



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS
FACULDADE DE QUÍMICA
BACHARELADO EM QUÍMICA INDUSTRIAL

PATRICK LUIZ DE ALMEIDA VIEIRA

CARACTERIZAÇÃO DE RESÍDUOS DA AGROINDÚSTRIA AMAZÔNICA:
Astrocaryum murumuru e Oenocarpus bataua

BELÉM – PA

2020

PATRICK LUIZ DE ALMEIDA VIEIRA

CARACTERIZAÇÃO DE RESÍDUOS DA AGROINDÚSTRIA AMAZÔNICA:
Astrocaryum murumuru e Oenocarpus bataua

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado para obtenção do grau de Bacharel em Química Industrial, Faculdade de Química, Instituto de Ciências Exatas e Naturais, Universidade Federal do Pará.

Orientadora: Prof^a. Dra. Nádia Cristina Fernandes Corrêa

BELÉM – PA

2020

PATRICK LUIZ DE ALMEIDA VIEIRA

CARACTERIZAÇÃO DE RESÍDUOS DA AGROINDÚSTRIA AMAZÔNICA:
Astrocaryum murumuru e Oenocarpus bataua

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado para obtenção do grau de Bacharel em Química Industrial, Faculdade de Química, Instituto de Ciências Exatas e Naturais, Universidade Federal do Pará.

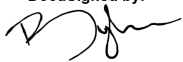
Orientadora: Prof^ª. Dra. Nádia Cristina Fernandes Corrêa

Data da Aprovação: ___/___/___

Banca Examinadora:

Prof^ª. Dra. Nádia Cristina Fernandes Corrêa


(Orientadora – FEA/ITEC/UFPA)

DocuSigned by:

7C2F761DFEE94B6...

30/09/2021

Msc. Eng. Ricardo Briglia Ramos


(Coorientador – PPGEQ/ITEC/UFPA)

DocuSigned by:

99AACB6F052D440...

07/10/2021

Prof. Dr. Heronides Adonias Dantas Filho

(Examinador Interno – FAQ/ICEN/UFPA)

DocuSigned by:

B06E3D1D5E85424...

04/10/2021

Eng. Rômulo Almeida Costa

(Examinador Externo - Tropzon)

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela vida, por proporcionar saúde e coragem para buscar meus objetivos e assim, alcançar mais uma etapa da minha vida profissional.

À Universidade Federal do Pará (UFPA), Faculdade de Química (FAQ) e Faculdade de Engenharia de Alimentos (FEA), pela possibilidade de realização deste trabalho.

À minha orientadora Prof. Dra. Nádia Cristina Fernandes Corrêa, pela orientação, paciência, por todos os ensinamentos, pela compreensão e auxílio durante esse período.

De igual modo, gostaria de agradecer ao meu coorientador Msc. Eng. Ricardo Briglia Ramos, pela competência e ajuda imprescindível no decorrer desta caminhada. Por todo auxílio nas análises, orientações técnicas e conselhos para a vida.

Aos meus colegas do Laboratório de Operações de Separação (LAOS), Tomaz Freitas, Brenda Honorato, Rômulo Almeida e Rafaella Colaço, pelo companheirismo durante a jornada no LAOS.

Ao querido secretário da Faculdade de Química, Argemiro, pela competência, comprometimento e paciência para resolver nossos problemas na faculdade.

Aos meus amigos de faculdade Eric Almeida, Evérton Farias, Yago Diniz, Matheus Sarraf, Rafael Gondim e toda a turma do Boleiros Cachaceiros, que tornaram essa jornada inesquecível.

De igual modo, gostaria de agradecer aos irmãos que fiz na UFPA, Pedro Américo e Robson Quaresma. Obrigado pelo companheirismo e pelas madrugadas VIP's que antecederiam nossas provas. Vocês são os melhores e mais traíras também.

E, por fim, quero agradecer à minha família, amigos e a todos que colaboraram com meu trabalho de forma direta ou indireta, pelo apoio incondicional.

“Pensar pequeno e pensar grande dá o mesmo trabalho. Mas pensar grande te liberta dos detalhes insignificantes.”

(Jorge Paulo Lemann)

“A vitória está reservada para aqueles que estão dispostos a pagar o preço.”

(Sun Tzu)

RESUMO

VIEIRA, P. L. A. Caracterização de Resíduos da Agroindústria Amazônica: *Astrocaryum murumuru* e *Oenocarpus bataua*. Belém, Universidade Federal do Pará, dezembro. 2020.

O aumento das atividades agroindustriais na Amazônia, em decorrência de estratégias de desenvolvimento da região, tem agregado valor às matérias-primas regionais, mas também, gerados resíduos como: cascas, bagaços de frutas, tortas entre outras, que são denominados biomassa residual e são uma importante fonte de matéria-orgânica renovável com potencialidade de aproveitamento. O aproveitamento integral e racional das matérias-primas lignocelulósicas poderá revolucionar uma série de segmentos industriais, tais como os de combustíveis líquidos, de alimentos/rações e de insumos químicos, trazendo benefícios imensuráveis para o meio ambiente, bem como para países de grandes extensões territoriais e de elevada geração de biomassa como o Brasil. Dentro desse contexto, objetivou-se com este trabalho, analisar diferentes resíduos de biomassa vegetal, caracterizando-os como potenciais para aplicações industriais. Para isto, foram utilizados os seguintes resíduos da agroindústria: caroço e torta de patauá (*Oenocarpus bataua*) e torta de murumuru (*Astrocaryum murumuru*). Foram realizadas análises imediatas dos resíduos – teor de água, extrato etéreo, cinzas, proteína macro, voláteis, carboidratos, fibra bruta e suas frações (celulose, hemicelulose e lignina). Devido ao enorme desenvolvimento de alternativa para reaproveitamento de rejeitos industriais disponíveis como passivo ambiental, pode-se verificar após análise dos resultados, que tais resíduos desmonstraram um significativo potencial para reutilização para verticalização de produtos derivados dos mesmos, podendo ser aplicados para ração animal ou piscicultura devido apresentarem valores de fibras em torno de 65,57% para a torta de patauá. Sendo também interessante ressaltar como fonte de carboidratos contidos em 38,97% na torta de patauá, o que indica ser uma nova matriz, substituta da cana-de-açúcar, para extração de açúcares. Com relação as proteínas macro obtidas, as quantidades encontradas tem uma escala de possível aplicação coparticipativa em composição centesimal de compostos nutricêuticos para suplementação alimentar ou ração animal. A lignina disponível nas três amostras apresentou um valor atrativo para um possível estudo termocatalítico, onde o caroço do murumuru com 15,16% e a torta do patauá com 17,94% pode tornar possível a exploração científica em torno do tema para alternativa energética de combustíveis de segunda geração. O potencial energético, através dos resultados do poder calorífico superior abre a possibilidade de aplicação de briquetes em caldeira de força com a finalidade de geração de vapor. Dessa forma, esse estudo visa contribuir para a minimização do passivo ambiental, tornando os resíduos, produtos nobres para utilização no mercado de forma competitiva, consolidando a economia verde no Brasil.

Palavras-chave: resíduos, patauá, murumuru, oleaginosas, Amazônia, agroindústria.

ABSTRACT

The increase in agro-industrial activities in the Amazon, as a result of the region's development, has added value to regional raw materials, but also generated waste such as: peels, fruit cakes, pies, among others, which are called residual biomass and are an important source of renewable organic matter with potential for use. The full and rational use of lignocellulosic raw materials could revolutionize a number of industrial segments, such as liquid fuels, food/feed and chemical inputs, bringing immeasurable benefits for the environment, as well as countries with large territorial extensions and of high biomass generation like Brazil. Within this context, the objective of this work was to analyze different residues of plant biomass, characterizing them as potential for industrial applications. For this, the following residues from the agroindustry were used: seed and pie of patauá (*Oenocarpus bataua*) and pie of murumuru (*Astrocaryum murumuru*). Immediate analyzes of residues were carried out - water content, ether extract, ash, macro proteins, volatiles, carbohydrates, crude fiber and its fractions (cellulose, hemicellulose and lignin). Due to the huge development of alternatives for the reuse of industrial waste available as an environmental liability, it can be verified after analyzing the results, that such wastes demonstrated a significant potential for the reuse of products derived from them, and can be applied to animal feed or fish farming because they present fiber values around 65.57% for the patauá pie. It is also interesting to point out as a source of carbohydrates contained in 38.97% in the patauá pie, which indicates that it is a new matrix, a substitute for sugar cane, for the extraction of sugars. Regarding the macro proteins obtained, the amounts found have a scale of possible co-participation application in centesimal nutrient composition for food supplementation or animal feed. The lignin available in the three samples presented an attractive value for a possible thermocatalytic study, where the murumuru stone with 15.16% and the patauá pie with 17.94% can make possible the scientific exploration around the theme for an alternative energy of second generation fuels. The energy potential, through the results of the superior calorific value, opens the possibility of applying briquettes in a power boiler with the purpose of generating steam. Thus, this study aims to contribute to the minimization of environmental liabilities, turning waste into noble products for use in the market in a competitive way, consolidating the green economy in Brazil.

Keywords: agribusiness, residue, cellulose, amazônia, Patauá, Murumuru.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Constituição do fruto do murumuru.....	18
Figura 2 - Palmeira de patauá.....	20
Figura 3 - Resíduos: A) Torta de Patauá; B) Caroco de Patauá e C) Torta de Murumuru	22
Figura 4 - Composição de proteínas brutas das biomassas estudada e do TMD citado por SANTOS (2019)	28
Figura 5 - Teor de lipídeos para as biomassas estudadas e CSF, RAMOS (2020) e TMD, (SANTOS, 2019)	28
Figura 6 – Composição centesimal da amostra TPF	29
Figura 7 - Composição centesimal da amostra CPF.....	30
Figura 8 - Composição centesimal da amostra TMF.....	30
Figura 9 - Concentrações de Fibra Bruta, Celulose, Hemicelulose e Lignina das biomassas estudadas e valores de literatura para CSF e TMD citados por RAMOS (2020) e SANTOS (2019) a nível de comparação.	32
Figura 10 - Produtos da Celulose	33
Figura 11 – Produtos da hemicelulose	34
Figura 12 – Produtos da lignina.	35

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Características físico-químicas das amostras TPF, CPF e TMF. Além de, dados literários para o cacho sem fruto do dendê (CSF) e torta do mesocarpo do dendê (TMD)	27
Tabela 2 - Média e desvio padrão dos resultados obtidos de FB e suas frações com relação as amostras TPF, CPF, TMF, TPG, CPG e TMG.....	31
Tabela 3 – Poder calorífico das biomassas estudadas no presente trabalho e demais encontrados na literatura.	36

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 OBJETIVO GERAL	12
2.1 Objetivos Específicos	12
3 REVISÃO DE LITERATURA	12
3.1 Resíduo Agroindustrial.....	12
3.2 O Murumuru (<i>Astrocaryum murumuru</i> MART.)	18
3.3 O Patauí (<i>Oenocarpus bataua</i> Mart.)	20
4 MATERIAS E MÉTODOS	21
4.1 Matéria-prima	21
4.2 Equipamentos	21
4.3 Padronização da amostra	21
4.3 Poder Calorífico	22
4.4 Composição Centesimal	22
4.4.1 Umidade	22
4.4.2 Cinzas	22
4.4.3 Extrato Etéreo.....	23
4.4.4 Carboidratos	23
4.4.5 Proteína Bruta.....	23
4.4.6 Determinação do Perfil de Fibra	23
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
5.1 Composição Centesimal.....	27
5.3 Poder Calorífico Superior.....	36
6 CONCLUSÃO	38
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	39

1 INTRODUÇÃO

O aumento da conscientização ecológica, iniciado no final do Século XX, deixou claro que o grande desafio da humanidade para as próximas décadas é equilibrar a produção de bens e serviços, crescimento econômico, igualdade social e sustentabilidade ambiental (COSTA, et al., 2017). Assim, questões ambientais têm alavancado o interesse por fontes renováveis e os resíduos agroindustriais tornaram-se uma fonte importante para a produção de novos materiais, de produtos químicos e de energia. O desenvolvimento e implementação de processos sustentáveis capazes de converter biomassa em vários produtos com valor agregado é uma necessidade absoluta para aproveitar resíduos agroindustriais e gerar menor impacto ambiental (ROSA et. al., 2011).

