

REVISTA AIDIS

de Ingeniería y Ciencias Ambientales:
Investigación, desarrollo y práctica.

UTILIZAÇÃO DA CASCA DE CASTANHA DE CAJU POR PROCESSO DE PIRÓLISE COMO ALTERNATIVA SUSTENTÁVEL PARA GERAÇÃO DE NOVOS PRODUTOS

* Danielma Silva Maia¹
Joel Carlos Zukowski Junior²
Marcelo Mendes Pedroza¹
Daniel Ramos de Souza³

THE USE OF CASHEW NUT PEEL BY PYROLYSIS PROCESS AS A SUSTAINABLE ALTERNATIVE FOR THE GENERATION OF NEW PRODUCTS

Recibido el 30 de septiembre de 2019; Aceptado el 13 de febrero de 2021

Abstract

The use of biomass generated in the processing of some fruits is now seen as a sustainable alternative for the production of renewable energy and the environmentally safe disposal of agroindustrial solid waste. The main residue of biomass generated in large quantities in the process of the nut processing is the cashew nut shell, which has as its main problem its final disposal, since a considerable quantity has as final destination the sanitary landfills. The present study aims to present the skin of cashew nut, agroindustrial residue, as raw material alternative for the production of activated carbon obtained through the pyrolysis process, and its appropriate use in the tertiary stage of treatment and purification of effluents industries. The data obtained showed that the studies of the use of the skin of cashew nuts were positive, resulting in a sustainable alternative to the problem of final disposal of the skin of cashew nuts in sanitary landfills and the generation of new products with added value.

Keywords: biomass, activated carbon, cashews, pyrolysis.

¹ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, Brasil.

² Universidade Federal do Tocantins (UFT), Brasil.

³ Universidade de Gurupi, Brasil.

* *Autor correspondente:* Universidade Federal do Tocantins (UFT). Av. Ns 15, Alcno 14, Palmas–TO, Brasil, CEP.: 77.020-120.
Email: danielma.maia@ifto.edu.br

Resumo

A utilização de biomassa gerada no processo de beneficiamento de alguns frutos é vista hoje como uma alternativa sustentável para a produção de energia renovável e a destinação ambientalmente segura de resíduos sólidos agroindustriais. O principal resíduo de biomassa gerado em grande quantidade no processo de beneficiamento do fruto da castanha é a casca de castanha de caju, que tem como grande problema a sua disposição final, pois uma quantidade considerável tem como destino final os aterros sanitários. O presente estudo tem como objetivo apresentar a casca de castanha de caju, resíduo agroindustrial, como alternativa de matéria-prima para a produção de carvão ativado obtido através do processo de pirólise, sendo a sua utilização apropriada na etapa terciária de tratamento e purificação de efluentes industriais. Os dados obtidos mostraram que os estudos sobre a utilização da casca de castanha de caju foram positivos, surgindo uma alternativa sustentável para o problema de descarte final da casca de castanha de caju em aterros sanitários e geração de novos produtos com valor agregado.

Palavras chave: biomassa, carvão ativado, casca de castanha de caju, pirólise.

Introdução

Considera-se que a situação do Brasil em termos de produção de biomassa é positiva, pois há uma diversidade de subprodutos e resíduos agroindustriais originários de frutos da região, como o bagaço da cana-de-açúcar, castanha e caju, coco verde e outras frutas. Essa variedade de biomassa permite adotar fontes renováveis de energia, em substituição as fontes não renováveis, que acabam gerando um alto impacto ambiental e não contribuem com o desenvolvimento sustentável. Nesse sentido, a utilização de biomassa gerada no processo de beneficiamento de alguns frutos é vista hoje como uma alternativa sustentável para a produção de energias renováveis e a destinação ambientalmente segura de resíduos sólidos agroindustriais.

No processo de beneficiamento do fruto, a casca de castanha de caju se destaca pela grande quantidade gerada. Uma parcela deste resíduo é reaproveitada em fábricas e mini fábricas beneficiadoras e a outra parte tem como grande problema a sua disposição final, pois uma quantidade considerável ainda vai para os aterros sanitários.

