



ISSN: 2447-5580

# ANÁLISE DA IMPLANTAÇÃO DE UMA PLANTA DE PIRÓLISE DA CASCA DE MACADÂMIA

## ANALYSIS OF THE IMPLEMENTATION OF A PYROLYSIS PLANT OF MACADAMIA NUT SHELL

**Diego Andre Rodrigues<sup>1</sup>; Rodrigo Randow de Freitas<sup>2</sup>; Taisa Shimosakai de Lira<sup>3</sup>; Thiago Padovani Xavier<sup>4</sup>**

- 1 Graduando em Engenharia de Produção. UFES, 2015. Centro Universitário Norte do Espírito Santo - CEUNES. São Mateus, ES. *E-mail:* [diegoandrerodrigues.12@gmail.com](mailto:diegoandrerodrigues.12@gmail.com)
- 2 Doutor em Aquacultura. FURG, 2011. Professor Adjunto no Centro Universitário Norte do Espírito Santo - CEUNES. São Mateus, ES. *E-mail:* [digorandow@gmail.com](mailto:digorandow@gmail.com)
- 3 Doutora em Engenharia Química. UFU, 2009. Professora Adjunta no Centro Universitário Norte do Espírito Santo - CEUNES. São Mateus, ES. *E-mail:* [taisa.lira@ufes.br](mailto:taisa.lira@ufes.br)
- 4 Mestre em Engenharia Química. UFU, 2011. Professor Assistente no Centro Universitário Norte do Espírito Santo - CEUNES. São Mateus, ES. *E-mail:* [thiago.p.xavier@ufes.br](mailto:thiago.p.xavier@ufes.br)

**Recebido em: 04-03-2015 - Aprovado em: 17-03-2016 - Disponibilizado em: 15-07-2016**

*RESUMO: As principais fontes de energia no mundo são provenientes de combustíveis fósseis, fontes não renováveis, que geram problemas ambientais como aquecimento global e emissão de gases do efeito estufa. Na tentativa de reduzir a dependência de tais tipos de fontes de energia, pesquisadores estão sempre em busca de novas fontes que produzam energia mais limpa e de forma renovável, como a pirólise da biomassa, por exemplo. Nesse sentido, o objetivo do presente estudo foi realizar uma análise sobre a possibilidade de implantação de uma planta de pirólise que utilize o resíduo do beneficiamento da macadâmia como biomassa. Os resultados mostram que, embora seja um investimento relativamente alto, a implantação de uma planta de pirólise se mostrou uma boa alternativa para destinação dos resíduos provenientes do beneficiamento da macadâmia, tendo em vista tanto o alto volume de produção e os problemas com a disposição do resíduo, como também o grande potencial dos subprodutos da pirólise na geração de energia. Por outro lado, como o endocarpo já possui uma destinação bem definida, torna-se necessário novos estudos de caracterização do carpelo com a finalidade de verificar sua eficiência nesse processo. Faz-se necessários também novos estudos que avaliem a viabilidade técnica e financeira do projeto, realizando inclusive comparações entre orçamentos para encontrar a opção mais econômica de investimento e prazo de retorno.*

*PALAVRAS-CHAVE: Energia, Fontes renováveis, Casca, Carpelo, Noz Macadâmia.*

*ABSTRACT: The main sources of energy in the world comes from fossil fuels, non-renewable sources, which generate environmental problems such as global warming and emission of greenhouse gases. In an attempt to reduce dependence on such types of energy sources, researchers are always looking for new sources that produce cleaner and renewable energy forms, such as pyrolysis of biomass, for example. Thus, the objective of this study was to conduct an analysis of the possibility of implementation of a pyrolysis plant that uses the processing of waste macadamia as biomass. The results show that although it is a relatively high investment, the implementation of a pyrolysis plant has proved a good alternative for disposal of waste from the processing of macadamia, considering both the high volume of production and the problems with the provision of waste, as well as the great potential of pyrolysis by-products for energy generation. On the other hand, as the endocarp already has a well-defined allocation, it becomes necessary to further studies to characterize the carpel in order to verify their efficiency in the process. It will be necessary also new studies to assess the technical and financial feasibility of the project, including making comparisons between budgets to find the most economical choice of investment and payback period.*

*KEYWORDS: Energy, Renewable sources, Nutshell, Carpel, Macadamia Nut.*

## INTRODUÇÃO

As fontes de energia utilizadas ao redor do mundo são petróleo (31,1%), carvão mineral (29%), gás natural (21,5%), nuclear (4,7%), de fontes renováveis (10%), hidráulica (2,5%) e uma pequena parcela de outras fontes (1%) (IEA, 2014; BRASIL, 2015), que podem ser utilizados diretamente como combustíveis, para gerar energia elétrica e para produção de outros combustíveis. Observando a matriz energética mundial, fica evidente a grande dependência de combustíveis fósseis, e até mesmo o Brasil, que é referência mundial no uso de energias de fontes renováveis, ainda possui cerca de 60% da sua matriz energética dependente de fontes não renováveis (BRASIL, 2015).