Nesse sentido, o conceito de bioeconomia vem sendo cada vez mais utilizado em todo o mundo. O Bioeconomy Council define o termo como sendo a produção baseada no conhecimento e uso de recursos naturais para fornecer produtos, processos e serviços dentro de um sistema de produção sustentável. Esse conceito envolve o manejo das florestas nativas, composto pela extração florestal madeireira e não madeireira, com o objetivo de gerar produtos de maneira sustentável (MAPA, 2019).

No Brasil, país que apresenta a maior biodiversidade do mundo, o conceito de bioeconomia encaixa-se perfeitamente no desenvolvimento da economia da floresta amazônica, aonde a maioria das populações tradicionais dependem da biodiversidade para sustento de suas famílias, sendo o extrativismo, uma das melhores alternativas para essas populações praticarem o desenvolvimento sustentável da região (MIRANDA, 2016). Dentre os produtos de importância extrativista na região amazônica destaca-se a exploração de óleos e resinas vegetais obtidos através de processos variados (MARTINS, 2017).

Os óleos e resinas amazônicos têm origem exclusivamente de sistemas extrativistas, e apresentam uma ampla aplicação no setor industrial, nas indústrias alimentícias, farmacêuticas, cosméticos, oleoquímicas e combustíveis, tendo em vista que muitos componentes presentes neles, em particular, vitamina E, carotenóides e ácidos graxos, conferem propriedades físicas e químicas importantes, tais como, ação antioxidante, emulsificante, emoliente, textura, entre outros, que aumentam o interesse comercial desses produtos (SERRA, 2011).

A produção brasileira florestal não madeireira representa cerca de 35% do montante do extrativismo florestal. Nos últimos 10 anos, a produção florestal não madeireira vem

aumentando a cada ano e os ingressos totalizam mais de 10 bilhões de reais, distribuídos em diversas regiões brasileiras (MAPA, 2019).

Esse aumento no valor de produção de extração vegetal, principalmente na Amazônia, deve-se as estratégias de desenvolvimento para a integração econômica da região às economias nacional e internacional a partir da transformação de suas riquezas naturais em produtos de maior valor, com o objetivo de contribuir com o processo de desenvolvimento, melhora de vida do produtor rural, bem como, agregar valor à preservação da floresta (PORTAL DO AGRONEGÓCIO, 2019).

Neste sentido, espécies como açaí, andiroba, copaíba, castanha-do-pará, murumuru e patauí destacam-se nesse cenário, promovendo o desenvolvimento de novos bioprodutos, especialmente nos setores de cosméticos. As plantas originárias da biodiversidade amazônica são utilizadas nos grandes mercados de cosméticos mundiais devido ao apelo de suas propriedades. Porém, essas matérias-primas trazem em si a cultura de um povo, o apelo irresistível do exótico, conceitos tão importantes quanto à eficácia dos produtos (FRANQUILINO, 2006).

O avanço no aproveitamento dos produtos da floresta agregam valor, mas também, geram resíduos provenientes do beneficiamento dessas matérias-primas (REMADE, 2009). Logo, a crescente preocupação com meio ambiente abrange todos os segmentos industriais na busca de alternativas para o correto aproveitamento dos resíduos (HU; CHEN; YUAN, 2010). Entretanto, para que os resíduos sejam aproveitados e apresentem maior valor agregado é necessário o conhecimento da composição química a partir de investigações científicas e tecnológicas (HOFFMANN et al., 2009). Por isso, diante da escassez de dados literários a respeito dos resíduos da agroindústria de oleaginosas da Amazônia, bem como, suas possíveis aplicações. Este trabalho visa caracterizar os resíduos do processo de extração de óleos e gorduras das espécies *Astrocaryum murumuru* MART. (Murumuru) e *Oenocarpus bataua* Mart. (Patauí), com o intuito de agregar valor para esse material que hoje em sua maioria é descartado nas agroindústrias da região amazônica.

2 OBJETIVO GERAL

Caracterização de resíduos da agroindústria de oleaginosas da Amazônia - torta do mesocarpo e caroço do patauí e da torta do endosperma do murumuru.

2.1 Objetivos Específicos

- Determinar a composição centesimal dos resíduos;
- Determinar as frações de celulose, hemicelulose e lignina;
- Avaliar o potencial energético;

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Resíduo Agroindustrial

A agroindústria pode ser conceituada como o conjunto de atividades relacionadas à transformação de matérias-primas provenientes da agricultura, pecuária, aquicultura ou silvicultura em produtos. A agroindústria, ainda pode ser entendida como todo segmento industrial de produtos alimentícios, e as indústrias que transformam matéria-prima agropecuária em produtos intermediários para fins alimentares e não alimentares como as indústrias de óleos vegetais não comestíveis (ARAÚJO, 2005).

A geração de resíduos e subprodutos é inerente a qualquer setor produtivo. O aumento da conscientização ecológica, iniciando no final do Século XX, deixou claro que o grande desafio da humanidade para as próximas décadas é equilibrar a produção de bens e serviços, crescimento econômico, igualdade social e sustentabilidade ambiental (COSTA, et al., 2017).

Os resíduos resultantes das atividades agroindustriais são gerados no processamento de couro, fibras, alimentos, madeira, produção de açúcar, álcool etc. Sua produção é geralmente, sazonal, condicionada pela maturidade da cultura ou oferta da matéria-prima (MATOS, 2005). O tipo e quantidade de resíduos agroindustriais produzidos são variáveis com o tempo (MATOS, 2014).

Dos diversos tipos existentes de resíduos agroindustriais/agrícola passíveis para a obtenção de produtos com maior valor agregado, um dos grandes focos está nos resíduos lignocelulósicos, formados basicamente por celulose, lignina e hemicelulose, por serem estruturas rígidas e resistentes, apresentam promissoras aplicações como produção de polpa alternativa da produção de papel, suporte como material adsorvente de metais pesados ou outros contaminantes no tratamento de água residual, base ligantes em segmentos da indústria de cimento, tijolo e agregados, produção de biogás e bioenergia dada sua capacidade calorífica e decomposição eficiente, além de serem materiais ricos em unidades de carbono, nitrogênio, cálcio, necessários na utilização destes como substratos na produção de microrganismos ou enzimas (GOUVEIA, et al. 2015).

Em termos de valorização econômica, a química fina desenvolvida a partir da biomassa tem um potencial significativo devido à sua participação estratégica em setores diversos como o farmacêutico, automotivo, construção, agronegócio e cosméticos, entre outros. Biocombustíveis e biomateriais vêm em um segundo patamar de valorização seguidos por energia e insumos como biofertilizantes. Contudo, o uso da biomassa residual agroindustrial – ex.: bagaço da cana-de-açúcar – é fundamental para permitir que os bioprodutos, como os biocombustíveis, alcancem ganhos sociais, econômicos e ambientais (JÚNIOR, 2016).

3.2. Biomassa Residual Agroindustrial Brasileira

A quantidade de biomassa produzida no Brasil é expressiva, podendo alcançar 1 Gt em 2030. Entretanto, os resíduos de biomassa gerados nas atividades agroindustriais ainda são subutilizados, comumente deixados para decomposição natural, sem aproveitamento e gerando passivos ambientais importantes (MORAES, et al., 2017).

Atualmente no Brasil, a maior parte da biomassa gerada é encaminhada as termoelétricas para queima e obtenção de energia, energia térmica convertida em elétrica para uso na própria indústria ou abastecimento da rede elétrica das cidades (CONAB, 2011). Tal carga orgânica, visando à produção de bens com maior valor agregado, com menor impacto ambiental, funciona como embasamento para a modernização e rotas alternativas aos processos existentes, como a produção de biogás, cultivo de cogumelo e fungos, produção de polpa, entre outros.

As biomassas no Brasil são as principais fontes de energia renovável, correspondendo a aproximadamente 24% da oferta interna de energia do país (MORAES, et al., 2017). Entretanto, os resíduos de biomassa gerados nas atividades agrícolas ainda são subutilizados,

comumente deixados para a decomposição natural, sem aproveitamento da energia neles contida e gerando passivos ambientais significativos (QUIRINO, 2003).

No Brasil, os principais resíduos agroindustriais que se mostram apropriados para pronto aproveitamento são aqueles gerados no setor sucroalcooleiro, como resultado do processamento da cana-de-açúcar para a produção de açúcar e etanol; e nas indústrias que utilizam madeiras como matérias-primas (MORAES, et al., 2017).

3.2.1 Bagaço da cana-de-açúcar

O bagaço de cana é o resíduo sólido remanescente da trituração da cana-de-açúcar para obter o seu sumo. A produção de açúcar e etanol no Brasil gera enormes quantidades de bagaço. Durante a safra de 2010/2011, mais de 625 milhões de toneladas de cana-de-açúcar foram esmagados, que gerou cerca de 208 milhões de toneladas de bagaço de cana (CONAB, 2011).

Esse resíduo, proveniente da produção do açúcar, possui diversas aplicações como: forragem, na utilização de ração animal, especialmente para ruminantes, e na cogeração de energia elétrica (COSTA; BOCCHI, 2012).

A principal utilização do bagaço é como insumo para atender à demanda energética (vapor e eletricidade) nas usinas produtoras de açúcar e álcool que utiliza cerca de 90% do bagaço disponível para esse fim. Mas recentemente, também tem sido observado a utilização do bagaço de cana como matéria-prima na produção de etanol de segunda geração, entretanto as dificuldades desse processo ainda limitam a utilização do bagaço para este fim (MORAES, et al., 2017). Esta matéria é foco de estudos, para produção de etanol, por possuir uma quantidade considerável de celulose e outros componentes de interesse para a indústria de biorrefinaria (NUNES, et al., 2013).

3.2.2 Palha de cana-de-açúcar

Segundo Santos F. et al. (2012), para cada tonelada de cana-de-açúcar processada, são gerados cerca de 140 kg de palha e 140 kg de bagaço em base seca.

Para Olivares et al. (2008), o tecido vegetal da palha de cana apresenta os mesmos componentes químicos que o bagaço ou a madeira, ou seja, a palha da cana-de-açúcar, sendo toda a parte aérea da planta, menos os colmos industrializáveis, é constituída basicamente de celulose, hemicelulose e lignina, entretanto, as propriedades físico-mecânicas, geométricas, térmicas e energéticas são diferentes.

Em termos energéticos, a palha representa 1/3 da energia potencial da cana-de-açúcar que, atualmente, é subaproveitada (NUNES, et al., 2013). Uma das práticas mais comuns, ainda hoje utilizada no Brasil, é a queima da palha da cana-de-açúcar, com o propósito de facilitar as operações de colheita. Um dos pontos mais críticos sobre a queima da palha da cana-de-açúcar são as emissões de gases do efeito estufa na atmosfera, principalmente o gás carbônico (CO₂), como também o monóxido (CO), óxido nitroso (N₂O), metano (CH₄) e a formação do ozônio (O₃), além da poluição do ar atmosférico pela fumaça e fuligem (ANTUNES e AZANIA; 2013).