A casca da castanha de caju é aproveitada pelas grandes indústrias como combustível para as caldeiras, entretanto, geram impacto ambiental pela emissão de gases na atmosfera, e nas minifábricas as cascas geradas no processamento, na sua maioria, são dispostas de forma inadequada no solo (Leite, 1994; Irias *et al.*, 2004).

A aplicação industrial do caju (*Anacardium occidentale L.*) e seus componentes é exercida com predominância na região Nordeste do Brasil, onde se tem a maior parte das indústrias beneficiadoras do fruto. A casca da castanha de caju apresenta propriedades lignocelulósicas, capaz de ser empregada como fonte de energia através do processo de pirólise, que também

resulta em subprodutos que podem ser utilizados como matéria-prima para a conversão em carvão ativado.

A descoberta de um valor agregado à casca, que iriam para aterros sanitários, gera o interesse de novos estudos com a finalidade da utilização dos subprodutos da cajucultura brasileira (Figueiredo, 2009).

A biomassa produzida pela casca de castanha de caju pode gerar novos materiais de alto valor agregado por processo termoquímico de pirólise, que é entendida como a degradação da biomassa em níveis de temperatura elevado com ausência total ou parcial de ar ou oxigênio.

Visando o aproveitamento de resíduos agrícolas e tomando por base as proposições aqui expostas, esta pesquisa tem como objetivo apresentar a casca de castanha de caju, resíduo agroindustrial, como alternativa de matéria-prima sustentável para a produção de energia, como combustível ou até mesmo para a produção de carvão ativado que pode ser utilizado na etapa terciária de tratamento e purificação de efluentes industriais, tais que todos estes produtos gerados são obtidos através da pirólise.

Metodologia

Neste estudo adotou-se a revisão bibliográfica como estratégia metodológica. Na elaboração deste trabalho foi realizado uma revisão de bibliografias com pesquisas já realizadas, que tem como enfoque o reaproveitamento por processo de pirólise do resíduo agroindustrial da casca de castanha de caju. Foi encontrado vários descritos na literatura referente a pirólise de biomassas, porém, poucos estudos foram encontrados em relação a pirólise da casca de castanha de caju.

A discussão dos resultados intercorreu por meio de análise dos trabalhos consultados (teses, dissertações, artigos científicos, livros), e sob nova perspectiva ou abordagem, esta revisão bibliográfica proporcionará uma análise aprofundada da biomassa em estudo e o processo de pirólise capaz de gerar novos produtos.

Resultados e discussão

Casca de castanha de caju: característica e morfologia

Anacardium occidentale L., *Anacardiaceae*, conhecida popularmente como cajueiro, é uma planta nativa do Brasil e característica dos campos e das regiões costeiras do Norte e Nordeste (Chaves *et al.*, 2010). O fruto ou castanha é um aquênio de comprimento e largura variáveis, casca coriácea lisa, mesocarpo alveolado um óleo escuro que é considerado uma fonte natural de compostos de cadeia fenólica longa e insaturada (Kumar *et al.*, 2002). Na parte mais interna está localizada a

amêndoa da castanha de caju (ACC), constituída de dois cotilédones carnosos e oleosos que compõem a parte comestível do fruto e que é muito apreciada no Brasil e no mundo (Mazzetto *et al.*, 2009), conforme a Figura 1, que está relacionada a estrutura da castanha.

