

# APLICABILIDADES DE MATERIAIS RESIDUAIS DE ORIGEM LIGNOCELULÓSICA

## APPLICABILITY OF LIGNOCELLULOSIC WASTE MATERIALS

**Aymara Gracielly Nogueira Colen**  
Faculdade ITOP  
aycolen2@gmail.com

**Daniel Aranha de Sousa Silva**  
Unitins  
daniel.as@unitins.br

**José Luiz Cabral da Silva Júnior**  
Unitins  
jose.lc@unitins.br

**Renato Eurípedes Nascimento Júnior**  
Unitins  
renato.nj@unitins.br

**Fabício Machado Silva**  
Faculdade ITOP  
fabricio\_amb@yahoo.com.br

**RESUMO:** Toneladas de resíduos vegetais são desperdiçadas nos dias atuais, destinadas a aterros sanitários ou dispostos em locais inadequados, sem tratamento efetivo, o que causa impactos ambientais em diversos graus de magnitude, tanto no meio físico, biótico e socioeconômico. Com o aumento da população mundial, as atividades agropecuárias intensificam-se de forma equivalente, apresentando assim grande expressividade de biomassa lignocelulósica. O Brasil, portanto, possui extensas áreas de produção agrícola, favorecido por condições edafoclimáticas e conseqüentemente são gerados resíduos de caráter renovável. A biomassa lignocelulósica é constituída essencialmente por carbono, hidrogênio, oxigênio e nitrogênio, dentre outros elementos, e, pode ser submetida a rotas tecnológicas de convergência térmica, capazes de gerar novos produtos como biocombustíveis, compostagem, incremento ao sistema raticular do solo, insumos para a indústria base. O objetivo deste estudo é apresentar uma visão geral sobre as diversas aplicabilidades de materiais lignocelulósicos provenientes da geração de resíduos agroflorestais e agroindustriais.

**PALAVRAS-CHAVE:** Agroresíduos, Biomassa, Conversão Térmica.

**ABSTRACT:** Tons of plant waste are wasted today, destined for landfills or disposed of in inadequate locations without effective treatment, which causes environmental impacts to varying degrees of magnitude, both in the physical, biotic and socioeconomic environment. With the increase of the world population, the agricultural activities intensify in an equivalent way, thus presenting great expressiveness of lignocellulosic biomass. Brazil therefore has extensive areas of agricultural production, favored by edaphoclimatic conditions and consequently renewable waste is generated. Lignocellulosic biomass is composed essentially of carbon, hydrogen, oxygen and nitrogen, among other elements, and can be subjected to thermal convergence technological routes, capable of generating new products such as biofuels, composting, increments in the soil raticular system, inputs for the base industry. The aim of this study is to present an overview of the various applicability of lignocellulosic materials from the generation of agroforestry and agroindustrial waste.

**KEYWORDS:** Agro-Waste, Biomass, Thermal Conversion.

## **INTRODUÇÃO**

Os resíduos domésticos e industriais representam perda de insumos e matérias-primas como sendo um sinal de ineficiência dos processos produtivos ou de conversão de diversos materiais.

A biomassa é um composto orgânico de origem vegetal ou animal descartado de alguma produção ou processo de cultivo agrícola, bem como extrativista. Ademais, podem ser produtos madeireiros, resíduos sólidos, resíduos animais, sobras de processamento de alimentos, plantas aquáticas, algas, dentre outras origens.

Os resíduos lignocelulósicos são vegetais compostas por uma miscelânea complexa de polímeros naturais de carboidratos, chamados de celulose, hemicelulose, lignina e outras substâncias em menor quantidade (CASTRO & PEREIRA JR., 2010). A celulose é geralmente encontrada na natureza como lignocelulose, um compósito de fibras de celulose, de matriz de hemicelulose e lignina (BROWN, 2011).

A matéria orgânica presente na massa de resíduos é degradada gradualmente por grupo de bactérias, em condições anaeróbias (CATAPRETA e SIMÕES, 2016). Como resultado dessa degradação, temos a geração de um efluente com grande quantidade de água, compostos nitrogenados e carga orgânica elevada, além de um biogás composto por substâncias com alto poder danoso ao meio ambiente local, e todos os meios receptores dessa carga poluidora (CHRISTENSEN e KJELDSEN, 1989).

É importante ressaltar que a Resolução CONAMA nº. 357 de 17/03/2005 (BRASIL, 2005) somada à de nº 430 de 13/05/2011 (BRASIL, 2011) estabelecem os níveis de emissão de poluentes para descarte em um corpo hídrico receptor, sem alterar a sua qualidade. Ademais, os danos causados à saúde humana, relacionados com os tratamentos inadequados dos efluentes, de uma forma geral, têm provocado o surgimento de leis de proteção ao meio ambiente, cada vez mais rígidas, e conseqüentemente uma procura por técnicas de tratamento de efluentes mais eficazes e de custos aceitáveis (VON SPERLING, 2005).

Com base nos dados da produção de 2009 (IBGE, 2010) foram feitas estimativas dos montantes de resíduos orgânicos gerados pelas atividades da agricultura, pecuária, silvicultura e agroindústrias e do potencial energético destes resíduos. Conforme levantamento quantitativo realizado por IPEA (2012)

uma alternativa adequada é o uso da biomassa como fonte sustentável de energia, especialmente nas agroindústrias, pois em uma colheita 854.704.480 toneladas das principais culturas brasileiras estimam-se 291.138.870 toneladas de resíduos.