Devido aos impactos ambientais, ocasionados pela queima da palha de cana-de-açúcar, a eliminação gradativa da atividade está em ascensão, assim o cultivo está sendo realizado sob o sistema mecanizado de colheita de cana crua, na qual as folhas secas e os ponteiros são lançados sobre a superfície do solo, formando uma cobertura morta, denominada de palhada. Essa palhada decompõe-se por ação física, química e biológica, constituindo uma fonte de nutrientes e matéria orgânica, possibilitando, portanto, a diminuição do uso de fertilizantes, beneficiando a sustentabilidade em longo prazo e o balanço energético da cadeia produtiva dessa cultura (FORTES, 2010). Entretanto, estudos demonstram que a decomposição da palha sobre o campo emite quase o dobro de N₂O, se comparada à queimada da mesma (JUTTEL, 2011).

3.2.3 Pseudocaule da Bananeira

O Brasil possui mais de 500 mil hectares cultivados de banana, sendo o terceiro maior produtor mundial de bananas. Os principais estados produtores são Bahia, São Paulo, Pará, Ceará, Minas Gerais e Santa Catarina (IBGE, 2008). Segundo estimativas da UNIVALE, que produz banana no perímetro irrigado do Rio Jaguaribe/CE, produz-se de 50 a 150 toneladas/hectare/ano de pseudocaule, dependendo da variedade plantada (ROSA et al., 2011).

Uma alternativa para utilização do pseudocaule é o aproveitamento da massa de celulose para fabricação de papéis especiais e de etanol, fermentação das pentoses e produção de biogás (SOFFNER, 2001). A polpa celulósica Kraft branqueada de bananeira possibilitará a confecção de folhas características similares ou superiores às do “papel japonês” utilizado para restauração de documentos (SILVA, 1998). Adicionalmente, o uso do pseudocaule para obtenção de nanocelulose vem sendo estudado (PEREIRA et al., 2010).

No caso do cenário de utilização da fibra do pseudocaule da bananeira para produção de celulose, ocorre a geração do líquido do pseudocaule da bananeira (LPCB). Uma alternativa para utilização sustentável do LPCB é a degradação anaeróbia visando, não somente o

tratamento deste efluente para ser disposto adequadamente no meio ambiente, como também a produção de biogás para geração de energia (ROSA et al., 2011).

3.3. Biomassa Residual Amazônica (Estado do Pará)

A Amazônia oriental apresenta diversas agroindústrias geradoras de milhares de toneladas de resíduos. Alguns desses resíduos gerados pelas agroindústrias dos produtos de origem vegetal são: caroços de açaí, fibra de coco verde, borra das folhas de ingá, palma (após a extração do óleo de palma), além dos resíduos gerados após a extração da polpa de diversas frutas da região (NOBRE, 2017).

O Estado do Pará, dentre os estados da região norte do país, apresenta-se com grande potencial para uso de resíduos agroindustriais, visto que é o segundo maior estado brasileiro e no que se refere a produção, em 2016 o total gerado neste estado foi de 10,4 milhões de toneladas de produtos agrícolas oriundos de culturas temporárias e permanentes, de acordo com dados da Produção Agrícola Municipal-PAM. Comparando com o total produzido na região Norte do país, esse montante corresponde a cerca de 45% do total (NOBRE, 2017).

Ao decompor o total produzido, verifica-se que entre os dez cultivos mais representativas no estado, constam o milho, açaí, cacau, dendê e coco. Essas espécies, somadas tiveram aproximadamente 3,4 milhões de toneladas de produção em 2016, ocupando uma área de 614 mil hectares (IBGE, 2017).

3.3.1 Dendê

A palma, chamada de dendê no Brasil, vem sendo aplicada em larga escala na produção do óleo de palma e do óleo de palmiste. Sua produção anual é cerca de 150 mil toneladas de cachos, apresentando um rendimento de 20% de óleo de palma e 1,5% de óleo de palmiste, gerando 78,5% de resíduos, considerando os cachos vazios (22%), as fibras (12%), as cascas (5%), e outros (39,5%), isso representa cerca de 110 mil toneladas de resíduos gerados por um ano (MARTINS, 2010).

O dendezeiro (*Elaeis guineenses*, Jacq.) é uma palmeira africana que foi introduzida no Brasil pelos escravos trazidos para o país. Na Amazônia, pesquisadores do IAN (Instituto Agrônômico do Norte) plantaram no Pará, em 1951, algumas linhagens provenientes do continente africano a fim de verificar a adaptabilidade e produção desta palmeira na região.

A área plantada de dendê no estado do Pará compreende três grandes polos de produção (Tocantins, Rio Caeté e Guamá), sendo envolvidos por nove municípios: Moju, Tailândia,

Tomé-Açu, Bonito, Acará, Igarapé-Açu, Santo Antônio do Tauá, Santa Isabel do Pará e Castanhal. Estes municípios juntos correspondem por 62,39% da produção do estado, sendo que no ano de 2013 a produção chegou a 1.040.538 de toneladas de tora de dendê (FAPESPA, 2015).

Segundo Rosa et al. (2010), vários usos já foram desenvolvidos para resíduos da cultura do dendê, como por exemplo: os engaços podem ser usados em compostagem natural ou mecanizada; as cascas são usadas como combustível; as cinzas de caldeira da agroindústria do dendê têm o potencial de serem usadas como adubo; a torta de palmiste pode ser amplamente utilizada na alimentação de animais domésticos, participando da composição de rações; a fibra do mesocarpo pode ser usada como adubo orgânico. Há ainda amplo espaço para tecnologias que agreguem maior valor aos resíduos da dendeicultura e uma fonte de central interesse é a produção de carvão ativado.

3.3.2 Açaí

Fornecedor do principal produto do extrativismo vegetal da Região Norte do Brasil, o açaizeiro é uma palmeira tropical de origem amazônica, da espécie *Euterpe oleracea*, em ecossistemas de várzea, cujo fruto, o açaí, constitui grande relevância sócio-ambiental e econômica para a região, tendo sua produção e comercialização concentradas em uma área não muito grande. Utilizado na alimentação por grande parte da população apresenta crescente utilização na indústria fármaco-alimentícia e produtos para exportação (TEIXEIRA et al., 2008).

Com uma produção de 106.562 toneladas de um total de 124.421 toneladas, o principal produtor de açaí é o Estado do Pará (85,6% da produção nacional) (IBGE, 2010). De acordo com a CONAB, 2016 a produção no estado chegou a 1.012.740 toneladas no ano de 2015. Dos frutos do açaizeiro é extraído o vinho, polpa ou simplesmente açaí, como é conhecido na região. O caroço que é considerado resíduo corresponde a 85% do peso total, do qual a borra é utilizada na produção de cosméticos; as fibras em móveis, placas acústicas, xaxim, compensados, entre outros, os caroços limpos na industrialização de outros produtos, como na torrefação de café, panificação, extração de óleo comestível, fitoterápicos e ração animal, além de uso na geração de vapor, carvão vegetal e adubo orgânico (TEIXEIRA et al., 2008).

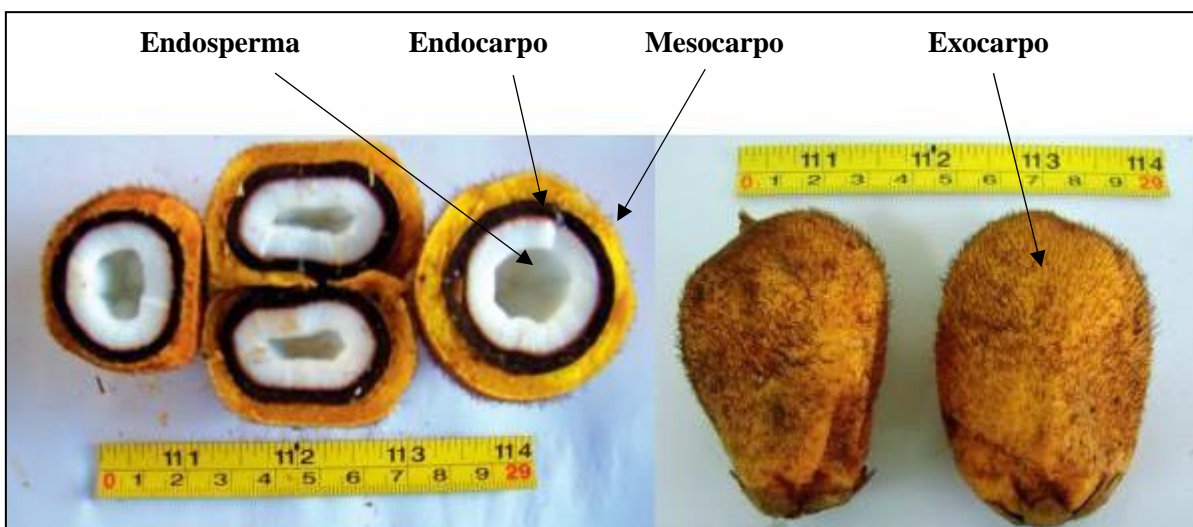
Principal subproduto da indústria de processamento do açaí, caroço é uma semente oleaginosa formada por um pequeno endosperma sólido ligado a um tegumento que na maturidade é rico em celulose. O caroço é composto por 53,20% de celulose, 12,26% de

hemicelulose e 22,305 de lignina (GOUVEIA, et al. 2015). Segundo Teixeira et al. (2004), o caroço do açaí apresenta quimicamente 97,40% de matéria-prima orgânica, 2,60% de cinza, relação C/N de 48,50 e pH 5,05. Adicionalmente, esse resíduo disponibiliza um potencial energético de 4500 kcal/kg.

3.2 O Murumuru (*Astrocaryum murumuru* MART.)

A palmeira murumuruzeiro é encontrada em toda a região amazônica (seja ela, legal ou internacional), sendo que no Brasil os estados amazônicos, Acre, Amazonas, Amapá, Pará e Rondônia, são os mais prevalentes (ROCHA e PORTUGAL, 2007). O murumuruzeiro tem preferência por solos argilosos, principalmente próximos à sombra, e por áreas úmidas e temporariamente inundadas, perto de rios e lagos ou, também, em terra firme, podendo ser encontradas em grandes quantidades. As palmeiras de murumuru crescem em touceiras com caule de 10 m a 15 m de altura, geralmente medindo de 17 cm a 27 cm de diâmetro. Seu único caule tem características marcantes, como longos espinhos pretos em toda a sua estrutura e disposição de seus frutos nos cachos, voltados para cima (QUERIOZ et al., 2007).

Figura 1 - Constituição do fruto do murumuru.



Fonte: Adaptado de EMBRAPA (2012).

A frutificação do murumuru é variável, mas, em geral, tem início em julho e vai até dezembro, podendo estender-se até abril ou junho. Os frutos amadurecem de setembro a maio, com pico de março a maio. Os frutos do murumuru são avermelhados quando maduros, e o comprimento pode variar de 3 a 8,5 cm. No Acre, uma palmeira de murumuruzeiro produz, em média, quatro cachos por ano, cada um com cerca de 300 frutos. No Amapá, o número médio

de frutos em cada cacho é menor, em torno de 250. Como se desenvolve principalmente em áreas úmidas e temporariamente inundadas, como margens de rios e cursos de água, a dispersão dos seus frutos se dá, principalmente, pela água. No solo, a dispersão é feita por pequenos animais silvestres, como porco-espinho, cutia, paca, jabuti e queixada (PEREIRA et al., 2006).