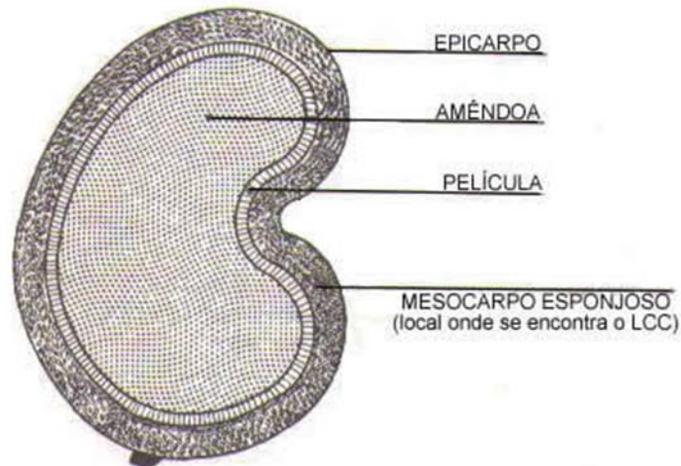


Figura 1. Estrutura da castanha de cajueiro

Faz parte do beneficiamento da castanha de caju um processo que envolve a separação da amêndoa adstrita a casca, seguindo com a extração do LCC, que se encontra no mesocarpo esponjoso. Na região produtora de caju no Nordeste brasileiro, encontram-se grandes fábricas e dezenas de mini fábricas processadoras de castanha, cuja capacidade atual de beneficiamento gira em torno de 300 mil toneladas de castanhas (Serrano & Pessoa, 2016). Os países produtores são também consumidores da castanha de caju, mas como mostra a Tabela 1, alguns se destacam neste ranking como o Vietnã, Índia e Nigéria, em seguida se sobressaem a Costa do Marfim e o Brasil.

Tabela 1. Países produtores de castanha.

País	Produção %
Vietnã	28.6 %
Índia	20.7 %
Nigéria	17.3 %
Costa do Marfim	7.3 %
Brasil	6.6 %

Fonte: PMA, 2012.

De acordo com os dados atualizados do IBGE (2019), a estimativa da safra de castanha de caju no Brasil foi de aproximadamente 120.4 mil toneladas, com alta de 5.2% em relação a março deste ano. Em relação a 2018, a produção de castanha-de-caju caiu 14.8%. A área plantada (439.0 mil hectares) reduziu 4.6% e o rendimento médio (280 kg/ha) caiu 12.8%.

Neste processo de beneficiamento feito nas indústrias praticamente tudo se é aproveitado do cajueiro, o principal resíduo gerado é a casca de castanha de caju e se enquadra como resíduo agrícola, porém subprodutos são obtidos. O processo de remoção da casca de castanha de caju é feito após a combustão desta, onde ocorre a separação da amêndoa que tem grande valor comercial, da casca, que detêm grande potencial combustível, e ainda é gerado o cardol, parte líquida que encharca a casca comumente conhecido como líquido da casca de castanha de caju (LCC), por fim, a casca separada após esse beneficiamento térmico, se torna fria e quebradiça.

No Brasil, a principal aplicação do LCC é na produção de derivados poliméricos e resinas, considerando seu potencial como possível substituto aos derivados do petróleo (Mazzetto e Lomonaco, 2009).

Nas áreas de Engenharia de alimentos e Energias Renováveis, o bagaço de caju tem motivado pesquisas para fins diversos, que vão desde a sua utilização como potencial energético até mesmo como complexo enzimático na alimentação de animais.

Biomassa

Biomassa pode ser geralmente definida como toda matéria orgânica que consiste principalmente de carbono, hidrogênio, oxigênio e nitrogênio (Tsamba *et al.*, 2006). Os cientistas e técnicos dividem a biomassa energética em dois grandes grupos: biomassa tradicional (essencialmente lenha e outros resíduos naturais) e biomassa moderna (biomassa produzida com tecnologias adequadas, como florestas plantadas, cana-de-açúcar) (Leal, 2005). No seu conceito mais amplo, a biomassa está relacionada ao aproveitamento de materiais naturais como combustível, fonte de energia primária muito usada no passado pela humanidade.

A composição da biomassa apresenta principalmente celulose, hemicelulose e lignina, de acordo com a Figura 2. A lignina é um polímero tridimensional amorfo encontrado nas plantas terrestres, associado à celulose na parede celular formando um complexo lignocelulósico, cuja função é de conferir rigidez, impermeabilidade e resistência a ataques microbiológicos e mecânicos aos tecidos vegetais, a quantidade de lignina em base seca em madeiras varia geralmente de 20% a 40% em peso, e em espécies herbáceas como o bagaço, sabugo de milho, cascas de amendoim, palha e cascas de arroz varia de 10% a 40% em peso (Klass, 1998 apud Yaman, 2004). Esses componentes da biomassa, quando submetidos a diferentes temperaturas produzem um subproduto com potencial energético destinado a aplicação em processos de conversão. Existem

três processos frequentemente utilizados para extrair energia a partir de biomassa, estes são: de combustão (exotérmica), de gaseificação (exotérmica) e de pirólise (endotérmico) (Frassoldati *et al.*, 2006).