De fato, embora haja no Brasil um cenário mais positivo nesse aspecto, ainda há uma forte dependência de fontes não renováveis. Cerca de 40% da matriz energética brasileira é composta por fontes renováveis, dos quais 40% é proveniente do etanol e bagaço de cana, 30% de hidrelétricas, 20% de lenha e carvão vegetal e o restante de outras fontes (BRASIL, 2015).

Assim, o desenvolvimento de combustíveis limpos e a busca por fontes alternativas de energia são um dos maiores desafios a serem enfrentados pela sociedade moderna. A utilização de recursos renováveis, como por exemplo, a biomassa, surge como fonte alternativa para a obtenção de energia para a diversificação da matriz energética (GENOVESE *et al.*, 2006).

A biomassa pode ser utilizada em diversas formas e estados para obtenção das mais variadas formas de energia sejam por conversão direta ou indireta. Em relação a outros tipos de energias renováveis, a biomassa, sendo energia química, destaca-se pela alta densidade energética e pelas facilidades de

armazenamento, conversão e transporte (MCKENDRY, 2002).

Dentre as formas de conversão da biomassa, o processo de pirólise se destaca por ser mais eficiente na obtenção de subprodutos com potencial impacto positivo na viabilização da sua utilização como fonte de energia e de outros produtos (CZERNIK e BRIDGWATER, 2004).

Com base na literatura, estudos mostram que diversos materiais de baixo custo, com elevado teor de carbono e baixo teor de inorgânicos, podem ser utilizados como matéria-prima para a geração de energia a partir da pirólise: produtos biodegradáveis, resíduos urbanos, materiais de origem animal e resíduos provenientes da agricultura (SANTOS *et al.*, 2011).

Quando tratamos sobre os diversos tipos de materiais, merece destaque os resíduos provenientes do beneficiamento da noz macadâmia, que além de um evidenciado potencial produtivo, percebe-se que o uso industrial da macadâmia gera uma alta quantidade de resíduos, chegando a quase 80% (PIMENTEL *et al.*, 2007; PIZA e MORIYA, 2014).

A Austrália é a maior produtora mundial da noz, com uma área plantada de aproximadamente 17.000 ha (seis milhões de árvores) e produção de 11.500 toneladas de amêndoas por ano, cerca de um terço da produção mundial (PIZA e MORIYA, 2014).

Introduzida comercialmente no Brasil no início da década de 1990, já em 2012 a área plantada de noqueira macadâmia alcançou 6.500 ha do território brasileiro, com uma produção de 4.200 toneladas de noz em casca, o que representa uma produção 30% maior do que a safra de 2010, por exemplo.

No Espírito Santo, o plantio foi iniciado no final da década de 90 e hoje o estado é o segundo maior produtor do Brasil, com cerca de 1000 ha de área plantada (PIZA e MORIYA, 2014). Em um cenário em que existe a busca pelo aproveitamento de resíduos voltado para práticas sustentáveis, podemos voltar a atenção para a região Norte do estado do Espírito Santo, onde encontra-se a segunda maior unidade do país de beneficiamento de noz macadâmia: Cooperativa Agroindustrial dos Produtores de Noz Macadâmia (COOPMAC).

Neste contexto, considerando o beneficiamento de aproximadamente 1300 toneladas de noz macadâmia na porção norte do Estado do Espírito Santo, o resíduo pode se tornar uma opção promissora de biomassa pirolisável para o aproveitamento como vetor energético. Dessa forma, o presente estudo busca realizar uma análise sobre a possibilidade da implantação de uma planta de pirólise que utilize o resíduo do beneficiamento da macadâmia como biomassa.

## METODOLOGIA

Este trabalho foi desenvolvido juntamente a COOPMAC, localizada na rodovia que liga São Mateus a Nova Venécia, no norte do Espírito Santo, responsável pelo beneficiamento e a comercialização da macadâmia produzida por seus associados do Espírito Santo e da Bahia.

Quanto ao método de pesquisa, primeiramente foi desenvolvido a partir de procedimentos recomendados para elaboração de uma revisão sistemática, considerada essencial em estudos onde o campo de pesquisa é pouco explorado (EASTERBY-SMITH *et al.*, 2002). Entende-se por revisão sistemática da literatura uma abordagem que tem o objetivo de identificar, sintetizar e avaliar todas as informações disponíveis relevantes a respeito de determinada área temática ou fenômeno de interesse, através de etapas bem definidas (BIOLCHINNI *et al.*, 2005; KEELE, 2007).