A semente representa cerca de 47% do fruto de murumuru ou 88kg semente/cacho/ano e que na semente pode haver uma extração lipídica média entre 16% e 24%, então pode-se concluir que cada palmeira de murumuru poderá produzir potencialmente 14,21 L a 21,31 L de óleo/palmeira/ano originados da semente, podendo ser uma alternativa viável de matéria-prima visando à geração de energia para comunidades isoladas (EMBRAPA, 2012). A maior porcentagem de ácido graxo na gordura do murumuru é o do ácido láurico (44%), ácido mirístico (27%), ácido oleico (11%) e ácido palmítico (9%) (SILVA et al., 2010). Os baixos teores de ésteres de ácidos graxos insaturados sugerem que o biodiesel produzido a partir de murumuru, apresenta boa qualidade de ignição e alta estabilidade oxidativa (AZEVEDO et al., 2010), enquanto os reduzidos índices de acidez e de iodo presentes, enquadram o murumuru como uma potencial opção alternativa para a produção de biocombustível em determinadas região (NASCIMENTO et al., 2010).

O óleo extraído das amêndoas do murumuru transforma-se em uma gordura semissólida, denominada manteiga de murumuru, que possui características atrativas como: tendência de ser emoliente natural, capacidade de formar uma película protetora que ajuda a pele a reter a umidade, uso nos cuidados de peles normais, secas e envelhecidas, ação multifuncional de hidratação, reparação de barreiras cutâneas e redução da perda de água transdérmica, recuperação da elasticidade natural da pele e nutrição (NASCIMENTO et al., 2007). As ações imunológicas e anti-inflamatória da gordura do murumuru vem sendo estudadas devido apresentar composição rica em ácido graxo láurico, o qual aumenta a resposta do sistema imunológico e ação anti-inflamatória pela liberação de interleucina 2 (IL-2), além de influenciar na formação de células CD4, que são a primeira linha de defesa do organismo contra doenças e infecções (FERREIRA, 2012).

Informações registradas sobre a produção e comercialização de produtos derivados do murumuru no mercado nacional e internacional ainda são escassas (NEHDI, 2013). No entanto, as características e propriedades específicas que a manteiga de murumuru possui tem aumentado o interesse dos mercados farmacêuticos e cosméticos, principalmente na fabricação de sabonetes, cremes e xampus (FERREIRA, 2011).

3.3 O Patauá (*Oenocarpus bataua* Mart.)

O patauá é uma palmeira pertencente à família botânica Arecaceae que ocorre em toda a Amazônia, tanto em floresta úmida de várzeas e de galeria, como inundáveis de terra firme. É uma espécie oleaginosa e comestível considerada uma das plantas úteis mais utilizadas pela comunidade indígena na Amazônia. É considerada uma espécie “oligárquica”, cuja população natural produz cerca de onze toneladas de frutos/há/ano, podendo gerar rendas substâncias e ecologicamente sustentáveis (HIDALGO et al., 2016). Esta espécie pode atingir até 25 metros de altura, possui apenas um caule e o cacho é arrumado em forma de rabo-de-cavalo. O patauazeiro começa a produzir a partir do oitavo ano e produz até 3 cachos por ano. O fruto demora entre 10 e 14 meses para se desenvolver (QUÍMICA DE OLEAGENOSAS, 2012).

Figura 2 - Palmeira de patauá.



Fonte: Adaptado de EMBRAPA (2004).

O fruto do patauazeiro é composto por 39% de mesocarpo e 61% de caroço. O mesocarpo (polpa) tem 18% de óleo. O cálculo médio de 2 cachos produzidos por ano por palmeira é equivalente a 32kg de frutos, do qual pode obter-se na prensa mecânica até 2,4 L de óleo por palmeira (QUÍMICA DE OLEAGENOSAS, 2012).

A polpa do fruto é empregada para produzir o chamado “vinho de patauá”, que é bastante nutritivo e energético. O óleo extraído do mesocarpo do patauá apresenta-se como um

líquido esverdeado, transparente, com odor pouco pronunciado e gosto semelhante ao do óleo de oliva (*Olea europaea*), bem como na sua aparência física e composição de ácidos graxos (FELIZARDO, 2015). Os frutos têm um formato redondo-ovalado, possuem epicarpo liso, de cor púrpura, escura, quando maduras; medem de 2,5 a 3,5 cm de comprimento, na base se conserva uma cúpula endurecida, a qual se forma através do perianto que acompanha o seu crescimento, uma tênue camada cerosa, esbranquiçada, o recobre. Seu mesocarpo (polpa) é rico em lipídeos com 51,6% de peso seco, 7,4% aproximadamente de proteína, e possui uma composição excelente de aminoácidos. Por conta disso, as proteínas do patauá são uma das mais valiosas, encontradas entre os vegetais, podendo ser comparado com a carne, leite de gado e leite humano, por ter maior quantidade de triptofano e lisina (HIDALGO et al., 2016). Devido ao seu alto teor em ácido oleico, o óleo de patauá apresenta propriedades hidratantes e pode ser empregado no cuidado da pele e dos cabelos, ou ainda entrar em formulações de produtos anticaspas e revitalizante para os cabelos e na confecção de sabões e cremes hidratantes (QUÍMICA DE OLEAGENOSAS, 2012).

4 MATERIAS E MÉTODOS

4.1 Matéria-prima

Utilizou-se resíduos de patauá (caroço e torta) fornecidos pela Cooperativa de Fruticultores de Abaetetuba – COFRUTA, situada na cidade de Abaetetuba/PA, e resíduo (torta) de murumuru fornecido pela empresa Symrise, localizada na cidade de Benevides/PA. Os resíduos provêm do processamento de óleos/gorduras e são da safra de 2020.

4.2 Equipamentos

Foi utilizada uma estufa com recirculação de ar da marca Marconi, modelo MA035/5/10P, para secagem dos resíduos. Um moinho triturador tipo martelo da marca Ecirtec, modelo TEM-40 TI, utilizado para fragmentar os resíduos, permitindo, assim, a padronização granulométrica das amostras a partir de um Agitador Eletromagnético da marca Bertel, Determinador de Fibras TECNAL (modelo TE-149) e Forno Mufla (QUIMIS Q-318 M 24).

4.3 Padronização da amostra

A tortas de patauá e murumuru foram coletadas com umidade abaixo de 10%. Mas o caroço de patauá precisou ser seco por 24°C em estufa de recirculação de ar. Após essa etapa, os três resíduos, figura 5, foram triturados em um moinho de facas e separados por meio de análise granulométrica - de acordo com a metodologia 965.22 da AOAC – com peneiras 28, 48, 60 e 100. Por conseguinte, foi coletado o material que ficou retido na peneira de mesh #100, o que gerou as amostras Torta de Patauá Fina (TPF), Caroço de Patauá Fino (CPF) e Torta de Murumuru Fina (TMF). As amostras geradas após o moinho resultaram nas amostras Torta de Patauá Grossa (TPG), Caroço de Patauá Grossa (CPG) e Torta de Murumuru Grossa (TMG). Por fim, todas as amostras foram desengorduradas, extração via Soxhlet de acordo com o método 31.4.02 da AOAC (1992).

Figura 3 - Resíduos: A) Torta de Patauá; B) Caroço de Patauá e C) Torta de Murumuru.



Fonte: Elaborado pelo autor.

4.3 Poder Calorífico

Utilizou-se uma bomba colorimétrica (Parr Instrument, modelo 6200).

4.4 Composição Centesimal

4.4.1 Umidade

Foi determinada pelo método gravimétrico com o emprego de calor, o qual se baseia na perda de peso do material quando submetido a aquecimento de 105°C, até atingir peso constante (AOAC, 1995).

4.4.2 Cinzas

O resíduo mineral fixo (cinzas) foi determinado submetendo-se as amostras a 550°C. Os resultados foram expressos em g/100g (AOAC,1997).

4.4.3 Extrato Etéreo

Para obtenção do extrato etéreo, foi utilizado o método de Soxhlet (gravimétrico), baseado na perda de peso do material submetido à extração com éter etílico, ou na quantidade de material solubilizado pelo solvente. Os resultados foram expressos em g/100g de amostras (AOAC,1997).

4.4.4 Carboidratos

A fração glicídica foi determinada pela diferença dos valores encontrados para umidade, extrato etéreo, proteínas, cinzas e fibras em 100g de amostra (AOAC,1997).

4.4.5 Proteína Bruta

Determinado pela técnica micro *Kjeldahl*, baseado em hidrólise e posterior destilação da amostra com o método 31.1.08 da AOAC (1997);

4.4.6 Determinação do Perfil de Fibra

Foi utilizado o determinador de fibras da marca TECNAL (modelo TE-149) para análise de Fibra Bruta, Fibra em Detergente Neutro, Fibra em Detergente Ácido e Lignina em Detergente Ácido pelos métodos de Weende e Van Soest, com adaptações dispostas nos itens a seguir. As amostras submetidas a análise foram TPF, CPF, TMF, TPG, CPG e TMG.

a) Determinação de Fibra Bruta (FB)

A determinação de FB foi realizada segundo a metodologia disponibilizada pela TECNAL. Assim, pesou-se o saquinho e foi adicionado cerca de 1 g de amostra. Por conseguinte, os saquinhos foram introduzidos no suporte do equipamento para a lavagem com 2 L de solução ácida (esta extração foi desenvolvida durante 30 minutos a 100 °C). Após a extração ácida, esta solução foi escoada e, em seguida, as amostras foram lavadas com 2 L de água destilada (previamente aquecida a 98 °C) durante 5 minutos. Este processo de lavagem

com água foi feito 4 vezes. Por consequência, os saquinhos foram introduzidos no suporte do equipamento novamente para a lavagem com 2 L de solução básica (esta extração também foi desenvolvida durante 30 minutos a 100 °C). Após a extração básica, esta solução foi escoada e, em seguida, as amostras foram lavadas com 2 L de água destilada (previamente aquecida a 98 °C) durante 5 minutos. Este processo de lavagem com água foi feito 4 vezes. Em seguida, as amostras foram lavadas com álcool etílico e acetona e secas em estufa por 4 horas. Por fim, os saquinhos foram adicionados em cadinhos e encaminhados para a mineralização da amostra em mufla por 1 hora.

$$\text{Fibra Bruta (\%)} = (C - A) * 100 / B \quad \text{Eq. (1)}$$

Onde,

A – peso do saquinho vazio (g);

B – peso da amostra (g);

C – peso do conjunto cadinho-saquinho-extrato (g);

D – peso do conjunto cadinho-cinzas (g);

b) Determinação de Fibra em Detergente Neutro (FDN)

A determinação de fibra em detergente neutro foi realizada pesando-se o cadinho (previamente seco), saquinho e 1 g de amostra. Dessa forma, a soma deste conjunto é denominada de peso inicial (P). Após a pesagem das amostras, os saquinhos com as amostras foram colocados no determinador de fibras da marca TECNAL (modelo TE-149). Assim, adicionou-se 2 L de solução de detergente neutro (EDTA dissódico, borato de sódio, lauril sulfato de sódio, trietilenoglicol e fosfato dissódico), submetendo as amostras à 98 °C durante 60 minutos. Em seguida, as amostras foram lavadas com 2 L água destilada, previamente aquecida a 98 °C, durante 5 minutos. Este processo foi feito 4 vezes. Após a lavagem com água, as amostras foram submersas em álcool etílico durante 3 minutos, por duas vezes. Por conseguinte, o mesmo processo foi realizado, contudo utilizando acetona. Posteriormente, os saquinhos com os extratos foram secos, adicionados em cadinho de porcelana (previamente

seco e pesado) e colocados em estufa durante 4 horas. Por fim, o material foi resfriado em dessecador e pesado (P1).

c) Determinação de Fibra em Detergente Ácido (FDA)

O material P1 obtido no item b) foi colocado em repouso (por 2 horas), com adição de água destilada (100 °C) em cada cadinho. Em seguida, os cadinhos foram novamente colocados no determinador de fibras e a água foi drenada do equipamento. Assim, 2 L de solução de detergente ácido (Ácido sulfúrico e Brometo de cetil trimetil amônio) foram adicionadas no determinador e as mesmas foram submetidas à condição de 98 °C por 60 minutos. Em seguida, as amostras foram lavadas com 2 L água destilada, previamente aquecida a 98 °C, durante 5 minutos. Este processo foi feito 4 vezes. Após a lavagem com água, as amostras foram submersas em álcool etílico durante 3 minutos, por duas vezes. Por conseguinte, o mesmo processo foi realizado, contudo utilizando acetona. Posteriormente, os saquinhos com os extratos foram secos, adicionados em cadinho de porcelana (pesado anteriormente no item b) e colocados em estufa durante 4 horas. Por fim, o material foi resfriado em dessecador e pesado (P2).

d) Determinação de Lignina em Detergente Ácido (LDA)

O resultado do processo do item c) (P2) foi colocado em repouso (60 minutos) em ácido sulfúrico a 72%, em volume necessário para que o material fique completamente submerso. Este processo foi repetido três vezes. Em seguida, os saquinhos foram colocados no determinador de fibras para fazer a lavagem dos mesmos. Dessa forma, as amostras foram lavadas com 2 L água destilada, previamente aquecida a 98 °C, durante 5 minutos (este processo foi feito 4 vezes). Por conseguinte, os saquinhos com os extratos foram secos, adicionados nos seus respectivos cadinhos de porcelana (pesado anteriormente no item b) e colocados em estufa durante 60 min. Após esta etapa, o material foi resfriado em dessecador e pesado (P3). Por fim, este material foi encaminhado para mineralização em mufla (550 °C/3 horas) (P4).