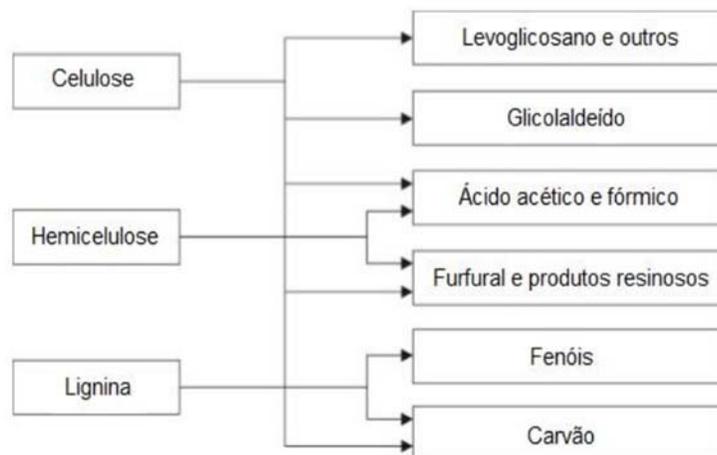


Figura 2. Elementos da biomassa lignocelulósica e suas alterações por meio processo de conversão térmica

A casca de castanha de caju é um tipo de biomassa lignocelulósica que tem potencial de ser usada para geração de energia, ser fonte de produtos químicos após processo pirólise e ainda transformar-se em carvão ativado, sendo produto adsorvente auxiliando no tratamento de efluentes (Figueiredo, 2011).

A CCC apresenta um grande potencial como fonte renovável para a geração de energia, por seu poder calorífico apresentar excelentes valores e por apresentar 60% da massa da noz de caju (Figueiredo, 2009). Comparativamente, o poder calorífico deste resíduo é equivalente ao de outros produtos utilizados para o mesmo fim, como casca da semente de algodão, casca de amendoim, serragem e outros (Silva *et al.*, 2005; Lima, 2008). Um dos grandes problemas que as indústrias beneficiadoras deste fruto enfrentam é a destinação das cascas de castanha de caju, que quando não são reaproveitadas, normalmente, são descartadas em aterros sanitários ocupando um volume considerável destas instalações e conseqüentemente diminuindo sua vida útil.

Experiências da pirólise com a CCC

Pirólise é o processo de degradação térmica da matéria natural com a inexistência total de ar ou de oxigênio, a gaseificação e da combustão são etapas desta reação, ainda uma série de reações químicas e de processos de transferência de massa e de calor acontecem.

Alguns autores a consideram como decomposição térmica com deficiência de oxigênio, ou seja, menor quantidade de ar ou oxigênio que a requerida estequiometricamente para a combustão completa, gerando, principalmente, líquidos e sólidos (Sanchez, 2010).

A pirólise é um dos processos de conversão térmica com capacidades mais promissoras. Tecnologias e estudos em larga escala estão sendo realizados em relação a estes processos com o objetivo de gerar um valor agregado aos resíduos de biomassa para a criação de produtos com elevado potencial energético. Logo, o processo de pirólise vem a acrescentar, sendo uma importante alternativa, pois gera subprodutos em forma sólida, líquida e gasosa, destinados a áreas diversas de aplicação.

Durante o processo de pirólise as temperaturas de reação variam de 400°C a 800°C, neste processo os resíduos de biomassa são convertidos em uma quantidade considerável de compostos químicos capazes de serem empregados como matéria prima para a indústria química ou petroquímicas. Os processos termoquímicos baseiam-se na conversão de biomassa em uma fração volátil que consiste em gases, vapores e componentes do alcatrão, um resíduo sólido rico em carbono (carvão) e em uma fração líquida denominada bio-óleo (Demirbas, 2002).

