óleo gerou biocombustíveis cujas análises foram promissoras. A comparação dos resultados deste biocombustível com os outros combustíveis apresentados no Diagrama de Van Krevelen, mostra que o ideal é que a razão molar de O/C seja próxima de zero e que a razão de H/C fique entre 1,5 e 2,0, pois corresponderia aos combustíveis de origem fóssil – gasolina, querosene e diesel. O bio-óleo usando as fibras de palma de óleo de CERU possui razão de H/C de 1,77 e de O/C igual a 0,15; o poder calorífico superior foi de 34,8 MJ/Kg. Usando-se ainda este diagrama, foi possível classificar o carvão vegetal obtido como do tipo betuminoso (SILVA, 2010).

5. Considerações finais

Embora o custo de produção do óleo de palma permita a produção de biodiesel a preços competitivos com o óleo diesel, o preço pago atualmente pelo mercado de alimentos é muito mais atrativo. Além disso, o País é importador de óleo de palma, necessitando ampliar sua área de cultivo para atender à crescente demanda do mercado interno. Com a expansão dos cultivos, certamente o preço do óleo será reduzido e a produção de biocombustível se tornará mais atrativa. Contudo, para que isso efetivamente ocorra, são necessárias políticas de incentivo ao setor, que devem incluir linhas de crédito adequadas, investimento em infraestrutura e adequações na legislação ambiental e tributária.

A produção sustentável de biodiesel na região Norte deverá ter enfoque, principal-

mente, na realidade regional/local, tanto no sentido de produzir para o consumo regional como no de utilizar na cadeia produtiva a matéria-prima produzida na região, evitando os altos custos de transporte para as outras regiões do País.

Destaca-se a importância do desenvolvimento de tecnologias para a produção regional/local de álcool anidro (matérias-primas regionais ou culturas adaptadas introduzidas na região) e catalisadores, assim como a instalação de miniusinas para atender a demandas de pequena a média escala. Como alternativa para motores estacionários, tem grande potencial a utilização de óleos crus em motores desenvolvidos ou adaptados para essa condição.

6. Referências bibliográficas

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO (Brasil). **Biodiesel**. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/biocombustiveis/biodiesel>>. Acesso em: 10 jun. 2009.

AGROPALMA. **Palmdiesel**. Disponível em: <<http://www.agropalma.com.br>>. Acesso em: 10 jun. 2009.

GONZALEZ, W. A. et al.. **Biodiesel e óleo vegetal in natura**: soluções energéticas para a Amazônia. Brasília: MME, 2008. 168 p.

KALTNER, F. J.; FURLAN JUNIOR, J. Processamento industrial de cachos de dendê para produção de óleos de palma e de palmiste. In: VIÉGAS, I. J.; MÜLLER, A. A. **A cultura do dendzeiro na Amazônia brasileira**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2000 ; Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2000. p.357-374.

LOPES, R. et al. Palmáceas. In: ALBUQUERQUE, A. C. S.; SILVA, A. G. da (Ed.). **Agricultura tropical: quatro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e políticas**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. p. 767-786. v. 1.

MIRANDA, R. M.; MOURA, R. D. Óleo de dendê, alternativa ao óleo diesel como combustível para geradores de energia em comunidades da Amazônia. In: ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, 3., 2000. Campinas. **Anais...** [Campinas: AGRENER, 2000].

RADOMSKI, B. M. **Produção de bioetanol a partir de fibra de dendê (*Elaeis Guineensis*)**. 2009. Dissertação (Mestrado em Química) - Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro.

SANTOS, C. M. C. dos. **Uso de fungos na biotransformação de subprodutos do biodiesel**. 2008. Tese (Doutorado em Química) - Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro.

SILVA, E. D. da. **Pirólise de biomassa residual de dendê**. 2010. Dissertação (Mestrado em Química) - Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro.

SILVA, R. M. da. **Avaliação das cinzas provenientes da queima dos cachos do dendê como catalisador**. 2005. Dissertação (Mestrado em Química) - Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro.

SOUZA, R. O. L. de. **Transformação de glicerina por eterificação utilizando catalisadores ácidos**. 2009. Tese (Doutorado em Química) - Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro.

CD registrado e arquivado.
n.º 04/2011 323, 372, 343
2011 2012 2011