Para determinação do teor de fibras em detergente neutro, fibras em detergente ácido, hemicelulose, celulose e lignina foram utilizadas as equações 2 a 7, respectivamente. Além disso, para a quantificação da lignina, considerou-se que o somatório de celulose, hemicelulose e lignina é igual a FB.

$$\text{FDN (\%)} = (P1 - P4) / (P - P4) * 100 \quad (\text{Eq. 2})$$

$$\text{FDA (\%)} = (P2 - P4) / (P - P4) * 100 \quad (\text{Eq. 3})$$

$$\text{LDA (\%)} = (P3 - P4 - S) / (P - P4) * 100 \quad (\text{Eq. 4})$$

$$\text{Hemicelulose (\%)} = \text{FDN (\%)} - \text{FDA (\%)} \quad (\text{Eq. 5})$$

$$\text{Celulose (\%)} = \text{FDA (\%)} - \text{LDA (\%)} \quad (\text{Eq. 6})$$

$$\text{Lignina (\%)} = \text{FB (\%)} - (\text{Hemicelulose (\%)} - \text{Celulose (\%)}) \quad (\text{Eq. 7})$$

Onde:

P – peso da amostra + cadinho;

S – peso do saquinho;

P1 – peso do cadinho após extração FDN;

P2 – peso do cadinho após FDA;

P3 – peso do cadinho após LDA;

P4 – peso do cadinho após mineralização;

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Composição Centesimal

Para uma possível aplicação industrial de resíduos, primeiramente, é necessário o conhecimento do potencial físico-químico do material.

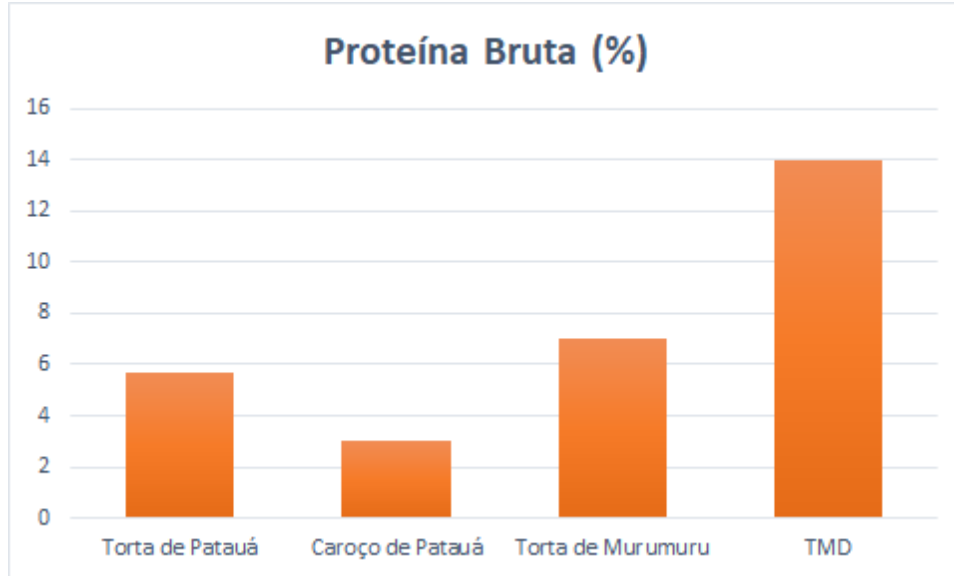
Tabela 1 – Características físico-químicas das amostras TPF, CPF e TMF. Além de, dados literários para o cacho sem fruto do dendê (CSF) e torta do mesocarpo do dendê (TMD).

Análise	TPF	CPF	TMF	RAMOS,	SANTOS,	SANTOS,
				2020	2019	2016
				CSF	TMD	TMD
Teor de água (%)	8,93 ±0,55	11,16 ±0,81	8,93 ±0,46	8,93±0,12	7,34	-
Proteína Bruta (%)	5,66 ±0,05	3,01 ±0,04	7,01 ±0,10	-	14,01	-
Extrato Etéreo (%)	17,06 ±1,01	12,04 ±0,98	21,52 ±0,87	10,42±0,13	12,95	-
Cinzas (%)	0,98 ±0,15	0,99±0,16	0,98 ±0,11	3,87±0,18	5,38	-
Voláteis (%)	0,96 ±0,27	0,88±0,25	1,00 ±0,03	85,34±0,27	-	-
Carboidratos (%)	4,74±0,35	11,90±0,50	17,40 ±0,50	-	-	-
Fibra Bruta (%)	69,57±0,49	61,77±0,67	43,16±1,06	-	-	-
Celulose (%)	38,97 ± 0,09	34,39 ± 0,97	23,48 ± 0,84	43,28±0,19	18,50±3,91	-
Hemicelulose (%)	8,36 ± 0,55	12,21 ± 0,55	4,31 ± 0,79	19,71±0,03	5,90±2,51	-
Lignina (%)	17,94 ± 0,49	15,16 ± 0,49	15,36 ± 1,06	20,57±0,05	10,57±5,16	-
Poder Calorífico (MJ/Kg)	16,34 ±0,08	13,69 ±0,09	16,42 ±0,09	12,97±0,09	-	22,05±0,39

Fonte: Elaborado pelo autor.

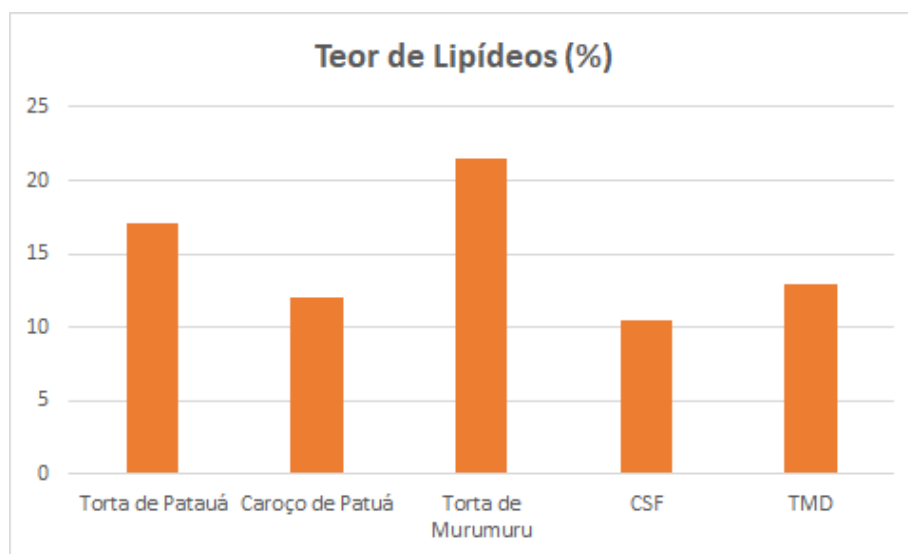
Os valores de matéria mineral encontrado neste trabalho ficou bem próximos 1% (TMF); 1% CPF e 0,98% (TPF). E estão coerentes com o nível esperado para materiais vegetais, sendo inferiores a 5% (SANTOS, 2016).

Apresentando um teor de água bem semelhante, TPF (8,93%), CPF (11%) e TMF (9%). O conteúdo de Proteína Bruta (PB) foi maior na amostra TMF (7%), seguida por TPF (5,66%) e CPF (3%). Os resultados de PB foram inferiores ao valor encontrado por Santos (2019) para fibra do mesocarpo do dendê (14%).

Figura 4 - Composição de proteínas brutas das biomassas estudada e do TMD citado por SANTOS (2019).

Fonte: Elaborado pelo autor.

Para o extrato etéreo, a maior concentração foi da amostra TMF com 22,0%, seguido de 17,06% (TPF) e 12% (CPF). Apenas o resultado da amostra CPF foi semelhante ao valor de 12,95 % encontrado por Santos (2019) para fibra do mesocarpo do dendê. A torta do murumuru teve um valor bastante atrativo, possivelmente para uma extração convencional, ou para uma extração com gás carbônico supercrítico, técnica atualmente muito utilizada por não ter resíduos de reagentes.

Figura 5 - Teor de lipídeos para as biomassas estudadas e CSF, RAMOS (2020) e TMD, (SANTOS, 2019).

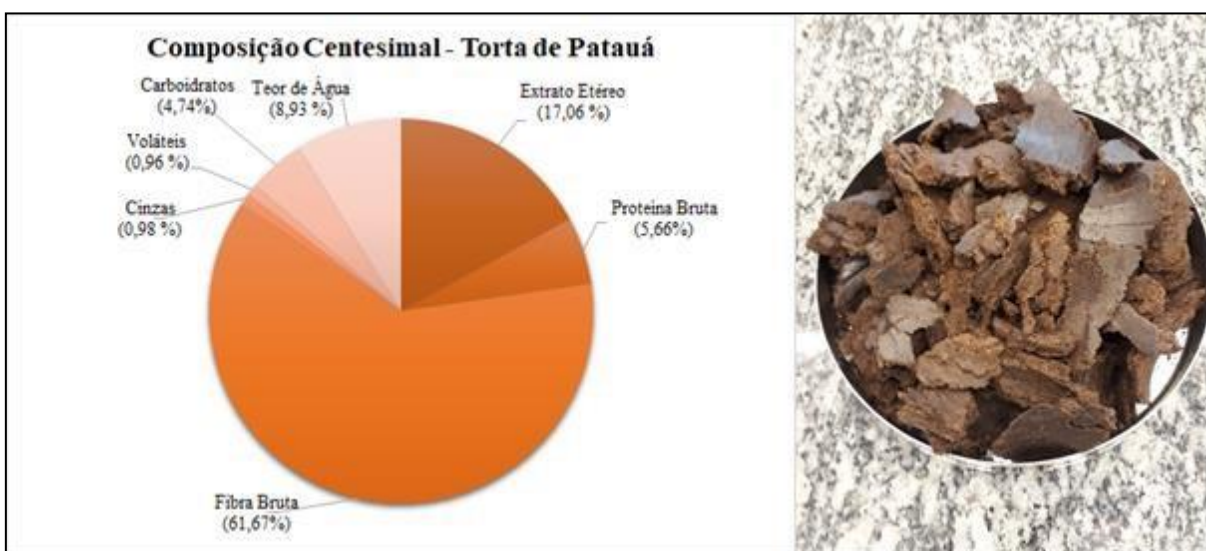
Fonte: Elaborado pelo autor.