Conforme projeção do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2010), a taxa anual média de crescimento da produção de lavouras entre os anos de 2010 e 2020 deverá ser de 2,67%. Esta projeção indica que o Brasil terá, em 2021, uma produção de grãos superior a 195 milhões de toneladas (t), numa área pouco superior a 50,7 milhões de hectares (ROSSI, 2011).

A demanda mundial da produção de soja, por exemplo, se caracteriza em ascensão, sendo quantificada em 351,311 milhões de toneladas com área plantada de 120,958 milhões de hectares (USDA, 2017).

A cana-de-açúcar ocupa o terceiro maior cultivo brasileiro em área plantada, atrás apenas da soja e do milho. Em 2016, os canaviais ocupavam 10,5 milhões de hectares, ou seja, 13,5% do total nacional de área plantada no País (IBGE, 2017). O desenvolvimento tecnológico e científico possibilita maior aproveitamento dos resíduos canavieiros pois garante além de energia, plástico verde, ração, adubo e fibras celulósicas (IBGE, 2017).

A produção de arroz, por sua vez, na safra 2016/17 somou aproximadamente 12,33 milhões de toneladas, sendo que o estado do Tocantins ocupa a terceira posição na produção de arroz total, com 676,7 mil toneladas (CONAB, 2017).

O setor de florestas nacional, em maior de destaque o *pinus sp.* e o eucalipto, apresentou o melhor nível de produtividade no mundo, em 2015. Em 2009 houve um aumento de 2,5% de área plantada de silvicultura, totalizando 10 milhões de hectares em 2015 e em 2016 alcançou uma produção de R\$ 14,078 bilhões (BRASIL, 2016).

Pereira (2013) estudou os resíduos citados e afirma que a biomassa lignocelulósica pode agregar valor do ponto de vista de suas potencialidades físicas, químicas, mecânicas e tecnológicas, além das características da composição do material.

A rota termoquímica é muito atrativa pela possibilidade de transformar materiais considerados de baixo valor agregado e em geral considerados como

resíduos (agroindustriais e/ou sólidos urbanos), em matérias primas de inúmeros produtos de maior valor comercial, podendo ser considerado que rota termoquímica é base de uma biorrefinaria (FIGUEROA, 2015). Czajczyńska Et Al., (2017) e Pedroza (2010) definem que a conversão térmica de materiais orgânicos deve ser feita por reatores com altas temperaturas e na ausência de oxigênio ou em atmosfera de gases inertes.

O objetivo deste estudo é apresentar as potencialidades de aplicação de materiais lignocelulósicos provenientes da geração de resíduos agroflorestais e agroindustriais.

A investigação por periódicos foi realizada dentre os meses de novembro de 2016 a agosto de 2019, com busca por publicações de pesquisas experimentais e estudos referentes ao aproveitamento de materiais lignocelulósicos.

### **Biocombustíveis Sólidos e Oleosos**

Inúmeras culturas descartam toneladas de biomassa provindas de restos da colheita, beneficiamento e de todo o processo produtivo de agroindústrias e atividades agropecuárias, que por sua vez, são subaproveitadas com atividades menos nobres, ou pouco lucrativas. O uso dos resíduos provenientes da produção agrícola tem tomado grande parte do estudo do uso de biomassas, visto que a agricultura é uma das principais bases na economia do país assim tornam-se mais viável e vantajoso direcionando a utilização da biomassa de caráter lignocelulósico (BRASIL, 2010).

Há trabalhos desenvolvidos utilizando casca de amendoim (BARBIRATO et al., 2014); casca do coco verde (CRAVO et al., 2015); pseudocaule de bananeira (GUIMARÃES et al., 2014); resíduo de café (ARAÚJO et al., 2014); sabugo de milho (SCATOLINO et al., 2013); resíduo de sorgo (GUIMARÃES JUNIOR et al., 2016), bem como outras biomassas residuais que estão sendo aproveitadas na produção de energia renovável e novos produtos industriais que proporciona ao país benefícios tecnológicos, econômicos e ambientais.

Breulmann et al., (2017) apresentam sistemas de conversão e valorização de materiais orgânicos em processos de degradação térmica, o que é considerado promissor pois recupera a energia potencial e desenvolve produtos com caráter sustentável incrementando a matriz energética e ampliando a

diversidade industrial, o que corrobora com a Resolução CONAMA n° 316 de 29 de outubro de 2002 (BRASIL, 2002).

Pedroza (2010) afirma que o tratamento térmico tem como finalidade principal obter produtos com densidade energética mais alta e melhores propriedades do que àquelas da biomassa inicial. Esses produtos podem ser usados para abastecer energeticamente o próprio processo ou serem comercializados como produtos químicos ou combustíveis e possuem utilizações potenciais diversas, comerciais e industriais.