Após o estudo de revisão, foi possível determinar as características principais do projeto da planta de pirólise e solicitar um orçamento de todos os equipamentos necessários. O critério utilizado na seleção foi a busca por uma empresa que fornecesse tanto o projeto e os equipamentos como também a montagem. A empresa selecionada a única encontrada que atendeu esse critério, fica localizada em Fortaleza-CE e trabalha no desenvolvimento de equipamentos destinados a pesquisas e produção em pequena e média escala.

Adicionalmente, a análise da cadeia produtiva permite uma melhor compreensão das relações entre *stakeholders*, permitindo serem mais bem compreendidas e analisadas as novas demandas do mercado consumidor, caracterizado por indivíduos ou organizações com necessidades comuns e com interesse em um produto específico para o consumo (TIECKER, 2003).

Assim, a análise dos *stakeholders* pode ajudar os estrategistas a compreender o ambiente e assim viabilizar uma visão panorâmica de onde a indústria em questão está inserida. Ainda é possível criar cenários a partir dos *stakeholders* e identificar as variáveis chaves e tendências de futuro, a fim de criar subsídios para a decisão estratégica (REPEZZA *et al.*, 2012).

Quanto à metodologia adotada para integração e análise dos dados, com o intuito de proporcionar uma melhor visualização dos resultados obtidos, foi elaborada uma Matriz SWOT (*Strengths, Weaknesses, Opportunities e Threats*). Isso propiciou uma definição das potencialidades e possíveis fraquezas intrínsecas ao tema. Com isso, serão apresentados os pontos fortes, fraquezas, oportunidades e ameaças, com o objetivo de analisar de forma macro o ambiente corporativo da proposta (CHIAVENATO, 2003).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

São diversas formas de reutilização desse resíduo ao redor do mundo, dentre as quais merecem destaque a utilização para os processos de adsorção e biossorção (AHMADPOUR e DO, 1997; TAM e ANTAL JUNIOR *et al.*, 2000; CONESA *et al.*, 2000; RAHMAN e SAAD, 2003), a utilização para geração de eletricidade na empresa australiana *Suncoast Gold Macadamias* (GREENPOWER, 2014), para produção de briquetes e pellets, para compostagem (ABA, 2012) e na extração de antioxidante para alimentar (CHEN *et al.*, 2010).

Dentre as alternativas potenciais encontradas na literatura, fica evidenciado o potencial energético dessa biomassa e, portanto, a casca (endocarpo) seria a mais indicada no reaproveitamento para fins energéticos, devido principalmente ao seu alto teor de lignina e alto poder calorífico (TOLES *et al.*, 1998; ANTAL JUNIOR *et al.*, 2000; SANTOS *et al.*, 2011).

Entretanto, percebeu-se que dentro do campo de estudo, o endocarpo já possui uma destinação bem definida e além de ser utilizado no processo de secagem da noz na própria cooperativa, o excedente é vendido por preços que variam entre R\$80 e R\$100 por metro cúbico. É importante ressaltar também que a demanda por essa componente do resíduo é constante e inclusive superior à sua geração, fato que justifica seu elevado valor de venda.

Quanto à sua utilização por parte dos clientes, destaca-se a produção de calor através do processo de combustão para a secagem de produtos como a pimenta (*Piper Nigrum*) e o café (*Coffea Canephora*), substituindo a utilização da madeira nesse processo.

Apesar de ter menor custo, cerca de R\$40,00/m<sup>3</sup>, a madeira (geralmente eucalipto) acaba prejudicando a qualidade do produto que passa pelo processo. A fumaça gerada pela sua queima acaba alterando o sabor e o odor do produto, o que não ocorre quando se utiliza o endocarpo. Além disso, outra vantagem que justifica a utilização da casca nesse processo é a diferença de poder calorífico, 20 MJ/Kg de madeira

(QUIRINO *et al.*, 2005) e de endocarpo entre 21,10 MJ/Kg (Turn *et al.*, 2002) e 19,64 MJ/kg (Bada *et al.*, 2015), o que gera uma maior eficiência entre volume e geração de calor.

Por outro lado, a destinação do restante do resíduo (carpelo) ainda é considerada um problema, devido principalmente ao fato de ser gerado em grandes proporções. Por possuir uma densidade inferior a casca, o carpelo necessita de um espaço maior para armazenamento, o que também faz com que fique exposto as diversas condições ambientais. Para Poinern *et al.* (2011), a disposição desses resíduos tem se tornado um sério problema para as indústrias de processamento da noz macadâmia, devido também ao aumento mundial de sua produção.

Além disso, a COOPMAC tem um custo adicional para sua retirada do local, por ser necessária a contratação de uma empresa terceirizada que o utiliza no processo de compostagem. Diante a essas informações, percebe-se que seria mais proveitoso para a cooperativa utilizar o carpelo no processo de pirólise. Porém, para utilizá-lo como biomassa, seria necessária uma caracterização energética desse insumo.

