

CARACTERIZAÇÃO ESPECTROSCÓPICA E MORFOLÓGICA DAS BLENDS (ESCAMAS DE PEIXES E RESÍDUOS ALIMENTARES) PARA GERAÇÃO DE BIOENERGIA

Mariana da Silva Melo, melo.mariana@discente.ufma.br¹

Ayrton Pablo Raiol Monroe, ayrton.pablo@discente.ufma.br²

Jefferson Rodrigues Ferreira, jefferson.rodrigues@discente.ufma.br²

Julie Brenda Santos da Silva, julie_brenda@hotmail.com³

Glauber Cruz, cruz.glauber@ufma.br^{1,3}

¹Universidade Federal do Maranhão, Departamento de Engenharia Química, Avenida dos Portugueses, 1966 – Vila Bacanga, São Luís (MA).

²Universidade Federal do Maranhão, Departamento de Engenharia Mecânica, Laboratório de Processos e Sistemas Térmicos (LPSisTer), Avenida dos Portugueses, 1966 - Vila Bacanga, São Luís (MA).

³Instituto Federal do Maranhão, Departamento de Mecânica e Materiais, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica (PPGMEC), Avenida Getúlio Vargas, 04 – Monte Castelo, São Luís (MA).

Resumo: No contexto social moderno, a temática do desperdício alimentar faz-se preponderante em aspectos socioambientais e econômicos. Em paralelo a tal cenário, a produção de pescados no Estado do Maranhão faz-se notória como uma das mais representativas atividades econômicas do litoral brasileiro. Todavia, essa atividade gera enormes quantidades de resíduos (vísceras, nadadeiras e/ou escamas de peixes) que exprimem um descarte em locais inadequados. Diante dessas informações, este trabalho visa um aproveitamento sustentável, proporcionado pelas misturas dos resíduos alimentícios (CEASA, capital maranhense) e escamas de peixes (Mercado do Peixe), como potencial fonte alternativa de produção energética, além da disposição final adequada dos respectivos resíduos. As características físico-químicas, morfológicas e estruturais das amostras puras e misturas de resíduos alimentares (RA) e escamas de peixes (EP) foram realizadas nas proporções: 100% EP; 75%EP:25%RA; 50%EP:50%RA; 25%EP:75%RA e 100% RA por análise elementar (AE), espectroscopia de infravermelho por transformada de Fourier (FTIR) e microscopia eletrônica de varredura (MEV). A análise elementar (AE) possibilitou a identificação dos principais elementos químicos (C, O, N, H e S) presentes nas misturas, bem como o comportamento destes ao longo das proporções experimentadas. Os espectros de FTIR das misturas em relação às amostras puras expuseram a majoritariamente dos elementos carbono e oxigênio na composição destas, além da presença de hidrocarbonetos aromáticos, os quais são importantes no setor de biocombustíveis. Detectou-se também a presença do radical metil (derivado do metano), um gás precursor do efeito estufa, mas que em condições adequadas é empregado como biogás para geração de bioenergia. As imagens de MEV das blends em comparação com as amostras puras demonstraram alterações relevantes nas superfícies, com poros heterogêneos em evidência, além de uma região amorfa e superfície porosa. Perante o exposto, deseja-se não somente a proposição de novas alternativas para o campo das energias renováveis, mas também a redução de impactos socioambientais, resultantes de um gerenciamento arcaico e inadequado de resíduos alimentícios e pesqueiros.

Palavras-chave: Energias renováveis, Biocombustíveis, Aproveitamento Sustentável, Impactos Socioambientais

1. INTRODUÇÃO

Sabe-se que o Brasil exibe, dentre as principais mazelas da sociedade moderna, o cenário do desperdício alimentar, sendo este um fator somático em meio à situação de pobreza extrema e a desvalorização do preservacionismo dos recursos naturais (de Oliveira Rigaud *et al.*, 2019). O consumo dos recursos naturais pelos seres humanos sempre foi o fundamento da sobrevivência material dos povos, uma vez que não apresentavam maiores preocupações ou ações para a promoção de um tratamento adequado, além da ausência de uma redução ou eliminação de resíduos, nesse

sentido, o inovador é que desde a Revolução Industrial, presencia-se a passagem do consumo necessário para a sobrevivência e bem-estar para a cultura do consumismo (Costa *et al.*, 2018).