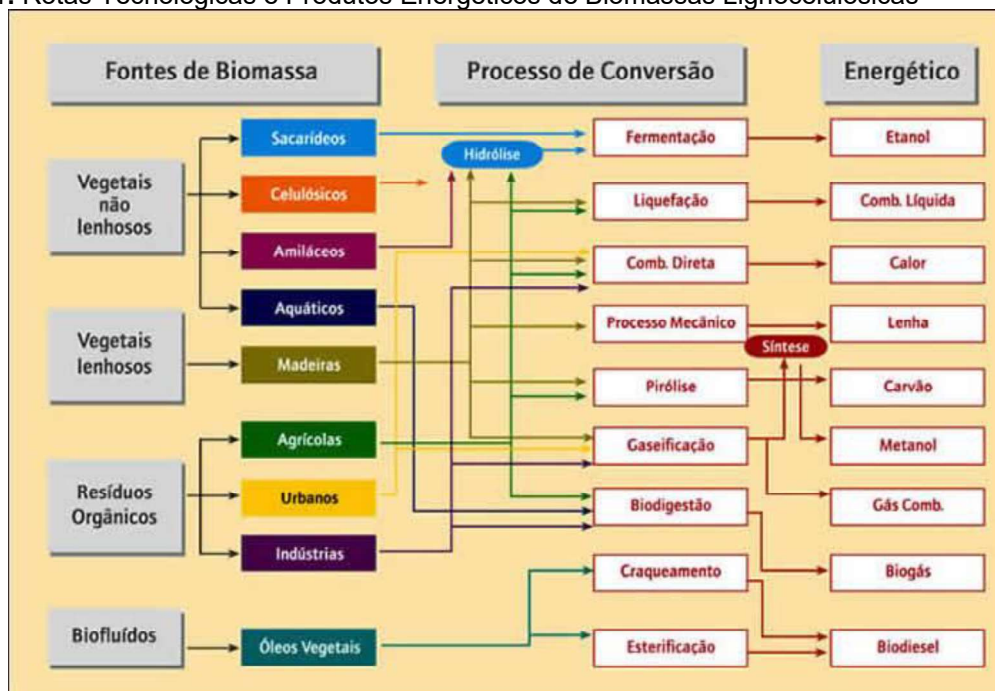
A Portaria ANP n° 240, de 25 de agosto de 2003 é um dos aparatos legais que podem garantir o uso da energia renovável por meios de agroresíduos, pois estabelece a regulamentação para a utilização de combustíveis sólidos, líquidos ou gasosos não especificados no país (ANP, 2003). (RAQUEL et al., 2015) comentam que o cenário atual há uma demanda crescente por tecnologias que promovam o reaproveitamento energético com melhor eficiência, bem como desenvolvimento de novos materiais.

Santos; Santos; Pereira, (2016) informam que nos procedimentos envolvendo a pirólise, vários fatores afetam a taxa de conversão e rendimentos, composição e propriedades das classes dos produtos, tendo como principais parâmetros monitorados a temperatura, fluxo e taxa de aquecimento.

Pedroza (2010) aplicou o processo pirolítico em biomassas residuais para obter biocombustíveis, pois a tecnologia de degradação térmica ocorre entre temperaturas de 300° a 1000°C, na ausência parcial ou total de oxigênio e é capaz de transformar um resíduo a ser descartado em matéria-prima, além de prevenir impactos ambientais, advindos da disposição incorreta dos resíduos sólidos. Quando este procedimento é aplicado a polímeros ou moléculas grandes, resultando em compostos de menor peso molecular (GERMÁN et. al., 2017), como o carvão, bio-óleo e gases.

A Figura 1 apresenta possibilidade de aproveitamento de biomassa pode meio de conversão de materiais lignocelulósicos em energéticos como pela combustão direta, processos termoquímicos e processos biológicos (digestão anaeróbia e fermentação).

**Figura 1.** Rotas Tecnológicas e Produtos Energéticos de Biomassas Lignocelulósicas



Fonte: (BEN, 1982).

## Briquetagem

A briquetagem consiste na fabricação de briquetes, que são compostos de material particulado recompactado por meio de temperatura e pressão, com ou sem adição de ligantes. No caso da madeira não há necessidade de um agente ligante, já que a lignina na briquetagem sofre processo de transição vítrea, processo que une as partículas quando esfriado (FURTADO et al., 2010).

Destaca-se como um processo de aproveitamento de resíduos lignocelulósicos derivados da biomassa urbana e agrícola e florestal, possibilitando seu aproveitamento como matéria prima na substituição da lenha por um produto equivalente portanto, apresenta um grande potencial que pode ser aproveitado na fabricação de briquetes. (SHUTZ et al., 2010),

Dias Jr., Andrade & Costa Jr. (2014) caracterizaram-se os briquetes produzidos com resíduos de carvão (moinha e finos de carvão vegetal) e resíduos de bambu, coletados em forno de alvenaria no Rio de Janeiro e em Pernambuco. O estudo experimental consistiu em na fabricação de briquetes de diferentes formulações e posterior caracterização através dos índices de densidade básica, umidade de equilíbrio, taxa de degradação térmica dos briquetes e testes de resistência à compressão e tamboramento. Poder calorífico superior e inferior foram avaliados por equações.