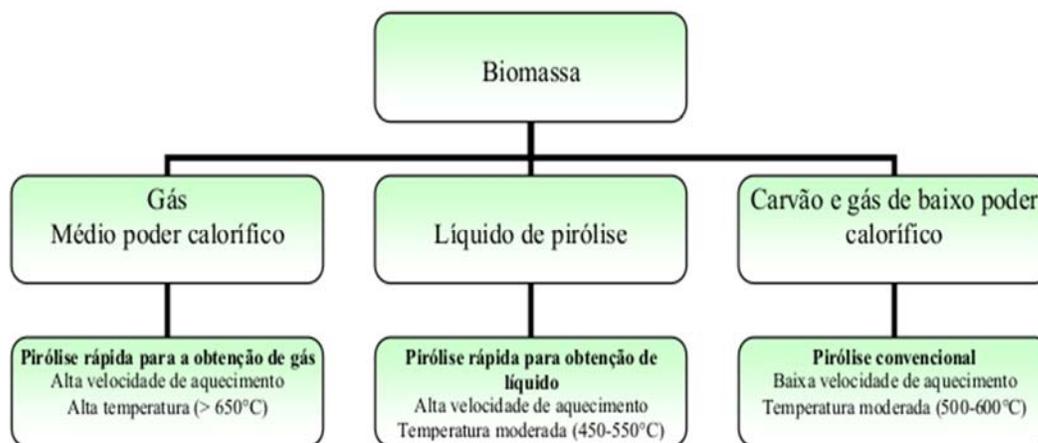


Figura 3. Principais produtos obtidos da pirólise com biomassa de diferentes tipos

Figueiredo (2011), em sua tese, mostrou que os produtos gerados através da pirólise são: um sólido carbonoso (resíduo não volátil com um elevado teor de carbono), um produto líquido condensável, que recebe o nome de alcatrão (mistura de um grande número de compostos de

elevada massa molecular, que são voláteis à temperatura de pirólise, porém condensam a temperatura ambiente) e os gases (produtos de baixa massa molecular os quais tem uma pressão de vapor moderada a temperatura ambiente).

O rendimento e a composição dos subprodutos são diretamente ligados as condições de pirólise, tendo forte influência de algumas variáveis que são determinantes nestes fatores, como grau de temperatura, taxa de aquecimento, granulometria da biomassa, entre outras. A utilização dos produtos gerados são direcionadas há áreas de aplicação distintas e conforme os estudos avançam entorno das biomassas e a conversão termoquímica destas, maiores possibilidade vão aumentando o seu campo de aplicação.

Para utilização do bio-óleo é necessário a sua caracterização química, e a partir destes resultados obtidos é possível avaliar sua utilidade, atualmente as experiências tidas com a sua utilização, são como combustível para aquecimento e geração de energia. O carvão pode ser utilizado no processamento do minério de ferro, no refino de açúcar, como absorvente, como adubo, como matéria-prima para gaseificar e produzir gases de síntese com baixo conteúdo de alcatrão (Pelaez-Samaniego *et al.*, 2006 apud Pelaez-Samaniego, 2007). Os gases podem ser usados para secagem de biomassa, aquecimento ou geração de energia mediante turbinas a gás (Bridgwater, 2001; Pelaez-Samaniego, 2007).

Alguns pesquisadores já desenvolvem estudos que tratam do processo de pirólise com o aproveitamento da CCC como biomassa, alternativa sustentável que foi encontrada para reaproveitamento deste resíduo, a resultante desse processo implica na geração de subprodutos, onde seus compostos químicos gerados podem ser aproveitados.

Das e Ganesh (2003) descreveram a distribuição dos produtos (líquido, gás e carvão) da casca de castanha de caju (CCC) usando um reator de pirólise a vácuo e mostraram que a proporção de bio-óleo nos produtos de pirólise, manteve-se praticamente constante na faixa entre 400°C e 550°C e o rendimento máximo de bio-óleo foi obtido a 500°C. O poder calorífico do bio-óleo obtido foi de 40 MJ.kg⁻¹, o qual este valor é semelhante aos combustíveis provenientes do petróleo.

Kiruthika *et al.* (2013) estudaram a produção de bio-óleo a partir da pirólise de vários resíduos agrícolas, incluindo a CCC, utilizando um pirolisador em escala laboratorial. Neste equipamento foi utilizado de 10g a 15 g de biomassa a diferentes temperaturas entre 450°C e 550°C. Verificou-se que a produção de bio-óleo aumenta com o aumento de temperatura até 550°C e a produção de carvão diminui com o aumento de temperatura.