Não foram encontrados na literatura valores referentes a análise de lipídeos para as amostras trabalhadas neste trabalho, porém, a nível de comparação entre resíduos, os valores encontrados neste trabalho ficaram abaixo do valor de 5,38% citado por Santos (2019) para fibra do mesocarpo do dendê e 3,87% para CSF em RAMOS, (2020).

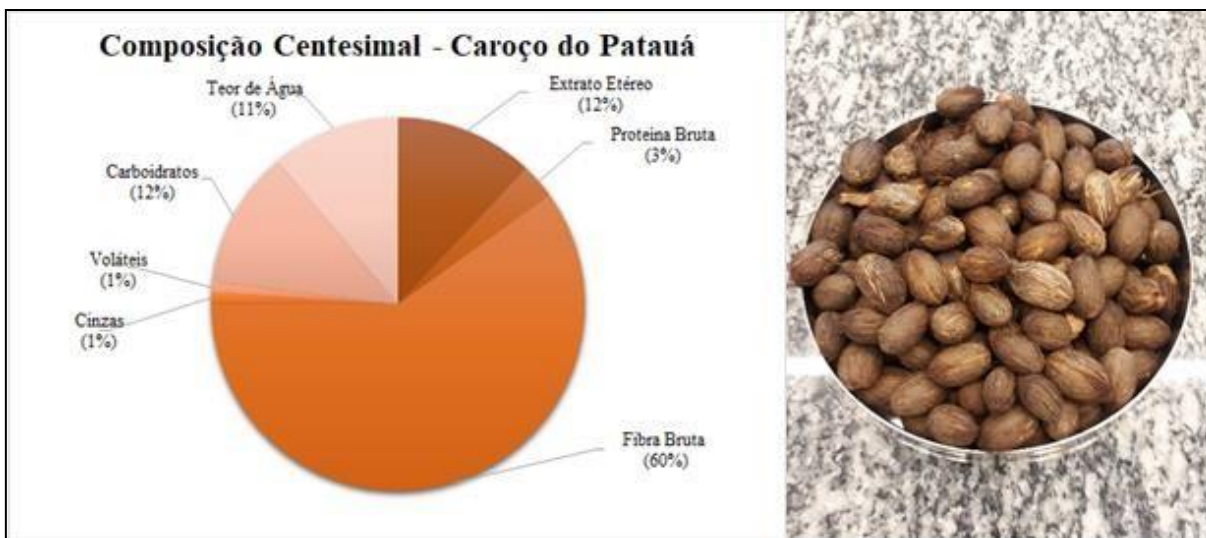
Em relação ao teor de carboidratos, não foram encontrados valores na literatura referentes as amostras deste trabalho. Os valores obtidos para TPF, CPF e TMF foram 4,74%, 12% e 17%, respectivamente.

A fibra foi quantificada em teores de fibra bruta (FB) e suas frações, considerando que o total de FB é igual ao somatório das frações celulose, hemicelulose e lignina. Os resultados estão apresentados na tabela 1.

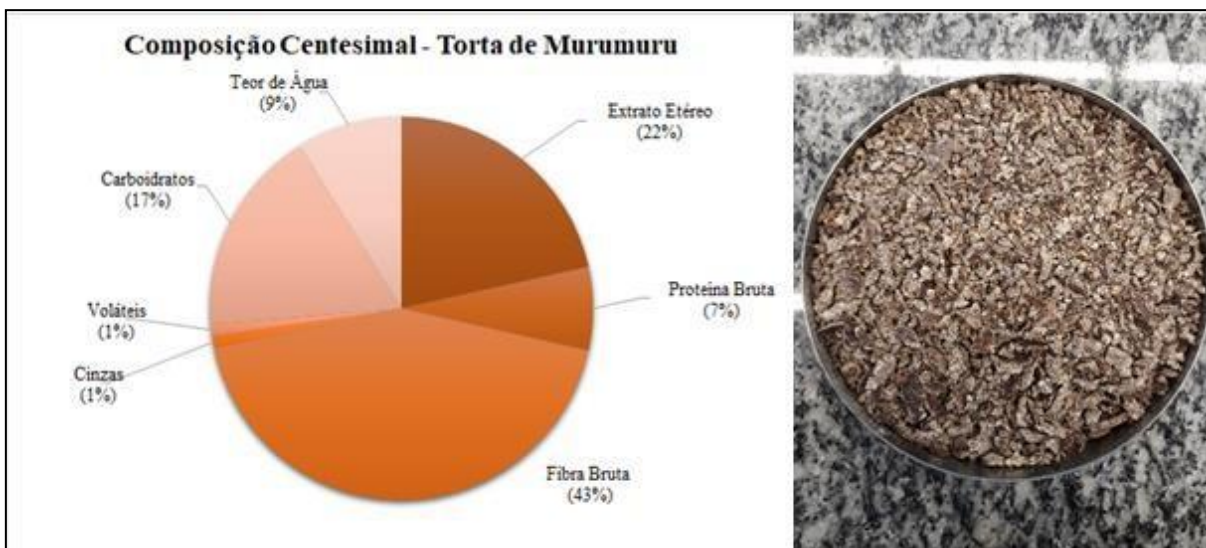
Figura 6 – Composição centesimal da amostra TPF.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 7 - Composição centesimal da amostra CPF.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 8 - Composição centesimal da amostra TMF.

Fonte: Elaborado pelo autor.

5.2 Celulose, Hemicelulose e Lignina

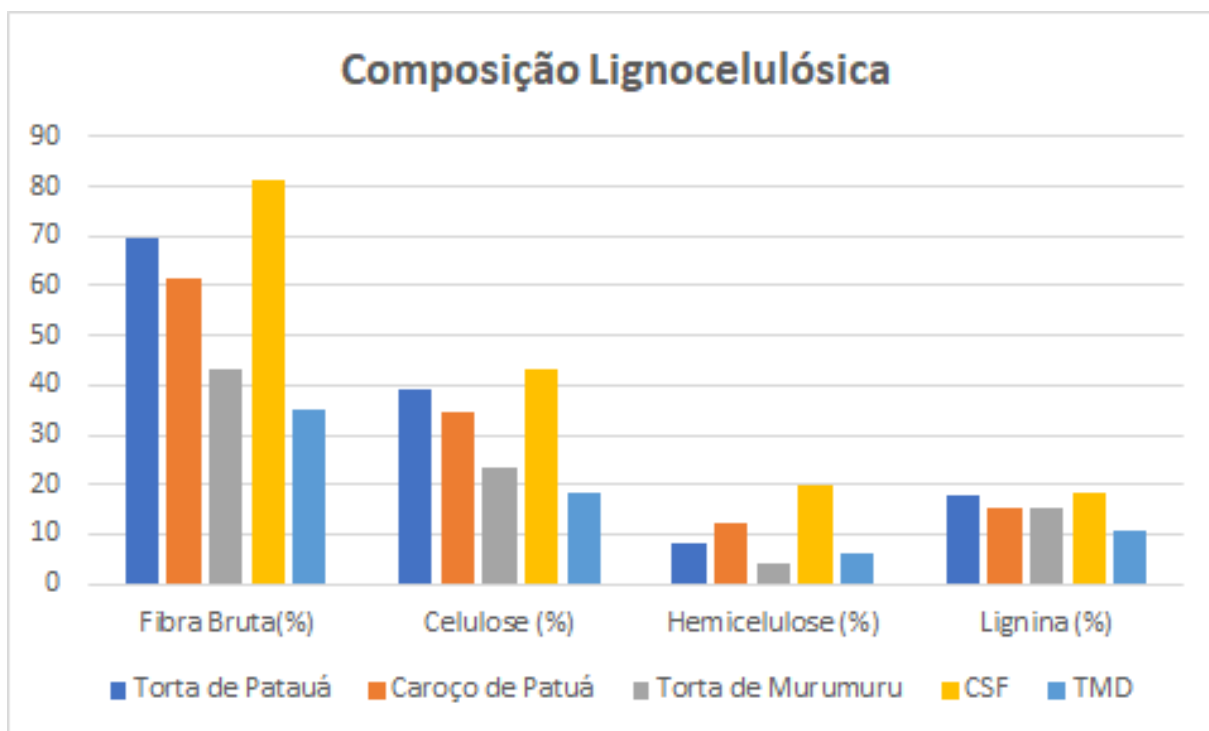
Em termos de estrutura química, as biomassas podem ser classificadas como protéicas, oleaginosas e baseadas em carboidratos, em função do tipo de composto que está presente majoritariamente. As baseadas em carboidratos podem, ainda, ser dividida em: sacarínea, amiláceas e lignocelulósicas, dependendo do tipo de estrutura e interação entre os açúcares constituintes. Essas são, de um modo geral, as biomassas mais abundantes no planeta e estão presentes em todos os vegetais (SANTOS; BORSCHIVER e COUTO, 2011). Sendo assim, com base nos resultados obtidos, podemos concluir que as biomassas residuais estudadas, são biomassas lignocelulósicas, tendo na torta de patauá a maior concentração de fibra bruta (69,57%) e na torta do murumuru a menor concentração (43,16%)

Tabela 2 - Média e desvio padrão dos resultados obtidos de FB e suas frações com relação as amostras TPF, CPF, TMF, TPG, CPG e TMG.

Análise	FB (%)	Celulose (%)	Hemicelulose (%)	Lignina (%)
TPF	69,57 ± 0,49	38,97 ± 0,09	8,36 ± 0,55	17,94 ± 0,49
CPF	61,77 ± 0,62	34,39 ± 0,97	12,21 ± 0,77	15,16 ± 0,62
TMF	43,16 ± 1,06	23,48 ± 0,84	4,31 ± 0,79	15,36 ± 1,06
TPG	35,40 ± 1,84	18,93 ± 1,70	4,10 ± 1,04	12,36 ± 1,84
CPG	34,98 ± 1,03	19,33 ± 0,73	4,88 ± 0,92	10,76 ± 1,03
TMG	22,73 ± 0,14	15,38 ± 0,03	3,34 ± 0,32	4,01 ± 0,14

A caracterização química da fibra das 6 amostras analisadas (TPF, CPF e TMF, TPG, CPG e TMG), demonstrou que esses materiais apresentaram composição estrutural bastante heterogênea entre si, quanto aos seus componentes: celulose, hemicelulose e lignina (Tabela 1). Os resultados mostraram que as análises das amostras finas foram mais eficientes que as das grossas. Demonstrando assim, que a granulometria influenciou na eficiência da análise em questão.

Figura 9 - Concentrações de Fibra Bruta, Celulose, Hemicelulose e Lignina das biomassas estudadas e valores de literatura para CSF e TMD citados por RAMOS (2020) e SANTOS (2019) a nível de comparação.



Fonte: Elaborado pelo autor.