Freitas et al, (2016) utilizaram resíduos da indústria de madeira laminada, coletados na região de Dom Eliseu, PA. Os briquetes foram avaliados quanto ao efeito da pressão e do tempo de compactação. Foram testadas três pressões diferentes em três tempos distintos de compactação. Foram também avaliadas: umidade de equilíbrio higroscópico, taxa de retorno no comprimento, taxa de retorno no diâmetro, carga de ruptura, densidade aparente, densidade energética e poder calorífico útil.

No trabalho de Furtado et al., (2010) usou-se casca, cavaco e serragem de *Pinus sp.* e uma mistura de diferentes materiais lignocelulósicos para a fabricação de briquetes. A biomassa residual foi coletada em uma cogeneradora de energia em Lages, SC. Através das análises se buscou determinar as variáveis do processo de briquetagem (pressão e diferentes composições) na qualidade dos briquetes de biomassa florestal e comparar os materiais misturados com os materiais puros. Para isso, a biomassa foi processada em moinho martelo e colocada em câmara fria para redução da umidade da biomassa. Foram confeccionados seis briquetes em briquetadeira tipo pistão hidráulico. As características analisadas foram: poder calorífico superior (PCS), densidade aparente e resistência à compressão.

Nos estudos de Jacinto et al., (2016) a biomassa utilizada foi o pó de falhas de pinhão, que foram descartadas por agricultores extrativistas que também comercializam o pinhão no estado de SC. A pesquisa experimental consistiu em determinar a qualidade energética das falhas de pinhão *in natura* e dos briquetes produzidos com as falhas. Foram avaliadas as propriedades físicas, energéticas, químicas e a granulometria das falhas e, após a produção dos briquetes em briquetadeira piloto de laboratório, as propriedades físicas e energéticas.

É importante notar que Oliveira et al., (2017) estudaram o reaproveitamento de resíduos de *Pinus sp.* de diferentes granulometrias com relação a qualidade do briquete. A biomassa residual foi recolhida em serraria. A qualidade dos briquetes foi determinada pelas variáveis energéticas e físico-mecânicas: densidade aparente e densidade energética, durabilidade, resistência à tração por compressão diametral e expansão volumétrica. Dos resíduos madeireiros foram determinados: os teores de materiais voláteis, cinzas e carbono fixo, poder calorífico superior, densidade a granel e energética.

No trabalho de Pimenta et al., (2015) foram utilizados resíduos (casca) de coco carbonizados para a confecção de briquetes. Os resíduos foram originários de pequenos produtores de coco no RN. Após a secagem ao ar livre as cascas foram carbonizadas em forno de alvenaria e trituradas em moinho de martelo. O pó resultante foi peneirado. Como aglutinantes, foram empregados amido de milho e argila. Os briquetes foram produzidos em briquetadeira de laboratório. Foram avaliadas as seguintes propriedades dos briquetes: densidade aparente, poder calorífico, composição química imediata (umidade, teores de carbono fixo, matérias voláteis e cinzas) e resistência à compressão.

No experimento de Protásio et al., (2011) a biomassa usada foi proveniente de resíduos do processamento do café (casca), serragem de eucalipto e da colheita do milho (palha, sabugo, caule e folhas). Procurou-se avaliar os briquetes produzidos em diferentes formulações. Os resíduos de café e de milho foram moídos em moinho martelo e classificados quanto à granulometria. A serragem foi também classificada quanto à granulometria. A biomassa foi previamente seca em estufa e compactada em briquetadeira hidráulica. Após a compactação avaliou-se a influência do tempo sobre a umidade, a expansão volumétrica sobre densidade aparente e resistência a compressão diametral. Foram feitas análises dos índices: densidade a granel, poder calorífico superior (PCS) e densidade aparente.

Em a biomassa foi composta por resíduos de serragem de *Eucalyptus* sp, serragem de *Pinus* sp, bagaço de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) e palha de cana-de-açúcar. A serragem foi proveniente de uma serraria de pequeno porte no distrito de Itapetininga, SP. O bagaço de cana foi adquirido em Porto Feliz, SP. A palha de cana foi adquirida em fazenda na cidade de São Carlos, SP. Os resíduos foram tratados para que obtivessem 12% de umidade e uma granulometria inferior a 1,70 mm. Foram produzidos 15 briquetes para cada um dos quatro tratamentos. A pressão utilizada foi de 1250 kgf.cm<sup>-2</sup> durante 30 segundos. Foram calculados a densidades, o poder calorífico e o teor de cinzas (SILVA et al., 2015).

### **Processamento para a adsorção**

A adsorção é definida como um processo químico de adesão superficial de uma substância a uma matriz sólida (SILVA, VIDAL & QUEIROZ, 1999).



BONIOLO et al., (2010) preparam cascas de banana para remoção de íons urânio ( $UO_2^{2+}$ ), secas naturalmente ao sol para então ser triturada ao ponto de farinha e a concentração de íons de urânio foi analisada em espectrofotômetro. Já OLIVEIRA et al. (2012) utilizou a mesma biomassa citada para a adsorção de sulfato de cobre ( $CuSO_4$ ).

QUIRINO Jr. et al. (2017) avaliou-se o uso da biomassa de polpa de fibra de caroço de cajá como bioadsorvente. A biomassa foi proveniente de uma fábrica de polpas em Sousa, PB. Foi fabricado um filtro em tubo de PVC contendo materiais filtrantes em conjunto com a biomassa triturada e seca ao sol. Para a ativação foi utilizada solução de ácido clorídrico.