Para a realização de qualquer análise relacionada aos resíduos do beneficiamento, inicialmente é de extrema importância sua caracterização, o que inclui a sua quantificação. Assim, através de amostras do fruto obtidas na COOPMAC, foi possível mensurar a porcentagem de cada resíduo, bem como verificar a Taxa de Recuperação (TR) da amêndoa. Os resultados obtidos estão apresentados no gráfico 1.

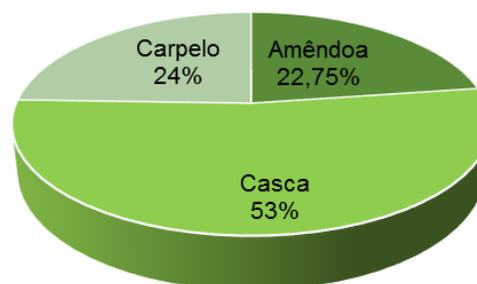


Gráfico 1 – Geração de resíduos no beneficiamento

Nota-se que em média, após o beneficiamento, cerca de 77% em massa do fruto torna-se resíduo, ou seja, a TR na COOPMAC é de 23%, bem próximo da média do Brasil que é de 24% e muito abaixo da média da Austrália (31%), que apresenta a maior TR entre os países produtores.

Esse rendimento do fruto é estritamente dependente de uma série de fatores relacionados ao seu cultivo, merecendo destaque o clima e as práticas agrícolas que são utilizadas (PIZA e MORIYA, 2014). Dos 77% de resíduos, sabe-se que aproximadamente 24% do fruto é representado pelo carpelo, ou seja, amêndoa e carpelo tem taxas praticamente iguais na composição do fruto.

Quanto à geração do resíduo, tendo em vista a falta de informações referentes ao volume de produção por estado, foram realizadas estimativas sobre a geração de resíduos a partir de dados da produção no país em 2012: cerca de 4.200 toneladas de noz em casca. De acordo com Piza e Moriya (2014), 31% desse volume foi beneficiado pela COOPMAC, ou seja, 1300 toneladas (Gráfico 2).

Essa quantidade de frutos, conforme a taxa de aproveitamento já mencionada (Gráfico 1), gera cerca de 900 toneladas de resíduo por ano (77%), que resulta em aproximadamente 3,8 toneladas por dia. Nessas condições ideais, trabalhando num regime de 8 horas por dia, a planta teria alimentação de 500 kg/hora. No caso de utilizar apenas o carpelo como biomassa, a planta teria uma taxa de alimentação de aproximadamente 160 kg/hora.

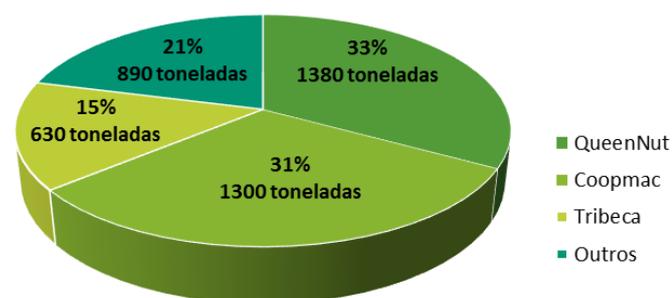


Gráfico 2 – Estimativas de beneficiamento

Assim, a pirólise aparece como alternativa para destinação desse resíduo que passe a gerar valor. Visto que atualmente, um dos problemas enfrentados pela cooperativa é o elevado valor gasto com energia elétrica nas plantações e no beneficiamento, seria de grande valia utilizar os subprodutos desse processo como fonte geradora de energia.

Vale ressaltar que dentre as alternativas tecnológicas disponíveis, o tratamento térmico por pirólise se destaca por reduzir drasticamente o volume da biomassa (em até 90%) e possibilitar o fornecimento de matérias primas em vários segmentos industriais (OLIVEIRA *et al.*, 2009), além da obtenção de basicamente três subprodutos de alto potencial energético: os gases combustíveis, os sólidos carbonizados (biocarvão) e os licores pirolenhosos (AIRES *et al.*, 2003).

Quanto ao tipo, a pirólise rápida apresenta um elevado potencial nesse caso por ser mais eficiente na obtenção de produtos líquidos, com uma geração de aproximadamente 75% de produtos líquidos, sendo 65% de bio-óleo e os outros 10% de outros líquidos. Por outro lado, na pirólise lenta, o emprego de longos tempos de residência e baixas temperaturas favorece a produção de produtos sólidos (bio-carvão). (BRIDGWATER, 2003).

O líquido de coloração escura chamado de bio-óleo, mistura complexa de compostos oxigenados com água, pequenas partículas de carvão e metais alcalinos dissolvidos, tem seu rendimento e qualidade dos produtos são estritamente dependentes das condições operacionais empregadas.