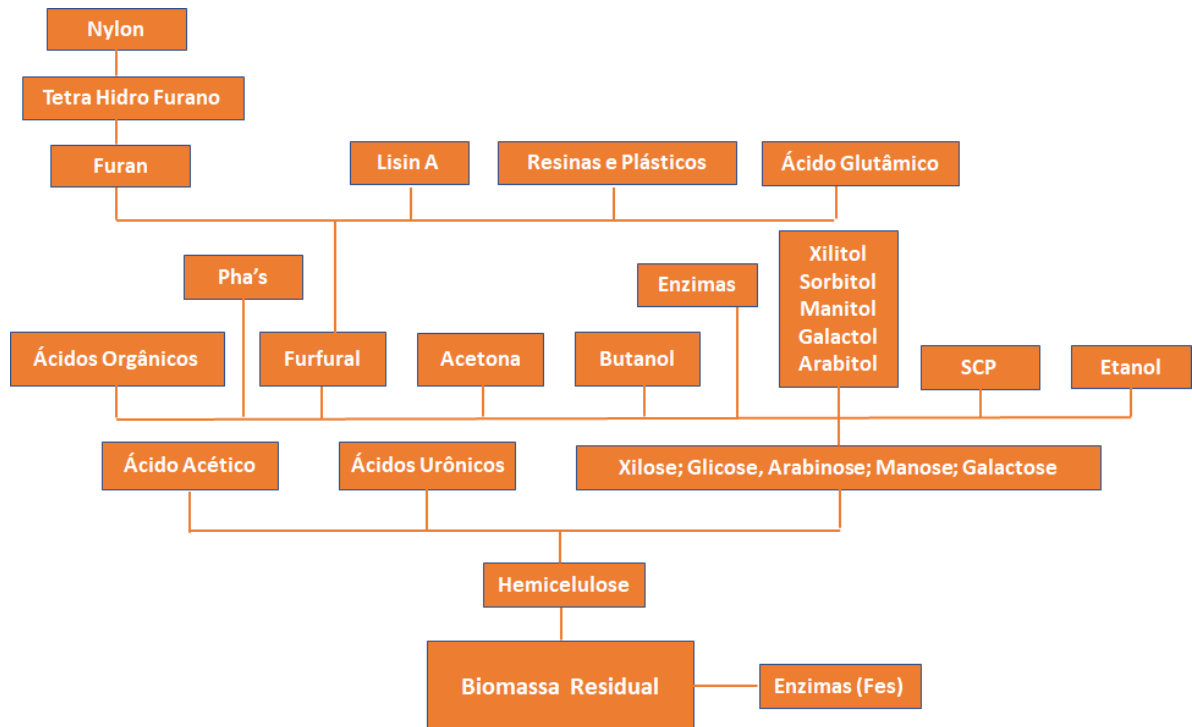
a) Celulose

A torta do patauá apresentou maior quantidade de celulose (38,97%) e a torta do murumuru menor quantidade (23,48%), como podemos ver na figura 7. A celulose é o constituinte mais abundante da parede celular vegetal e é definido como um homopolissacarídeo composto por unidades de D-glicose unidas entre si por ligações glicosídicas β 1-4 (OGATA, 2013).

A hidrólise completa da celulose gera glicose, que pode ser convertida em diversas substâncias tanto por processos químicos quanto bioquímicos. Pode-se dizer que a glicose, por ter uma via metabólica exclusiva e comum à grande maioria dos seres vivos, pode ser, igualmente como a sacarose, convertida biologicamente em etanol, bem como utilizada para produção de uma ampla variedade de substâncias como: ácidos orgânicos, glicerol, sorbitol, manitol, frutose, enzimas, entre outras. A glicose pode ser ainda convertida quimicamente ou enzimaticamente em hidroximetilfurfural, que é um importante intermediário para a produção de dimetilfurfural (DMF). O bioetanol por sua vez, pode ter inúmeras aplicações, dentre elas:

como combustível veicular ou aditivo de combustível; empregado na produção de moléculas como butadieno, ésteres e etileno; aplicado na indústria farmacêutica, alimentícia e cosmética (CGEE, 2010).

Figura 10 - Produtos da Celulose.



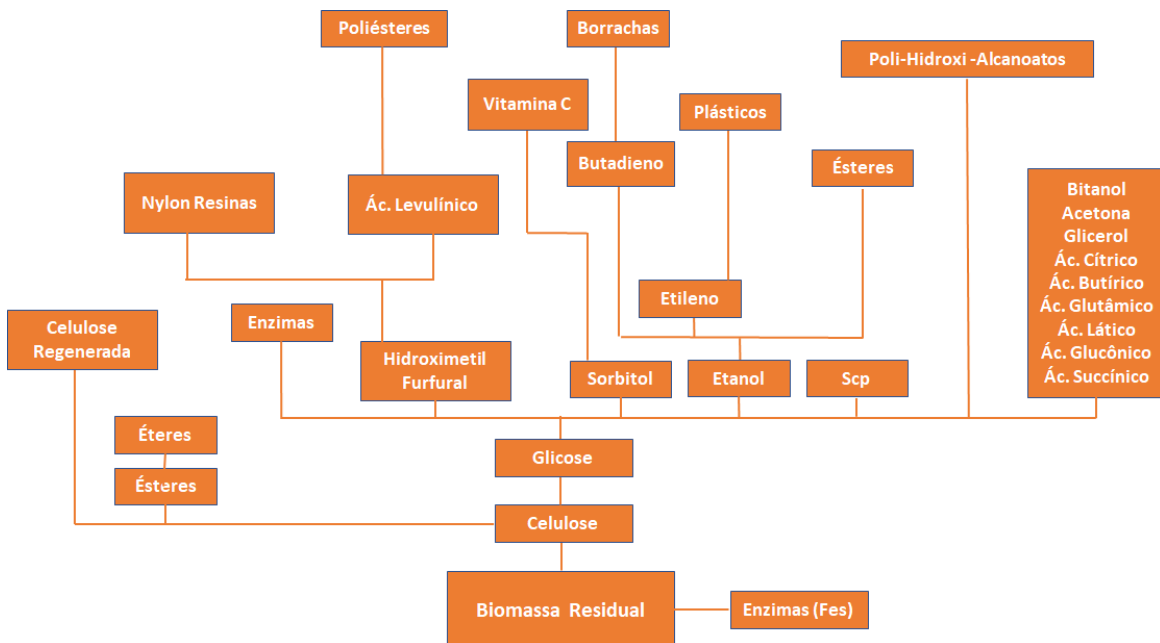
Fonte: Adaptado de CGEE (2010).

O resultado encontrado para a torta de patauá ficou próximo ao de Marçal (2015) para o cacho de dendê (41,73%). A Embrapa Agroenergia (2011), conseguiu extrair nanofibras de celulose de cachos vazios de dendê, através de processos químicos. Essa celulose pode ser utilizada para a fabricação de papel.

b) Hemicelulose

A torta do patauá apresentou maior quantidade de hemicelulose (12,21%) e a torta do murumuru menor quantidade (4,31%), como podemos ver na figura x. Segundo Palma (1993) as hemiceluloses, também chamadas de polioses, são o segundo tipo de polissacrídeo mais importante da parede celular e correspondem a entre 15 a 35% da sua composição. São definidas como uma classe heterogênea de polissacarídeos de baixa massa molecular composta por pentoses, hexoses, e/ou ácidos urônicos (GÍRIO et al., 2010). São estruturalmente mais semelhantes com a celulose do que com a lignina e depositam-se na parede celular em uma etapa anterior à lignificação.

Figura 11 – Produtos da hemicelulose.



Fonte: Adaptado de CGEE (2010)..

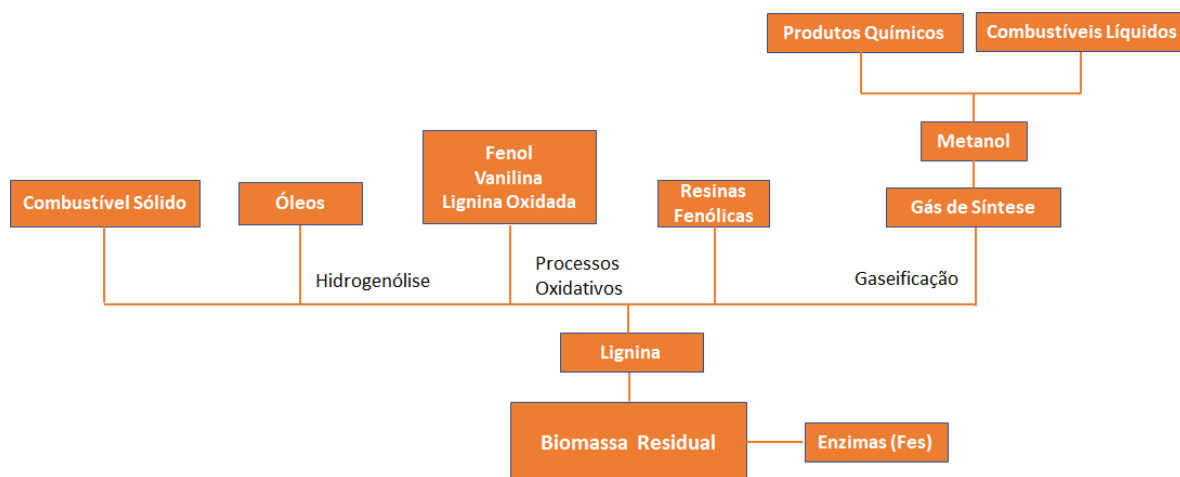
c) Lignina

A torta do patauá apresentou maior quantidade de lignina (17,94%) e o caroço de patauá a menor quantidade (15,16%), como podemos ver na figura x. Depois da celulose, a lignina é a macromolécula mais abundante existente na biosfera. É definida como uma

substância hidrofóbica, com estrutura tridimensional e amorfa, altamente ramificada (SILVA, 2011). É o terceiro componente principal da parede celular vegetal, correspondendo de 20% a 30%. O mecanismo de síntese da lignina se dá a partir de três precursores monoméricos: o álcool coniferílico, o álcool sinapílico e o álcool p-cumarílico (NASCIMENTO, 2007).

Aproximadamente, 50 milhões de toneladas de lignina são geradas por ano, mundialmente, como resíduo dos processos de produção de pastas celulósicas e papel. A maioria residual é queimada para gerar energia neste segmento industrial. Entretanto, tendo em vista suas interessantes propriedades funcionais, a lignina oferece perspectivas de utilização para obtenção de produtos de alto valor agregado, como ligantes, dispersantes, emulsificantes e sequestrantes (CGEE, 2010).

Figura 12 – Produtos da lignina.



Fonte: Adaptado de CGEE (2010).

As propriedades físicas e químicas da lignina diferem dependendo da tecnologia de extração (processo sulfito, processo Kraft, processo alcalino e *Organosolv*). A lignina é empregada como matéria-prima para a produção de emulsificantes com aplicação na área alimentícia e na produção de vanilina, que é usada extensamente como flavorizante em alimentos, como componente na formulação de produtos farmacêuticos e também com fragrância em indústria de perfumaria (CGEE, 2010).

5.3 Poder Calorífico Superior

Segundo LIZCANO (2015), a medida padrão do potencial energético de um combustível (por exemplo, a biomassa) é o poder calorífico, sendo esta a medida mais importante para caracterizá-lo.

De acordo com a ASTM (2007), citado em LIZCANO (2015), estabelece-se que o valor ou poder calorífico faz referência ao calor produzido na combustão de uma quantidade unitária de um espécime em determinadas condições. Neste trabalho, os resultados encontrados foram de poder calorífico superior (PSC), porém, existe também o inferior (PCI). Sendo o PCS, de acordo com a ASTM o calor produzido pela combustão de uma quantidade unitária de um combustível, sólido ou líquido, quando queimado a volume constante em uma bomba calorimétrica sob condições específicas de modo que, toda a água proveniente da combustão, esteja no estado líquido depois da queima.

Tabela 3 – Poder calorífico das biomassas estudadas no presente trabalho e demais encontrados na literatura.

Biomassa	Poder Calorífico (MJ/kg)	Literatura
Torta de Patauá	16,34	Autor
Caroço de Patauá	13,69	Autor
Torta de Murumuru	16,42	Autor
CSF	12,97	RAMOS, 2020
TMD	22,05	SANTOS, 2016
Caroço do Açaí	19,16	COSTA, 2018
Casca de Cacau	19,68	COSTA, 2018
Casca do Coco	18,52	COSTA, 2018
Sabugo de Milho	18,32	COSTA, 2018

Não foram encontrados valores de poder calorífico na literatura para os resíduos em questão, porém, os valores encontrados para torta e caroço de patauá e torta de murumuru estão de acordo com o previsto por NHUCHHEN e SALAM (2012), para biomassas que em geral variam de 5,63 e 23,46 MJ. Kg⁻¹.