A fome sempre foi um problema grave no Brasil, todavia, com a pandemia, o cenário se agravou (de Alimentos Banco, 2022). Antes da disseminação do SARS-CoV-2, havia 57 milhões de pessoas vivendo em insegurança alimentar no país, desprovidas de acesso pleno e permanente a alimentos (Schappo, 2021). Ademais, em abril de 2021, 116,8 milhões de pessoas passaram a viver em insegurança alimentar, sendo que 43,3 milhões não possuíam acesso aos alimentos em uma quantidade suficiente (insegurança alimentar moderada) e 19 milhões passavam fome (insegurança alimentar grave) (de Paula *et al.*, 2021).

Paralelo ao cenário apresentado destaca-se a produção de pescados no litoral do Estado do Maranhão, como uma das principais fontes de renda de uma parcela significativa da população maranhense, sendo esta prática representativa economicamente e culturalmente como símbolo de riqueza e resistência local (Diniz *et al.*, 2020). Todavia, o consumo de pescados na região Nordeste traz a geração de enormes quantidades de resíduos (vísceras, nadadeiras e/ou escamas de peixes), sendo esses resíduos orgânicos descartados de forma desordenada ou não planejada em lugares impróprios ou ermos. As escamas de peixes geralmente são descartadas em lixões ou despejados no próprio mar, tendo em vista a carência de instruções e incentivos relacionados ao aproveitamento consciente de todo e qualquer resíduo de origem orgânica (Silva *et al.*, 2019).

Nesse sentido, o ramo das energias renováveis, atrelado aos processos termoquímicos como a combustão, pirólise e gaseificação, enfatiza a possibilidade do aproveitamento de resíduos orgânicos, como possíveis fontes geradoras de energias renováveis. De acordo com da Silva (2016), o conceito de bioenergia vem sendo empregado na obtenção de energia a partir das diferentes biomassas, que podem ser transformadas em biocombustíveis, biogás, carvão vegetal ou mesmo por meio da queima direta de resíduos vegetais, dentre outras formas possíveis. Ademais, é conveniente ressaltar que apesar do processo de combustão não ser consideravelmente limpo, uma vez que este emite gases geradores de efeito estufa, mas a combustão de biomassa apresenta emissões ditas neutras para alguns poluentes atmosféricos, por exemplo, o dióxido de carbono (CO₂), o qual participa do ciclo natural do carbono. Outro aspecto importante, é que a biomassa converge para uma fonte de energia com grande disponibilidade no território brasileiro (Santos *et al.*, 2017).

Perante o supracitado, a presente pesquisa objetiva a inovação na caracterização físico-química, morfológica e estrutural das misturas (blendas) de resíduos pesqueiros (escamas de peixes) e alimentícios, mediante o aproveitamento renovável e sustentável de duas fontes de biomassa não correlacionadas em trabalhos anteriores, utilizando a análise elementar (AE), microscopia eletrônica de varredura (imagens MEV) e espectroscopia de infravermelho por transformada de Fourier (FTIR) para posterior aplicação em processos termoquímicos (combustão, pirólise e gaseificação) para produção de bioenergia. Ademais, o estudo também visa apresentar uma alternativa promissora para o destino dos dejetos criados pelo ramo pesqueiro no litoral maranhense e uma viabilidade para a redução do desperdício alimentar, o qual é um problema socioambiental muito preocupante para a nação brasileira.

2. METODOLOGIA

2.1 Coleta e preparação das amostras

As escamas de peixes utilizadas no presente estudo foram coletadas no Mercado do Peixe, localizado na região central da cidade de São Luís (Estado do Maranhão - Brasil), a 2°31'51" Sul (latitude) e 44°18'24" Oeste (longitude) (DB-CITY, 2019). A fim de deixar a amostra a mais heterogênea possível, os resíduos pesqueiros utilizados nesta pesquisa não foram previamente definidos. Na etapa de preparação, as amostras coletadas passaram separadamente por três lavagens em água corrente para eliminação total das impurezas existentes. A seguir, foram levadas à estufa (marca Tecnal - modelo TE-393/80L) para secagem (temperatura média ≈ 60 °C por 48 h) para liberação do excedente de umidade; foram também submetidas à moagem em um moinho de facas (marca Tecnal - modelo TE-648) por 2 h para redução da granulometria e posterior peneiramento para seleção das amostras em tamanhos médios de partículas (≈ 328 μ m). Essa metodologia foi primeiramente empregada no estudo desenvolvido por Cruz (2015).