Patel *et al.* (2011) estudaram a pirólise da CCC em um reator de leito a 500 °C e sob vácuo de 720 mm.Hg. O bio-óleo obtido foi extraído com fluido supecrítico (CO₂) e analisado por cromatografia a gás acoplada a espectrometria de massas (CG-MS) e por espectroscopia na região do infravermelho por transformada de Fourier (FTIR) mostrando a presença de altas concentrações de cardanol e fenóis, sendo considerado um bom material para fabricação de resinas.

A pirólise rápida de resíduos agroindustriais entre eles a CCC foram estudados por Melzer *et al.*, (2013). De acordo com estes pesquisadores, as biomassas foram submetidas a um reator tubular 27 previamente aquecido a 500°C sob um fluxo de nitrogênio de 0.666 L/min⁻¹. A fração líquida foi obtida no tempo de 12 minutos, enquanto que a fração gás foi recolhida em 15 minutos de processo. Dentre as biomassas estudadas a CCC apresentou ser uma biomassa lignocelulósica rica em extrativos, revelando a influência destes sobre o comportamento de decomposição e de conversão da biomassa. A pirólise pode revelar também a influência do alto teor de extrativos na biomassa inicial em relação ao rendimento dos produtos de pirólise, no qual o rendimento do produto líquido foi maior enquanto que o bio-carvão e o gás apresentaram menor rendimento.

Por ter alto poder calorífico, o carvão, resultante do processo de pirólise, pode ser utilizado como combustível ou pode ser reaproveitado como insumo para a preparação do carvão ativado. Já a fração líquida resultante deste processo apresenta uma complexa mistura de hidrocarbonetos, por este fato, pode ser utilizado como combustível, ser adicionado ao insumo de refinarias de petróleo, melhorado por catalisadores a fim de produzir combustíveis refinados de grau elevado, ou ainda poderá ser potencialmente usado como produto químico. Dentre os subprodutos da pirólise, o alcatrão geralmente tem preferência devido ao seu poder calorífico, sua facilidade de transporte e armazenagem, seu baixo conteúdo de nitrogênio e enxofre e pela alternativa de serem convertidos em produto químico. (Apaydin-Varol; Putun, 2007).

Conclusões

O meio ambiente apresenta os impactos causados pela ação do homem e neste sentido os estudiosos alertam constantemente sobre a preocupação com os resíduos sólidos, no Brasil. Os resíduos agrícolas sintetizam boa parte deste quantitativo total, por isso a necessidade do aproveitamento de resíduos agroindustriais é cada vez maior, frente a uma grande geração desses resíduos no país. A pesquisa foi conduzida sempre no sentido de propiciar melhorias ambientais, desde a proposta de aproveitamento do resíduo e do processo de beneficiamento da castanha de caju até a pirólise deste, para geração de novos produtos de valor agregado.

Conforme o que foi exposto, os estudos dos pesquisadores em relação a pirólise da casca de castanha de caju, mostraram que é possível reduzir a disposição final deste resíduo em aterros sanitários, pirolisando a casca, assim gerando 3 novos sub-produtos, o bio-óleo, o gás e o carvão.

Nestas experiências descritas, as temperaturas dos processos termoquímicos variaram entre 400°C a 550°C, essa variável mostrou em diversos relatos que o bio-óleo teve seu rendimento aumentado quando submetido a uma temperatura proporcionalmente mais elevada e o do carvão diminuído nesta mesma situação. O fator tempo, no qual a biomassa é submetida para sua conversão, apesar de ter sido citado apenas em um dos estudos, é uma variável importante e necessária para as características a análise das características que estes materiais irão apresentar.

Quanto ao uso destes subprodutos, ainda é limitada as experiências obtidas com o gás gerado, estudos favoráveis a utilização do bio-óleo como combustíveis tem crescido, por ter poder calorífico elevado, comparado ao do petróleo é uma fonte de combustível que pode ser utilizada. O bio-carvão se transformado em carvão ativado, é uma ótima alternativa para tratamento de efluentes como adsorvente.

Quanto a caracterização da biomassa, esta em sua composição apresenta grande parte de lignina, conferindo uma forte resistência a microorganismos e como principal vantagem tem um alto poder calorífico, justificando sua utilização como fonte energética.