Alves (2016), em sua pesquisa, fez uso de precursores originados de resíduos de poda de arborização urbana para o tratamento de efluentes de refinaria de petróleo e concluiu que o processo de produção de carvão ativado a partir de resíduos vegetais urbanos propiciou a síntese de um carvão com elevada capacidade adsorvente, e satisfatórios valores de área a volume de microporos, evidenciando a eficiência da produção de carvões ativados utilizando-se esses resíduos verdes.

### **Adição em argamassa**

A adição em argamassa consiste na adição da biomassa nas massas cimentícias com o objetivo de melhorar as características do concreto.

Lima & Rossignolo (2009) utilizaram cinza de casca de castanha de caju, provinda de uma agroindústria em Fortaleza, CE, em adição mineral em matizes cimentícias. Realizou-se uma análise pozolânica pelo método de difratometria de raios x para avaliar a reatividade do hidróxido de cálcio pela cinza da biomassa em pastas e comparar com sílicas ativas.

No trabalho de Silva et al. (2015) caracterizou-se as cinzas de biomassa geradas em agroindústria de beneficiamento de cacau provindas da queima de casca de amêndoa de cacau e cavacos de eucalipto. A procedência não foi informada. A biomassa foi usada em adição mineral à argamassa e caracterizada quanto à composição química, morfologia, granulometria e mineralogia. As cinzas foram moídas e submetidas a queima controlada a 500, 700 e 900°C. Foram moldadas quatro argamassas com 5% de substituição de cimento por cinza in natura e moída. Sampaio, Souza & Gouveia (2014) analisou-se a

influência das cinzas do bagaço de cana-de-açúcar no comportamento mecânico de concretos, através de ensaios de consistência, índice de vazios, absorção, porosidade total e resistência à compressão.

### **Compostagem e vermicompostagem**

A compostagem consiste na decomposição aeróbica controlada e a estabilização da matéria orgânica, produzindo, biologicamente, energia em forma de calor e gerando um produto estável, sanitizado e rico em compostos húmicos com fins ao reaproveitamento na melhoria das propriedades químicas, físicas e biológicas do solo (VALENTE et al., 2009). A vermicompostagem pode ser utilizada de minhocas para potencializar a compostagem.

Antoniolli, Steffen & Steffen (2009) aproveitaram o esterco bovino como substrato para a avaliação da adição da biomassa (casca de arroz) em minhocultura em uma agroindústria no Rio Grande do Sul. O processo de reaproveitamento foi executado em duas etapas, a carbonização e moagem da biomassa e tratamento com álcalis.

Dutra, Menezes & Primo (2012) obtiveram a biomassa composta por podas de árvores trituradas para adicionar em compostos orgânicos produzidos com esterco bovino. Os compostos orgânicos foram testados em casa de vegetação utilizando-se o milho como planta indicadora.

Primo et al. (2010) a biomassa, composta por talos de fumo, foi reaproveitada em processo de compostagem em diversas combinações com rumem bovino, esterco bovino e Microsept-pó (coquetel de micro-organismos), em uma propriedade rural na Bahia. Foram avaliadas as concentrações médias de macro e micronutrientes aos 60 e 120 dias e quanto à presença de nicotina e de resíduos agrotóxicos.

### **Substrato fermentativo**

O substrato fermentativo é o meio em que um micro-organismo produtor se utiliza para se multiplicar e se alimentar. Nesses artigos as biomassas foram reutilizadas como substrato fermentativo para a produção de enzimas e de bioetanol.

A farinha de biomassa residual (bainha mediana) de agroindústria de palmito em conserva para produzir enzimas de valor comercial foi estudada por

Perito, Souza & Limas (2013). A biomassa foi utilizada como substrato fermentativo para o crescimento de fungos e produção de enzima celulase. Os fungos *Aspergillus terreus* foram cultivados em meio PDA para avaliar processos fermentativos se utilizando três composições diferentes, sendo uma delas a biomassa residual.

Penha et al., (2016) reaproveitaram a biomassa se compõe de resíduos da agroindústria do óleo de dendê para a produção de lipase, utilizando-se fungos *Aspergillus Níger*. A Os substratos fermentativos (meios de cultivo) foram formulados a partir da torta de dendê (palmiste) e da borra alcalina do refino do óleo de dendê (borra de dendê).

No trabalho de Bezerra et al., (2012) foi feita uma pesquisa experimental avaliando-se a produção de biotensoativo usando bactérias do gênero *Pseudomonas* cultivadas utilizando o resíduo agroindustrial manipueira como substrato. Analisou-se a influência da biomassa considerando os fatores temperatura, agitação, razão de aeração e concentração do meio de cultivo.

Já no trabalho de CRUZ et al., (2017) foi ponderado, através de pesquisa experimental, o reaproveitamento da biomassa para produção de bioetanol. A biomassa se compõe de resíduo de banana, maçã, tangerina, laranja e abacate proveniente de estabelecimento de processamento de frutas.

E, por fim, SOUZA et al., (2012) utilizaram a casca e polpa de banana, provindos de uma indústria da região de Joinville, para fermentação e extração de etanol para fins energéticos.