No caso da pirólise rápida, são empregadas altas taxas de aquecimento e transferência de calor (demandando uma biomassa com granulometria extremamente baixa), baixo tempo de residência dos gases (menos de 2s), temperatura de reação controlada em torno de 500°C e resfriamento rápido dos vapores. Outras vantagens é que o bio-óleo pode ser facilmente

armazenado, transportado e convertido em materiais de valor agregado (BRIDGWATER, 2003, 2012).

De modo a atender quaisquer condições de operação durante o ano todo, a unidade foi projetada pela empresa fornecedora para trabalhar em fluxo contínuo de materiais particulados a sofrer o processo de pirólise. Para tanto toda a unidade deve ser operada em atmosfera inerte e, portanto, ausência de oxigênio durante a etapa de queima e quebra de moléculas.

O sistema destinado a pirólise de materiais sólidos foi projetado não somente para queima de material e produção de hidrocarbonetos, mas também possui equipamentos destinados a separação do carvão e particulados produzidos durante a queima. Para tanto, o projeto prevê a existência de trocadores de calor, torre de destilação com prato e hidrociclones. A relação de equipamentos que compõem a unidade é mostrada na Tabela 1.

Com isso, o projeto pode ser dividido em dois módulos:

#### Módulo 1: Pirólise do Material

- **Reator** de 3L, com alimentação contínua, em aço inox, aquecimento por resistência elétrica de 10kW;
- **Termopar** destinado ao controle do aquecimento;
- **Indicador de pressão** tipo Bourbon;
- **Motor** de 3/4 c.v.

Tabela 1 –Equipamentos previsto para implantação da planta de pirólise.

Item	Quantidade
Tanque em aço inox	4
Esquide em aço carbono sem isolamento	1
Esquide em aço carbono com isolamento	1
Trocador de calor - Resfriamento na alimentação	1
Trocador de calor casco e tubos - Condensação de vapores	2
Ciclone	1
Reator de pirólise	1

Coluna de fracionamento	1
Torre de recirculação de fluido de refrigeração	1
CLP	1
Tubulações de aço inox	1
Válvulas de descarte	6
Termopares tipo J	4
Sensor de Pressão	1
Visores de Nível	3
Válvula de segurança	1
Montagem de supervisório	1
Quadro elétrico	1

#### Módulo 2: Recuperação do bio-óleo e lavagem do gás gerado

- **Trocadores de calor** casco e tubos em aço inox;
- **Tanques** de 2L em aço inox;
- **Coluna de separação** em aço inox com sangrias laterais;
- **Termopares** tipo K em toda a unidade, destinados ao monitoramento do sistema;
- **Torre de resfriamento**;
- **Esquide** em aço carbono;
- **POP** (Procedimento Operacional padrão).

Através de orçamento realizado com a empresa selecionada, a planta instalada custa cerca R\$321.000,00 com frete e impostos inclusos e prazo de entrega de 120 dias. O sistema, após a montagem, possui 4,10 m de altura e comprimento superior a 3 metros (Figura 2). A Unidade modular possui tanques em aço inox, reator contínuo vertical e trocadores de calor com tanques acoplados para a coleta de bio-óleo. A matéria prima após a quebra por aquecimento gera o óleo e o gás, que é coletado em tanques e posteriormente analisado.