Os resultados encontrados mostram-se próximos ou superiores ao poder calorífico de outras biomassas já bastantes estudadas e utilizadas a nível energético, conforme tabela 3.

Com isso, podemos concluir que os resultados foram satisfatórios e os resíduos mostram-se com potencial para uso energético. No entanto, pode-se explorar mais esse material através do processamento térmico para produção de produtos mais versáteis e de maior potencial energético, como combustível líquido e gasoso, agregando-lhe maior valor energético.

6 CONCLUSÃO

Os resultados obtidos na caracterização das biomassas residuais, demonstraram que os resíduos apresentam lipídeos, proteína bruta, cinzas, voláteis, celulose, hemicelulose e lignina. Que o produto majoritário dessas biomassas são as fibras e que a torta de patauá apresentou a maior concentração de fibra bruta (69,57%).

As biomassas apresentam uma interessante quantidade de lipídeos no extrato etéreo, em especial na torta de murumuru, onde uma aplicação de CO₂ supercrítico, técnica bastante utilizada hoje por ser livre de resíduos de reagente orgânicos, sendo estes óleos de valor comercial maior aplicados em diversos segmentos como cosméticos e farmacêuticos.

Os valores de poder calorífico superior encontrados demonstram um potencial interessante para as amostras serem utilizadas como biomassa em caldeiras para a geração de vapor e energia, quando comparadas com matrizes de biomassa já disponíveis no mercado em forma de bríquetes. No entanto, pode-se explorar mais esse material através do processamento térmico para produção de produtos mais versáteis e de maior potencial energético, como combustível líquido e gasoso, agregando-lhe maior valor energético.

O trabalho pode avaliar todo o potencial de reaproveitamento das biomassas disponibilizadas pela indústria, a fim de possibilitar uma escalada na bioeconomia na região amazônica para o mundo, visto que o mercado atual valoriza as iniciativas de estudos para fazer com que a economia verde seja uma condição primordial para a consolidação de indústrias e culturas que valorizem o meio ambiente como um todo, para hoje e futuras gerações. Que além de energia, podem ser transformados biotecnologicamente através de microrganismos e enzimas e gerar uma vasta gama de produtos de interesse para diversas áreas, como agricultura, pecuária, indústria química, alimentos e farmacêutica. Logo este trabalho se torna um *milestone* para futuras pesquisas exploratórias dessas biomassas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BALICK, MJ. **Jessenia and Oenocarpus: neotropical oil plants worthy of domestication.** Food and Agriculture Organization (FAO), Plant Production and Protection Paper, N^o, 88, Rome, 1988.

CARPIO, Lucio Guido Tapia; SOUZA, Fábio Simone de. Optimal allocation of sugarcane bagasse for producing bioelectricity and second-generation ethanol in Brazil: Scenarios of cost reductions. *Renewable Energy*. V.111, p.771-780, out. 2017.

COSTA, F. D. V.; SILVA, A. J.; SILVA, P. A. P.; SOUZA, F. C. Aproveitamento de Resíduos Agroindustriais na Elaboração de Subprodutos. II Congresso Internacional das Ciências Agrárias – COINTER. 2017. Salgueiro, Pernambuco.

DARNET, S. H. et al. **Nutritional composition, fatty acid and tocopherol contents of buriti (*Mauritia flexuosa*) and patawa (*Oenocarpus bataua*) fruit pulp from the Amazon region.** *Cienc. Tecnol. Aliment.* 2011, 31, 488-491.

GOUVEIA, L. G. T.; FARIAS, I. S.; RAMOS, L. C.; SILVA, D. P.; RUZENE, D. S. Perspectiva e Aplicações de Resíduos Agroindustriais/Agrícolas na Obtenção de Produtos de Maior Valor de Mercado. 7^o Simpósio de Engenharia de Produção de Sergipe. São Cristóvão, 2015.

EMBRAPA, 2004. **Ecologia e Manejo do Patauá (*Oenocarpus bataua* Mart.) para Produção de Frutos e Óleo.** Rio Branco, 2004. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/117339/1/12179.pdf>. Acesso em: 30 jul. 2020.

EMBRAPA, 2012. **Considerações Sobre a Palmeira Murumuruzeiro (*Astrocaryum murumuru* Mart.).** Macapá, 2012. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/84961/1/AP-2012-Comunicado-tecnico-130-Murumuru.pdf>. Acesso em: 30 jul. 2020.

FRANQUILINO, E. **Ativos Amazônicos.** São Paulo: Cosméticos & Toiletries: 18 – 53, 2006, pág. 19 – 47.

FERNANDES, E. R. K.; MARANGONI, C.; SOUZA, O.; SELLIN, N. Thermochemical characterization of banana leaves as a potential energy source. **Energy conversion and management**, v. 75, p. 603-608. 2013.

HIDALGO, P.S.P. et al. (2016): **Amazon oilseeds: Chemistry and antioxidant activity of patawa (*Oenocarpus bataua* Mart.).** *Rev. Virtual Quim.* 2016,8,130-140.

JÚNIOR, S. V. Rumo a uma Química Renovável Brasileira a partir da Biomassa Vegetal. *Revista Virtual de Química.* 2016. v.9. n.1.

LEITMAN, P.; SOARES, K.; HENDERSON, A.; NOBLICK, L.; MARTINS, R. C. ***Areaceae* in Lista de Espécies da Flora do Brasil.** Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 2015. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB22086>. Acesso em: 30 jul. 2020.

LIZCANO, J. V. Poder calorífico, energia e cinzas da biomassa de cana-de-açúcar irrigada por gotejamento, para variedades, lâminas e processos de maturação. Dissertação (Mestrado). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba, 2015. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11152/tde-17092015-161201/publico/Jonathan_Vasquez_Lizcano_versao_revisada.pdf. Acesso em: 23 de dez. 2020.

MARTINS, J. Dendê: Seagri pretende melhorar produção. 2010. Disponível em: <http://www.bahianoticias.com.br/infoinveste/noticiasdabahia/30/11/2010/573,dende-seagri-pretende-melhorar-producao.html>. Acesso em: 30 de outubro de 2020.

MORAIS, Luiz Roberto Barbosa. **Química de Oleaginosas: valorização da biodiversidade amazônica**. Belém, PA: Ed. do Autor, 2012.

MORAES, Sandra Lúcia; MASSOLA, Camila Peres; SACCOCCIO, Eduardo Maziero; SILVA, Dafine Pereira da S.; GUIMARÃES, Yuri Basile Tukoff. **Cenário brasileiro da geração e uso de biomassa adensada**. Instituto de Pesquisas Tecnológicas. V.1, n.4, abr.,2017.

MONTUFUR, R. et al. (2010); **Oenocarpus bataua Mart. (Arecaceae): Rediscovering a Source of High Oleic Vegetable Oil from Amazonia**. J. Am. Oil Chem. Soc. 2010, 87, 167 – 172.

PESCE, C. **OLEAGINOSAS DA AMAZÔNIA**. BELÉM: OFICINAS GRÁFICAS DA REVISTA VERERINÁRIA, 1941.

PIRES, L. K. S.; GRISOTTO, M. G.; GRISOTTO, R. F. **O uso de plantas da Amazônia na produção de bioprodutos para tratamentos de pele**. Ver. Investing. Bioméd. São Luís, 9:78-88, 2017.

MARTINS, A. H. **Tecnologia de Obtenção de Óleos e Gorduras**. Disponível em: <https://pt.scribd.com/doc/40480763/Tecnologia-de-obtenção-de-oleo-e-gorduras>. Acesso em 21 de novembro de 2020.

MARÇAL, A. F.; CORREA, N. C. F.; FRANÇA, L. F. **Obtenção de açúcares redutores através de tratamento hidrotérmico dos cachos sem fruto (EFB – Empty Fruit Bunch) da indústria do dendê**. Belém, Universidade Federal do Pará. Março, 2015.

NOBRE, J. R. C. **Resíduos Agroindustriais da Região Amazônica: Potencial na Produção de Carvão Ativado**. Tese (Pós-graduação em Ciência e Tecnologia da Madeira). Universidade Federal de Lavras. Minas Gerais, 2017).

NHUCHHEN, D. R.; SALAM, A. P. **Estimation of higher heating value of biomass from proximate analysis: A new approach**. Fuel, Amsterdam, v. 99, p. 55-63, 2012.

NUNES, R. M.; GUARDA, E. A.; SERRA, J. C. V.; MARTINS, A. A. **Resíduos Agroindustriais: Potencial de Produção do Etanol de Segunda Geração no Brasil**. Revista Liberato. V.14, n.22, p.113-238. Novo Hamburgo, 2013.

OGATA, B. H.; **Caracterização das frações celulose, hemicelulose e lignina de diferentes genótipos de cana-de-açúcar e potencial de uso em biorrefinarias**. Dissertação (Mestrado

em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2013. Piracicaba, São Paulo.

SANTOS, O. R. **Tratamento Térmico da Torta de Dendê (elaeis guineenses, jacq) para produção de biocombustíveis**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química). Universidade Federal do Pará. Belém, 2016.

RODRIGUES, B. S. **Resíduos da agroindústria como fonte de fibras para a elaboração de pães integrais**. 2010. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2010. Piracicaba, São Paulo.

ROSA, M. F.; SOUZA, F. M. S. M.; FIGUEIREDO, M. C. B.; MORAIS, J. P. S.; SANTAELLA, S. T.; LEITÃO, R. C. **Valorização de Resíduos da Agroindústria**. II Simpósio Internacional sobre Gerenciamento de Resíduos Agropecuários e Agroindustriais – II SIGERA, 2011. Foz do Iguaçu, Paraná.

SERRA, J. L. **Compostos Bioativos em Óleos e Gorduras de Frutos Amazônicos: Determinação de Pró-vitamina A e Vitamina E**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Pará. Belém, Pará. 2011.

SILVA, E. P. de O.; CASTRO, L. H.; BIAGGIO, R. M.; BELTRANE JÚNIOR, M. **Estudo das características físico-químicas e classificação de fito-ingredientes na espécie *Astrocaryum murumuru* (murumuru)**. In: ENCONTRO LATINO AMERICANO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 12.; ENCONTRO LATINO AMERICANO DE PÓS-GRADUAÇÃO, 8., 2010, São José dos Campos. **Biodiversidade: conservação, preservação e recuperação**. anais. Disponível em: <http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2009/anais/arquivos/0041_0030_01.pdf>. Acesso em: 22 abril. 2019.

SANTOS, Márcia França R. F.; BORSCHIVER, Suzana; COUTO, Maria Antonieta P. G. **Iniciativas para uso da biomassa lignocelulósica em biorrefinarias: a plataforma sucroquímica no mundo e no Brasil**. Economia & Energia, 2011. Disponível em: <https://ecen.com/eee82/eee82p/biorefinarias.htm>.

TOWNSEND, C. R.; COSTA, N. L.; PEREIRA, R. G. A.; SENGER, C. C. D. Característica químico-bromatológica do caroço de açaí. EMBRAPA. Rondônia, 2001. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/100242/1/Cot193-acai.pdf>. Acesso em: 30 jul. 2020.

VITAL, B. R.; CARNEIRO, A. C. O.; PEREIRA, B. L. C. Qualidade da madeira para fins energéticos. In: SANTOS, F.; COLODETTE, J.; QUEIROZ, J. H. (Org.). **Bioenergia & Biorrefinaria: Cana-de-açúcar & espécies florestais**. 1. Ed. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2013. P. 321-354.