## **CONSIDERAÇÕES**

As tecnologias de conversão que utiliza biomassas de origem lignocelulósica são fundamentalmente importantes para o incremento na matriz energética renovável, e conseqüentemente nas indústrias e para abastecer um mercado que busca inovação, sustentabilidade, economia e melhor qualidade de vida.

As rotas tecnológicas térmicas são capazes de produzir frações sólidas, oleosas e gasosas para serem utilizadas como combustíveis renováveis para atender a demanda de energia e materiais de poder calorífico com potencial.

Além de serem utilizados como combustíveis a fração sólida representaram uma promissora alternativa para remoção de efluentes

domésticos como cloro e metais pesados industriais como pigmentos e corantes pois o carvão possui características adsorventes.

Pode-se ratificar os anseios da aplicabilidade da biomassa residual lignocelulósica pela sociedade e pela indústria, pois a sustentabilidade se faz necessária em face da redução de custos, economia de recursos naturais e a garantia de acesso ao meio ambiente equilibrado e sadio.

## REFERÊNCIAS

- ALVES, Ricardo Francisco; José Luiz Francisco Alves; Jean Constantino Gomes da Silva; Kaline do Nascimento Ferreira; Rênnio Felix de Sena et Al.: **Síntese de carvão ativado visando tratamento de efluente oriundo de refinaria pelo processo de adsorção**. [s. l.], n. May 2015, 2016.
- ANTONIOLLI, Z. I.; STEFFEN, G. P. K.; STEFFEN, R. B. Utilização de casca de arroz e esterco bovino como substrato para a multiplicação de *Eisenia fétida* Savigny (1826). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 3, p. 824-830, 2009.
- ANP. Agência Nacional do Petróleo. **Portaria ANP nº 240 de 25/08/2003**. Dispõe sobre a autorização prévia da Agência Nacional do Petróleo para a utilização de combustíveis não especificados no País.
- ARAÚJO, I. I.; et al. Aproveitamento do resíduo do processamento do café na composição de painéis MDP. Proceedings of the III Workshop do PGR em Gestão de Resíduos da Unesp: **Annual Meeting**, 2014.
- BARBIRATO, G.; et al. Paineis aglomerados híbridos de casca de amendoim reforçados com partículas de madeira itaúba. **Ciência Florestal**, v. 24, n. 3, 2014.
- BEN. BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL. Brasília: MME, 1982.
- BEZERRA, M.S.; HOLANDA, V.C.D.; AMORIM, J.A.; MACEDO, G.R.; SANTOS, E.S. Produção de biotenssoativo utilizando *Pseudomonas aeruginosa* (P.A.) e resíduo agroindustrial (manipueira) como substrato. **Holos**, v.1, p.14-27, 2012.
- BONIOLO, M. R.; YAMAURA, M.; MONTEIRO, R. A. Biomassa residual para remoção de íons urânio. **Quim. Nova**, vol. 33, no. 3, 547-551, 2010. Disponível em: <[http://quimicanova.sbq.org.br/imagebank/pdf/Vol33No3\\_547\\_09-AR09129.pdf](http://quimicanova.sbq.org.br/imagebank/pdf/Vol33No3_547_09-AR09129.pdf)>. Acesso em 12 de abr. de 2018.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Serviço florestal brasileiro**. Brasília: MMA, [s.d.]c. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/index.php?ido=conteudo.monta&idEstrutura=95>>. Acesso em: 6 maio 2016.
- BRASIL. **Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Brasília, 2 ago. 2010.
- BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução Conama nº 316, de 29 de outubro de 2002**. Dispõe sobre procedimentos e critérios para o funcionamento de sistemas de tratamento térmico de resíduos. Brasília, 29 de out. 2002.
- BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução nº 357, de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento. Disponível: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: 15 dez. 2018.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011**. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. Publicação DOU nº 92, de 16/05/2011, pág. 89. Disponível: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>>. Acesso em: 19 nov. 2018.

BREULMANN, M. et al., Hydrochars derived from sewage sludge: effects of pre-treatment with water on char properties, phytotoxicity and chemical structure. **Journal Archives of Agronomy and Soil Science**. p. 1-13, 2017.

BROWN, R. C. Introduction to Thermochemical Processing of Biomass into Fuels, Chemicals, and Power. In: **Thermochemical Processing of Biomass**. John Wiley & Sons, Ltd, 2011.

CASTRO, A. M. de; PEREIRA JÚNIOR, N. Produção, propriedades e aplicação de celulases na hidrólise de resíduos agroindustriais. **Química Nova**, v. 33, p. 181-188, 2010.

CATAPRETA, C. A. A.; SIMÕES, G. F. IBEAS – Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais. In: **VII Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental**. Monitoramento Ambiental E Geotécnico De Aterros Sanitários, Campina Grande, v. 1, p. 8, nov 2016. Disponível em: <<http://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2016/III-081.pdf>>. Acesso em: 12 fev 2018.

CHRISTENSEN, T.H. AND KJELDTSEN, P., Basic biochemical processes in landfills. Chapter 2.1 in Sanitary Landfilling: Process, Technology and Environmental Impact, Christensen, T.H., Cossu, R., and Stegmann, R., Eds., **Academic Press**, London, UK, 1989, 29

CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira**. v. 4, p. 158, 2017.