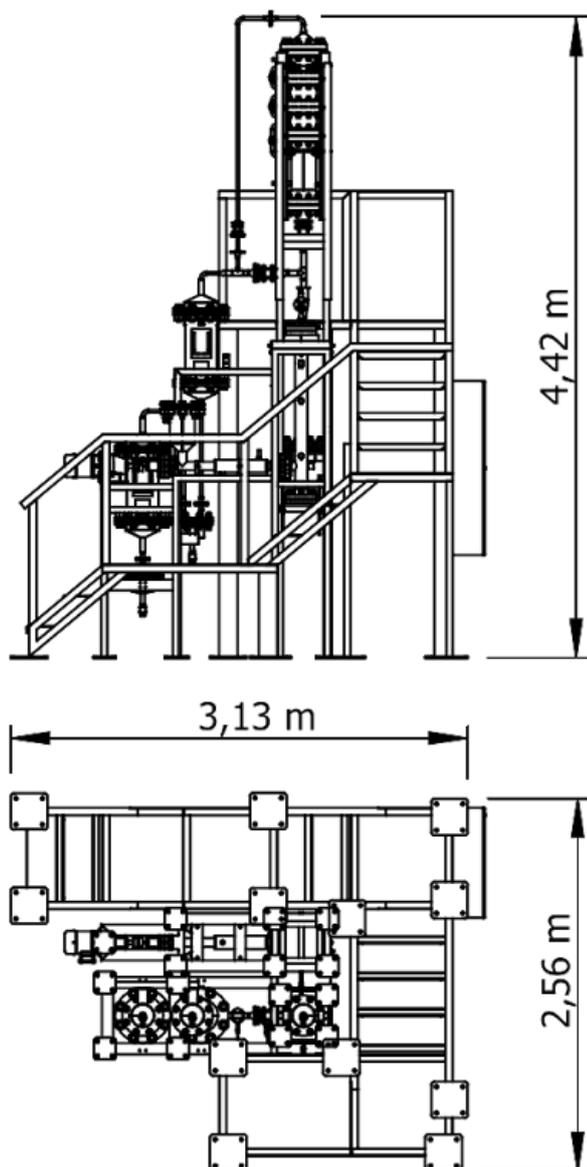


Figura 2 – Dimensões do projeto. (Figura elaborada pelos autores)

O bio-óleo gerado pode ser caracterizado como uma micro-emulsão com uma fase contínua contendo uma solução aquosa dos produtos da fragmentação da celulose e hemicelulose, uma fase descontínua de macromoléculas de lignina. Quanto aos compostos oxigenados presentes neste subproduto (mais de 200), podemos citar ácidos, açúcares, álcoois, aldeídos, cetonas, ésteres, fenóis. Assim, dentre as diversas possibilidades de utilização, a substituição de combustíveis fósseis por bio-óleo tem motivado pesquisas nesse campo. Entretanto, embora apresente

algumas similaridades com o óleo combustível, o bio-óleo possui um teor elevado de água (15-30%), maior densidade (1,2kg/l), e conseqüentemente seu poder calorífico é de apenas (17MJ/Kg), que representa cerca de 40% do poder calorífico do óleo combustível (43MJ/kg) (BRIDGWATER, 2003, 2007).

Além disto, por apresentar uma quantidade elevada de compostos físico-químicos, suas propriedades dificultam seu uso direto como combustível. Deste modo, entre os principais problemas em utilizar o bio-óleo como combustível, podemos citar a formação de coque, a alta viscosidade (que dificulta a ignição), a baixa volatilidade e acentuado nível de corrosividade, o que acaba limitando suas aplicações estáticas. Por outro lado, esse produto tem sido utilizado com êxito em caldeiras e tem apresentado potencial para uso em motores a diesel e turbinas, principalmente quando emulsionado com o diesel (CZERNICK e BRIDGWATER, 2004).

As experiências relevantes no uso de bio-óleo para geração de eletricidade foram recentemente relatadas por Chiaramonti *et al.* (2007). Apesar de não existirem ainda normas e especificações definidas para o bio-óleo, Oasmaa e Meier (2005) propuseram especificações do produto para as referidas aplicações.

Com a estimativa de geração de 900 toneladas de resíduos por ano, adotando a taxa de 65% mencionada para pirólise rápida, a unidade seria capaz de produzir entre 30 e 40 mil litros de bio-óleo por mês, que poderiam ser utilizados tanto como combustível para geração de energia para a própria cooperativa, como também ser vendido para outras indústrias. Além disso, 12% da massa de resíduo seria convertida em biocarvão, gerando cerca de 9 toneladas por mês.

No caso de se optar por uma maior produção de produtos sólidos, utilizando o processo de pirólise lenta os rendimentos de bio-óleo cairiam para 15 a 20 mil litros mensais, enquanto os rendimentos do biocarvão ficariam em torno de 20 toneladas/mês.

Através da integração e análise das informações obtidas neste estudo, com o intuito de proporcionar

uma melhor visualização dos resultados, elaborou-se a matriz SWOT, conforme demonstrada na Figura 4.



Figura 4 – Matriz SWOT

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando todos os aspectos mencionados, embora seja um investimento relativamente alto, a implantação de uma planta de pirólise na cooperativa se mostrou uma boa alternativa para destinação dos resíduos provenientes do beneficiamento da macadâmia, tendo em vista tanto o alto volume de produção e os problemas com a disposição do resíduo, como também o grande potencial dos subprodutos da pirólise na geração de energia.

É importante ressaltar a aplicabilidade da planta de pirólise para diversos tipos de biomassa, pois por se tratar de um valor alto de investimento, é importante que haja disponibilidade de outras alternativas frente ao resíduo da macadâmia.

O consumo da amêndoa tem se difundido cada vez mais no país e no mundo e conseqüentemente há um constante aumento no cultivo e no beneficiamento da noz. Além disso, a geração de resíduos também é elevada, visto que a taxa de aproveitamento é de

apenas 25% em média, o que na teoria garante que não haja falta de matéria prima para alimentar a planta de pirólise.

Por outro lado, como o endocarpo já possui uma destinação bem definida, torna-se necessário novos estudos de caracterização do carpele com a finalidade de verificar sua eficiência nesse processo, já que os estudos encontrados nesse sentido consideram ou o resíduo como um todo, ou apenas o endocarpo, que representa mais de 50% do peso do fruto.