Os dados obtidos com os estudos da biomassa em análise e sua transformação em novos produtos de valor agregado mostraram que esta é uma excelente fonte para produção de energia, entre outras utilidades. O resíduo da casca de castanha de caju vem ganhando certa notoriedade, e ainda que limitado os escritos bibliográficos encontrados a respeito do tema, os resultados das experiências com a biomassa por processo de conversão térmica para obtenção de produtos intermediários com potencial energético renovável ou combustível tem sido positivo, pois, esta biomassa além de possuir boas propriedades, se apresentar em abundância, ser de baixo custo e fácil acesso, é também uma alternativa sustentável para contribuir com a redução do descarte final da casca de castanha de caju em aterros.

Referencias bibliográficas

- Apaydin-VaroL, Putun. (2007) A. E, Slow pyrolysis of pistachio shell . Fuel, **86**(12), 1892-1899.
- Araujo, L. G. (2012) *Maiores produtores mundiais de castanha-de-caju*. Portal Mercado Aberto. Acesso em 12 de jun. 2019, disponível em: <http://www.portalmercadoaberto.com.br/blogs-categoria-det?post=3550>
- Bridgwater, A.V. (2012) Review of fast pyrolysis of biomass and product upgrading. *Biomass and Bioenergy*, **38**(3), 68-94.
- Bridgwater A. V., Meier, D., Radlein, D. (1999) An overview of fast pyrolysis of biomass. *Organic Geochemistry* , **30**(12), 1479-1493.
- Chaves M. H., Citó A. M. das G. L., Lopes J. A. D., Costa D. A., Oliveira C. A. A., Costa A. F., Brito Júnior F. E. M. (2010) Fenóis totais, atividade antioxidante e constituintes químicos de extratos de *Anacardium occidentale* L., Anacardiaceae. *Revista Brasileira de Farmacognosia Brazilian Journal of Pharmacognosy*, **20**(1), 106-112.

- MECOL, Metalúrgica Cobica LTDA. *Castanha do Caju*. Acesso em 23 de jun. 2019, disponível em: <http://www.mecol.com.br/portugues/informacajuebrasil.htm>
- Das, P., Ganesh, A. (2003) Bio-oil from pyrolysis of cashew nut shell - a near fuel. *Biomass and Bioenergy*, **25**(1), 113-117.
- Demirbas, A., Arin, G. (2002) An overview of biomass pyrolysis. *Energy Sources*, **24**(5), 471-482.
- Frassoldatil, A., Miglavacca, G., Crippa, T., Velata, F., Faravelli, T., Ranzi, E. (2006) Detailed Kinetic Modeling of Thermal Degradation of Biomasses. 29th Meeting on Combustion, Napoli, Italia.
- Figueiredo, F. A. B. (2009) *Pirólise e Gaseificação de Casca de Castanha de Caju: Avaliação da Produção de Gás, Líquidos e Sólidos*. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica), Programa de Pós Graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Estadual de Campinas, São Paulo.
- Figueiredo, A. R. (2011) *Caracterização dos Produtos da Pirólise da Casca de Castanha de Caju: Influência da Taxa de Aquecimento e da Temperatura*. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica), Programa de Pós Graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Estadual de Campinas. São Paulo.
- Goodman, L. J., Love, R. N. (1981) *Biomass energy projects: Planning and management*. Pergamon Press, 1-13.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2019) *Em abril, IBGE prevê alta de 2,2% na safra de grãos de 2019*. Agência IBGE Notícias, 09 de maio de 2019. Acesso em 03 de jun. de 2019, disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/24363-em-abril-ibge-preve-alta-de-2-2-na-safra-de-graos-de-2019>
- Irias, L. J. M., Gleber, L., Palhares, J. C. P., Rosa, M. F., Rodrigues, G. S. (2004) Avaliação de impacto ambiental de inovação tecnológica agropecuária – aplicação do sistema Ambitec. *Agricultura em São Paulo*, São Paulo, **51**(3), n. 1, 23-39.
- Kiruthika, R., Ubramanian, P., Rajivgandhi, M. M. C. (2013) Bio oil Production from various Agro Residues through Pyrolysis. *International Journal of Engineering Research & Technology*, **2**(9), p. 1678-1681.
- Kumar P. P., Paramashivappa R., Vithayathil P. J., Subra Rao P. V., Srinivasa Rao A. (2002) Process for isolation of cardanol from technical cashew (*Anacardium occidentale*) nut shell liquid. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **50**(16), 4705-4708.
- Leite, L. A. S. (1994) *A Agroindústria do Caju no Brasil: Políticas públicas e transformações econômicas*. Fortaleza: EMBRAPA/ CNPAT, 195.
- Leal, M. R. L. V. (2005) O potencial de aproveitamento da energia da biomassa. *Inovação Uniemp* **1**(3), 40-41. Acesso em 24 de jan de 2021, disponível em: http://inovacao.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1808-23942005000300024&lng=pt&nrm=is
- Lima, S. A. (2008) *Análise da viabilidade do uso de cinzas agroindustriais em matrizes cimentícias: estudo de caso da cinza da casca da castanha de caju*. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Programa de Pós Graduação em Arquitetura e Urbanismo na Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 139 pp.
- Lorenzi, H., Matos, F. J. A. (2002) *Plantas Medicinais no Brasil: nativas e exóticas*. São Paulo: Nova Odessa.
- Mazzetto, S. E., Lomonaco, D., Mele, G. (2009) Óleo da castanha de caju: oportunidades e desafios no contexto do desenvolvimento e sustentabilidade industrial. *Rev. Química Nova*, **32**(3), 732-741.
- Melzer, M., Blina, J., Bensakhriac, A., Valetteb, J., Broustb, F. (2013) Pyrolysis of extractive rich agroindustrial residues. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, **104**(1), 448-460.
- Patel, R.N., Bandyopadhyay, S., Ganesh, A. (2011) Extraction of cardanol and phenol from bio-oils obtained through vacuum pyrolysis of biomass using supercritical fluid extraction. *Energy*, v. **36**(3), 1535-1542.
- Pelàez-Samaniego. (2007) M.R. *Uso de biocombustível da pirólise rápida de palha de cana em um motor de ciclo Otto*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). Pós Graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 20 pp.
- PMA, Portal Mercado Aberto RN (2012) *Maiores Produtores Mundiais de Castanha de Caju*. Acesso em 04 de junho de 2019, disponível em: <http://www.portalmercadoaberto.com.br/blogs-categoria-det?post=3550>