CRAVO, J. C. M.; et al. Painel aglomerado de resíduos agroindustriais. **Ciência Florestal**, v. 25, n. 3, 2015.

CRUZ, D. B.; TRANCOSO, H.; ANTUNES, J. G.; RIBEIRO, L. O.; MENDES, M. F.; PEREIRA, C. S. S. Avaliação preliminar do reaproveitamento da biomassa de fruta para produção de bioetanol. **Revista Teccen**, v. 10, n. 1, p. 35-38, 2017.

CZAJCZYŃSKA, D. et al.: Potentials of pyrolysis processes in the waste management sector. **Energy Procedia**, [s. l.], v. 123, p. 387–394, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.tsep.2017.06.003>>

DIAS JR, A. F.; ANDRADE, A. M. de; COSTA JR, S. S. Caracterização de briquetes produzidos com resíduos agroflorestais. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 34, n. 79, p. 225-234, 2014. Disponível em: <<https://pfb.cnpf.embrapa.br/pfb/index.php/pfb/article/view/613>>. Acesso em: 21 de dezembro de 2017.

DUTRA, E D.; MENEZES, R. S. C.; PRIMO, D. C. Aproveitamento de biomassa residual agrícola para produção de compostos orgânicos. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias [ONLINE]**. Recife, v.7, n.3, p.465-472, 2012. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=119024529015>>. Acesso em: 16 de mai. de 2018.

FIGUEROA, J. E. J. **Processos termoquímicos para processamento de bagaço de cana-de-açúcar: pirólise em leito fixo e gaseificação em leito fluidizado** – Tese (doutorado) 199p – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Química. Campinas, SP: [s.n.], 2015.

FREITAS, A. J.; COSTA, A. C. S.; OLIVEIRA, A. C.; PEREIRA, B. L. C.; ROCHA, M. F. V.; CARNEIRO, A. de C. O. Efeito da pressão e do tempo de compactação nas propriedades de briquetes de resíduos madeireiros de paricá. **Nativa**, Sinop, MT, v.4, n.6, p.380-385, nov./dez. 2016.

FURTADO, T. S.; VALIN, M.; BRAND, M. A.; BELLOTE, A. F. J. Variáveis do processo de briquetagem e qualidade de briquetes de biomassa florestal. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 30, n. 62, p. 101-106, 2010. Disponível em: <<https://pfb.cnpf.embrapa.br/pfb/index.php/pfb/article/view/101>>. Acesso em: 21 de dezembro de 2018.

GERMÁN F. G. et.al.,. Soybean hulls, an alternative source of bioactive compounds: Combining pyrolysis with bioguided fractionation. **Industrial Crops & Products**, 2017.

GUIMARÃES, I. L. **Aproveitamento de Resíduo de Soja para Produção de Painéis MDP (Medium Density Particleboard)**, 2017. Universidade federal de Goiás Regional Jataí. Programa de Pós-Graduação em Agronomia.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA A E ESTATÍSTICA. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2010**. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv45351.pdf> > Acessado em: 19 jun. 2019.

IBGE, Coordenação de Geografia. **A Geografia da cana-de-açúcar**. Rio de Janeiro: IBGE, 2017. 172p: Dinâmica territorial da produção agropecuária. ISBN 978-85-240-4443-4.

IPEA. INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Diagnóstico dos Resíduos Orgânicos do Setor Agrossilvopastoril e Agroindústrias Associadas**. Relatório de Pesquisa, 2012. Disponível em: <[http://ipea.gov.br/portal/index.php?option=com\\_content&id=18253](http://ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&id=18253) > Acessado em: 12 jun. 2019.

JACINTO, R. C.; BRAND, M. A.; RIOS, P. D.; CUNHA, A. B. da; ALLEGRETTI, G. Análise da qualidade energética da falha de pinhão para a produção de briquetes. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 44, n. 112, p. 821-829, dez/2016. Disponível em: <[dx.doi.org/10.18671/scifor.v44n112.04](https://doi.org/10.18671/scifor.v44n112.04)>. Acesso em: 26 de junho de 2018.

LIMA, S.A. e ROSSIGNOLO, J.A. Análise da pozolanicidade da cinza da casca da castanha do caju pelo método de difratometria de raios X. **Matéria** (Rio J.) [online]. 2009, vol.14, n.1, pp.680-688. ISSN 1517-7076.

OLIVEIRA, D. et al. Characterization and Use of Swine Deep Bedding Ashes in Cementitious Composites. **Engenharia Agrícola**, v. 32, n. 5, p. 810-821, 2012.

OLIVEIRA, L. H.; BARBOSA, P. V. G; LIMA, P. A. F.; YAMAJI, F. M.; SETTE JR, C. R. Aproveitamento de resíduos madeiros de Pinus sp. com diferentes granulométricas para a produção de briquetes. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 40, n. 3, p. 683-691, 2017.

PARADELA, F. M. R.. **Estudo da pirólise de misturas de resíduos de plásticos, pneus e biomassa**. 2012. 322f. Tese (Doutorado em Engenharia Química e Bioquímica) Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa, Lisboa.

PEDROZA, M. M. **Bio-óleo e Biogás da degradação termoquímica de lodo de esgoto doméstico em cilindro rotativo**. Tese de Doutorado, Universidade do Rio Grande do Norte, 210 p, 2010.