Faz-se necessários também novos estudos que avaliem a viabilidade técnica e financeira do projeto, realizando inclusive comparações entre orçamentos para encontrar a opção mais econômica de investimento e prazo de retorno.

## AGRADECIMENTOS

Esse estudo foi financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo/FAPES, com bolsa de Iniciação Científica concedida pelo Cnpq e desenvolvido com o apoio da Cooperativa

Agroindustrial dos Produtores de Noz Macadâmia/COOPMAC.

## REFERÊNCIAS

- ABA – Almond Board of Australia. Report: *Renewable Energy Production from Almond Waste*, Berri, South Australia. 2012. Disponível em: <http://australianalmonds.com.au/documents/Industry/Reports/Renewable%20Energy%20Production%20from%20Almond%20Waste.pdf>
- AHMADPOUR, A., DO, D.D. The preparation of activated carbon from macadamia nutshell by chemical activation. *Carbon*, v.35, n.12, p.1723- 1732, 1997.
- AIRES, R.D.; LOPES, T.A.; BARROS, R.M.; CONEGLIAN, C.M.R.; SOBRINHO, G.D.; TONSO, S.; PELEGRINI, R. III Fórum de Estudos Contábeis. Rio Claro, São Paulo, 2003.
- ANTAL JUNIOR, M.J.; ALLEN, S.G.; DAI, X.; SHIMIZU, B.; TAM, M.S.; GRØNLI, M. Attainment of the theoretical yield of carbon from biomass, *Industrial & Engineering Chemistry Research*, v. 39, p. 4024-4031, 2000.
- BADA, S.O.; FALCON, R.M.S.; FALCON, L.M.; MAKHULA, M.J. Thermogravimetric investigation of macadamia nut shell, coal, and anthracite in different combustion atmospheres *The Journal of The Southern African Institute of Mining and Metallurgy*.v. 115, pp. 741-746, 2015.
- BIOLCHINI, J.; MIAN, P.G.; NATALI, A.C.C.; TRAVASSOS, G.H. Systematic review in software engineering. *System Engineering and Computer Science Department COPPE/UFRJ, Technical Report ES*, v. 679, n. 05, p. 45, 2005.
- BOAS, N.V.; CASARIN, J.; CAETANO, J.; GONÇALVES JUNIOR, A.C.; TARLEY, C.R.; DRAGUNSKI, D.C. Biossorção de cobre utilizando-se o mesocarpo e o endocarpo da macadâmia natural e quimicamente tratados. *R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental*, v. 16, n. 12, p. 1359-1366, 2012.
- BRIDGWATER, A.V. Renewable fuels and chemicals by thermal processing of biomass. *Chemical Engineering Journal*, v. 91, n. 2-3, p. 87-102, 2003.
- BRIDGWATER, A.V. Biomass Pyrolysis - an overview prepared by Task 34. In: TUSTIN, J., IEA *Bioenergy Annual Report 2006*, 2007.
- BRIDGWATER, A.V. Upgrading biomass fast pyrolysis liquids. *Environmental Progress & Sustainable Energy*, v. 31, n. 2, p. 261-268, 2012.
- CHEN, P.; YANLING, C.; SHAOBO, D.; XIANGYANG, L.; GUANGWEI, H.; RUAN, R. Utilization of almond residues. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering* 3(4): 1 – 18, 2010.
- CHIARAMONTI, D.; OASMAA, A.; SOLANTAUSTA, Y. Power generation using fast pyrolysis liquids from biomass. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 11, n. 6, p. 1056-1086, 2007.
- CHIAVENATO, I. *Introdução à teoria geral da administração*. Elsevier Brasil, 2003.
- CONESA, J.A.; SAKURAI, M.; ANTAL JUNIOR, M.J. Synthesis of a high-yield activated carbon by oxygen gasification of macadamia nut shell charcoal in hot, liquid water. *Carbon*, v. 38, n. 6, p. 839-848, 2000.
- CZERNIK, S.; BRIDGWATER, A.V. *Overview of applications of biomass fast pyrolysis oil*. Energy Fuels 18: 590–98. 2004.
- EASTERBY-SMITH, M.; THORPE, R.; LOWE, A. *Management Research - an introduction*. London: Sage Publications, 2002.
- GENOVESE, A.L.; UDAETA, M. E. M.; GALVAO, L. C. R. Aspectos energéticos da biomassa como recurso no Brasil e no mundo. In *Proceedings of the 6. Encontro de Energia no Meio Rural*, 2006, Campinas/SP, 2006.
- GREENPOWER. *Case Study: Greenpower Grows on Trees*. 2014. Disponível em: <http://www.greenpower.gov.au/Homes/Common->