- Santos, R. P., Santiago, A. A. X., Gadelha, C. A. A., Cajazeiras J. B., Cavada, B.S, Martins, D. T. M., Bezerra, G. A, Santos, R. P., Freire, A. V. N. (2007) Production and characterization of the cashew (*Anacardium occidentale* L.) penduncle bagasse ashes. *Journal of Food Engineering*. **79**(4), 1432-1437.
- Sanchez, E.M.S. (2010) Alcatrão ou bioóleo: Caracterização, amostragem e utilização. In: SÁNCHEZ, C.G. (Org.). Tecnologia da gaseificação de biomassa. *Campinas: Editora Átomo*, 353-385.
- Serrano, L. A. L., Pessoa, P. F. A P. (2016) Aspectos econômicos da cultura do cajueiro. Embrapa Agroindústria Tropical- Sistemas de Produção. Acesso em 24 de jan. de 2021, disponível em: https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p_p_id=conteudoportlet_WAR_sistemasdeproducaolf6_1ga1ceportlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-2&p_p_col_count=1&p_r_p_-76293187_sistemaProducaold=7705&p_r_p_-996514994_topicold=10308
- Tsamba, A. J., Yang, W., Blasiak, W. (2006) Pyrolysis characteristics and global kinetics of coconut and cashew nut shells. *Fuel Processing Technology*, **87**(6), 523-530.
- Tramujas M. J. (2015) *Utilização de diferentes agentes ligantes no Desenvolvimento de barra de cereal salgada adicionada de chia (salvia hispânica l.)*. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos). Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos. Universidade Tecnológica federal do Paraná, Londrina, 43 pp.
- Vieira, G. E. G., Nunes, A. P., Teixeira, L. F., Colen, A. G. N. (2014) Biomassa: uma visão dos processos de pirólise. *Revista Liberato*, **15**(24), 105-212.
- Yaman, S. (2004) Pyrolysis of biomass to produce fuels and chemicals feedstocks. *Energy Conversion and Management*, **45**(2), 651-671.