PENHA, E. das M.; VIANA, L. de A. N.; GOTTSCHALK, L. M. F.; TERZI, S. da C.; SOUZA, E. F. de; FREITAS, S. C. de; SANTOS, J. de O.; SALUM, T. F. C. Aproveitamento de resíduos da agroindústria do óleo de dendê para a produção de lipase por *Aspergillus Níger*. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v.46, n.4, abr, 2016. Disponível em <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-84782016000400755&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782016000400755&lng=pt&nrm=iso)>. Acessos em 30 mai. 2018.

PEREIRA, A.I.C. **Co-digestão anaeróbia de resíduos verdes e lamas de ETAR para produção de biogás**. 2013. P.98. Dissertação (Mestrado em Energia e Bioenergia) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa. Lisboa, Portugal. 2013.

PERITO, G. M.; SOUZA, R. B.; LIMAS, A. de. O. Produção de enzimas de valor comercial a partir de biomassa lignolítica residual de palmito real. **Cadernos Acadêmicos**, v. 4, n. 2, p. 229-232, 2013.

PIMENTA, A.S. et al. Utilização de resíduos de coco (Cocos nucifera) carbonizado para a produção de briquetes. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 25, n.1, p.137-144, jan/mar. 2015.

PRIMO, Dário C. et al. Avaliação da qualidade nutricional de composto orgânico produzido com resíduos de fumo. *Rev. bras. eng. agríc. ambient.* [online]. 2010, vol.14, n.7, pp.742-746. ISSN 1807-1929.

PROTÁSIO, T.P.; TRUGILHO, P.F.; NEVES, T.A.; VIEIRA, C.M.M. Análise de correlação canônica entre características da madeira e do carvão vegetal de Eucalyptus. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, SP, v.40, n.95, p.317-326, 2012.

QUIRINO JR, J. E.; SILVA, D. P. da; GOMES, M. A.; ROCHA, C. O. da; GADELHA, A. J. F. Avaliação do uso dos resíduos da produção de polpa de cajá como bissorventes para adequação da qualidade de águas de abastecimento. In: **Workshop Internacional sobre água no Semiárido Brasileiro**, 3, v. 1, 2017. **Anais eletrônicos...** Realize Eventos Científicos & Editora, Campina Grande, PB.

RAQUEL, P. et al.,. Análise do potencial de reutilização dos resíduos provenientes de poda, município de Palmas, Tocantins. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**. ISSN 2179-6858 SECTION : Articles TOPIC : Saneamento e Tratamento de Resíduos. [s. l.], p. 269–284, 2015.

ROSSI, W. **A sustentabilidade da agricultura brasileira**, 2011. Disponível em: <[http://www.brasilagro.com.br/index.php?noticias/visualizar\\_impressao/14/34714](http://www.brasilagro.com.br/index.php?noticias/visualizar_impressao/14/34714)> Acessado em 31 jan.2018.

SAMPAIO, Z. L. M.; SOUZA, P. A. B. F.; GOUVEIA, B. G. Análise da influência das cinzas do bagaço de cana-de-açúcar no comportamento mecânico de concretos. **Rev. IBRACON Estrut. Mater.** São Paulo, v. 7, n. 4, Aug. 2014.

SANTOS, L.; SANTOS, D.; PEREIRA, D. Agroindustriais Production Waste From. [s. l.], p. 311–319, 2016. SCATOLINO, M. V.; et al. Use of maize cob for production of particleboard. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 37, n. 4, 2013.

SCHUTZ, F.C. A.; ANAMI, M.H.; TRAVESSEINI, R. Desenvolvimento e ensaio de briquetes fabricados a partir de resíduos lignocelulósicos da agroindústria. **Inovação e Tecnologia**, v. 1 n.1, p, 1-8, 2010.

SILVA, R. B.; FONTES, C. M. A.; LIMA, P. R. L.; GOMES, O. da F. M.; LIMA, L. G. L. M.; MOURA, R. C. de A.; TOLEDO FILHO, R. D. Cinzas de biomassa geradas na agroindústria do cacau: caracterização e uso em substituição ao cimento. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 15, n. 4, p. 321-334, out./dez. 2015.

SILVA, B. C. P.; VIDAL, D. M.; QUEIROZ, P. I. B. Efeito da sorção no transporte de contaminantes orgânicos em solos argilosos. In: **Congresso Brasileiro de Geotecnia**, 4, 1999. p. 307-314.

SOUZA, O.; SCHULZ, M. A.; FISCHER, G. A. A.; WAGNER, T. M.; SELLIN, N. Energia alternativa de biomassa: bioetanol a partir da casca e da polpa de banana. **Rev. Bras. Engenharia Agrícola Ambiental**, v.16, n.8, 2012, Campina Grande, PB.

USDA. United States Department os Agriculture. **Foreing Agriculture Service**, 2017. Disponível em <http://usdabrazil.org.br/pt-br/dados-e-analises/>. Acessado em: 04 set. 2017.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos - Princípios do tratamento biológico de águas residuárias.** v. 1. 3ª ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. DESA. UFMG, 452 p. 2005.

Recebido em 14 de setembro de 2019.  
Aceito em 24 de setembro de 2019.