- Questions/~media/5387E03F5B784A448903612993AD56F9.pdf
- INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). *Key world energy statistics*. Paris, 2014. Disponível em: <<http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/KeyWorld2014.pdf>>
- KEELE, S. Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering. *Technical report, EBSE, 2007*. Disponível em: <<https://www.cs.auckland.ac.nz/~norsaremah/2007%20Guidelines%20for%20performing%20SLR%20in%20SE%20v2.3.pdf>> Acesso em: 01 jun. 2015.
- MCKENDRY, P. *Energy production from biomass (part 1): overview of biomass*. *Bioresource Technol.*, 83: 37–46. 2002.
- BRASIL. Resenha Energética Brasileira – Exercício de 2014. Núcleo de Estudos Estratégicos de Energia - Ministério de Minas e Energia, 2015. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/documents/1138787/1732840/Resenha+Energética+-+Brasil+2015.pdf>
- OASMAA, A.; MEIER, D., 2005. "Norms and standards for fast pyrolysis liquids: 1. Round robin test". *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, v. 73, n. 2, p. 323- 334.
- OLIVEIRA, M.L.; CABRAL, L.L., LEITE, M.C.A.M.; MARQUES, M.R.C. Pirólise de resíduos poliméricos gerados por atividades offshore. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, v. 19, n.4, p. 297-304, 2009.
- PARIKH, J.; CHANNIWALA, S.A.; GHOSAL, G. K. *A correlation for calculating HHV from proximate analysis of solid fuels*. *Fuel*, nº 84, p. 487-494, 2005
- PIMENTEL, L.D. A cultura da Macadâmia. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 29, p. 414-716, 2007.
- PIZA, P.L.B.T; MORIYA, L.M. Cultivo da macadâmia no Brasil. *Revista Brasileira de Fruticultura* [online]. vol.36, n.1, pp. 39-45, 2014. ISSN 0100-2945.
- POINERN, G.E.J.; SENANAYAKE, G.; SHAH, N.; THILE, X.N.; PARKINSON, G.M.; FAWCETT, D .
- Adsorption of the aurocyanide, complex on granular activated carbons derived from macadamia nut shells - A preliminary study. *Minerals Engineering*, v. 24, p. 1694-1702, 2011.
- QUIRINO, W.F.; VALE, A.T.; ANDRADE, A.P.A.; ABREU, V.L.S.; AZEVEDO, A.D.S. Poder calorífico da madeira e de materiais ligno-celulósicos. *Revista da Madeira*, v. 89, p. 100-106, 2005.
- RAHMAN, I.A., SAAD, B. Utilization of Guava Seeds as a Source of Activated Carbon for Removal of Methylene Blue from Aqueous Solution. *Malaysian Journal of Chemistry*, v. 5, n. 1, p.8-14, 2003.
- REPEZZA, A.P.; SANTOS, R.B.; PEIXOTO, A.R.; GUIMARÃES, G.; PORTO, G.; EINSTEIN, R. Análise de stakeholders e cadeia de valor para formulação estratégica da apex-brasil. In: *V Congresso CONSAD de Gestão Pública*, Brasília - DF. *Anais...* Brasília: CONSAD, 2012.
- ROCHA, W.D.; LUZ, J.A.M.; LENA, J.C.; BRUNAROMERO, O. Adsorção de cobre por carvões ativadas de endocarpo de noz macadâmia e de semente de goiaba. *Rem: Rev. Esc. Minas* [online] ISSN:1807-0353, vol.59, n.4, pp. 409-414, 2006. <http://dx.doi.org/10.1590/S0370-44672006000400010>.
- SANTOS, A.B.; SANTANA, D.; ALMEIDA, E.G. Viabilidade econômico financeira da piscicultura na região noroeste do estado de mato grosso. Mato Grosso: *AJES*, 2011. Disponível em: <[http://www.revista.ajes.edu.br/arquivos/artigo\\_20110531215100.pdf](http://www.revista.ajes.edu.br/arquivos/artigo_20110531215100.pdf)>. Acesso em: 09 de maio de 2014.
- TAM, M.S.; ANTAL JUNIOR, M.J. Preparation of activated carbons from macadamia nut shell and coconut shell by air activation. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, v.38, p.4268-4276, 1999.
- TIECKER, M.C. *Similaridades e diferenças dos atributos do peixe cultivado segundo os produtores os varejistas e os consumidores*. Dissertação (Mestrado

em Agronegócios) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

TOLES, C.A.; MARSHALL, W.E.; JOHNS, M.M. Phosphoric Acid Activation of Nutshells for Metals and Organic Remediation: Process Optimization. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, v. 72, p. 255-263, 1998.

TURN, S.Q.; KEFFER, V.; STAACKMANN, M. Analysis of Hawaii biomass energy resources for distributed energy applications. *Honolulu: Hawaii Natural Energy Institute, University of Hawaii*, 21, 2002.