Figura 1. Etapas de tratamento - escamas de peixes: (a) secagem e (b) peneiramento. Fonte: Os autores (2021).

Por sua vez, os resíduos alimentícios aplicados neste estudo foram coletados na CEASA (Centrais de Abastecimento S/A) da capital maranhense, por intermédio da colaboração dos trabalhadores locais que realizam uma seleção diária de cascas, bagaços e resíduos gerais de frutas e legumes. Após a coleta, os resíduos alimentícios passaram por uma lavagem imediata, devido ao risco de deterioração, sequencialmente, realizou-se o mesmo preparo aplicado às escamas de peixes, o qual foi mencionado anteriormente (secagem em estufa, moagem e seleção granulométrica). A fim de deixar a amostra a mais heterogênea possível, os resíduos alimentícios utilizados também não foram previamente definidos.

2.2 Análise Elementar (AE)

A Análise Elementar (AE) foi utilizada para quantificar os principais elementos químicos (carbono, hidrogênio, nitrogênio, oxigênio e enxofre) da matéria orgânica presentes nas cinco amostras de resíduos pesqueiros e alimentares, que apresentam uma relevante influência sobre as propriedades físico-químicas da biomassa ou biocombustíveis (Cruz, 2015). Os teores dos elementos químicos foram quantificados em um analisador elementar da marca *Perkin Elmer* e modelo 2400 CHNS-O, utilizando $2,0 \pm 0,5$ mg de amostras. O experimento foi realizado na Central de Análises Químicas Instrumentais (CAQI), Instituto de Química de São Carlos (IQSC), Universidade de São Paulo (USP), São Carlos (SP).

2.3 Espectroscopia de Infravermelho por Transformada de Fourier (FTIR)

A Espectroscopia de infravermelho por transformada de Fourier (FTIR) consiste em uma técnica que utiliza uma quantidade mínima de amostras e com instrumentação prática. Essa técnica permite uma avaliação qualitativa de compostos orgânicos, uma vez que cada grupo provoca o aparecimento de bandas no espectro do infravermelho em diferentes frequências vibracionais (Ruschel, 2014). Neste estudo, utilizou-se o infravermelho para a detecção das unidades estruturais dos compostos orgânicos e inorgânicos presentes nas amostras de escamas de peixes, restos de alimentos e as proporções das misturas. Em compostos sólidos, há um número destacado de bandas, correspondendo a um determinado tipo de vibração da rede cristalina (Santos, 2019). As análises foram registradas entre 4000 e 400 cm^{-1} em um espectrofotômetro da marca *Shimadzu* e modelo *IR-Prestige-21*. O experimento foi realizado na Central Analítica de Química (CAQ), Programa de Pós-Graduação em Química (PPGQuim), da Universidade Federal do Maranhão (UFMA).

2.4 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

A microscopia eletrônica de varredura (MEV) foi considerada como uma análise complementar para as amostras aplicadas neste estudo. Essa técnica consiste de uma coluna ótico-eletrônica (canhão de elétrons e sistema de magnificação), unidade de varredura, câmera de amostra, sistemas de detectores e visualização da imagem (Klauss et al., 2003). Nos diferentes compostos empregados para geração de bioenergia, fatores como a composição química e estrutural, o formato e tamanho dos cristais e grãos são de grande importância para a determinação das propriedades físico-químicas, as quais influenciam diretamente nos processos de combustão (Cruz, 2015). As imagens obtidas por meio do MEV foram obtidas em um *Scanning Electronic Microscope*, marca *Leo Electron Microscopy* e modelo LEO440. O experimento foi realizado na Central de Análises Químicas Instrumentais (CAQI), Instituto de Química de São Carlos (IQSC), Universidade de São Paulo (USP), São Carlos (SP).

2. RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.1 Análise Elementar (AE)

Na Tabela 1 são representados os teores de carbono, nitrogênio, hidrogênio, enxofre e oxigênio, obtidos por meio de Análise Elementar (AE) para as amostras de escamas de peixes (100% EP), resíduos alimentícios (100% RA) e as respectivas blendas (75%EP:25%RA; 50%EP:50%RA e 25%EP:75%RA), sendo esses componentes predominantes na constituição de biocombustíveis sólidos (García et al., 2012).

Os valores de carbono (C), hidrogênio (H) e nitrogênio (N) para as amostras isoladas de escamas de peixes, apresentaram-se próximos aos citados por Santos (2008), o qual analisou escamas da espécie piau (*Leporinus obtusidens*), cujos valores foram de 20,16% para carbono; 3,37% para hidrogênio e 6,81% para nitrogênio, valores com diferença absoluta de 0,16%, 0,15% e 0,5%, respectivamente, aos valores encontrados para a amostra 100% EP deste estudo. Com um estudo baseado no potencial de aplicação de escamas de peixes em processos termoquímicos para geração de energia limpa, os efeitos das escamas de peixes analisadas neste projeto também foram identificados no estudo de Silva (2019), o qual detectou porcentagens de 20,32% de C; 3,52 de H; 6,31 de N; 0,79 de S (enxofre) e 69,06% de O.

Por sua vez, a composição elementar dos resíduos alimentícios apresentou unidades próximas às analisadas por Mazzonetto (2021), o qual estudou o potencial energético de resíduos orgânicos no ramo de restaurantes, dos quais os valores encontrados foram 36,36% para carbono; 5,85% para hidrogênio; 5,59% para nitrogênio e 29,70% para

oxigênio. Ademais, uma análise comparativa é destacada com base no estudo de Silva (2021), o qual apresentou uma avaliação físico-química e térmica de resíduos de podas urbanas para fins bioenergéticos, com teores elementares nas folhas próximos aos do presente trabalho como 47,29% de C; 5,835% de H, e 44,94% de O, e com valores como o de Nitrogênio (N) inferiores aos estudados (1,89%).

O método também forneceu níveis de S (enxofre), fator de relevância para uma análise de poluentes. As biomassas podem apresentar teores desse elemento em até 2% para determinadas matérias-primas orgânicas (Kanzac *et al.*, 2011). Ao passo que as emissões de SO_x estão diretamente relacionadas à quantidade de enxofre presente no biocombustível, a redução da concentração desse elemento é a principal maneira para alcançar a redução de emissões gasosas, causadoras de impactos negativos como os gases de efeito estufa e chuva ácida (Cruz, 2015).

Tabela 1. Análise elementar para as diferentes proporções apresentadas.

Biomassas	C (%)	H (%)	N (%)	S (%)	O* (%)
100% RA	39,87±0,00	6,25±0,00	1,67±0,00	n.d.	52,21±0,00
75%RA:25%EP	33,63 ±0,00	4,72 ±0,00	7,96 ±0,00	0,09±0,00	53,60 ±0,00
50%RA:10%EP	33,26 ±0,00	4,90 ±0,00	6,88 ±0,00	0,11 ±0,00	54,85 ±0,00
25%RA:75%EP	36,98 ±0,00	5,89 ±0,00	4,09 ±0,00	n.d.	53,04 ±0,00
100% EP	20,32 ±0,00	3,52±0,00	6,31±1,30	0,79±0,00	69,06±0,00

n.d.: não detectado ou abaixo do limite de detecção do equipamento.

O* = 100% - (%C + %H + %N + %S)

Notou-se que ao decorrer das proporções amostrais citadas na Tabela 1, os teores de carbono (C) e hidrogênio (H) apresentaram uma redução, ao passo que para as amostras com a predominância de escamas de peixes, estes elementos exprimiram um crescimento nos valores obtidos. Em contrapartida, os padrões observados para o nitrogênio (N) e oxigênio (O) tenderam a aumentar à medida que a quantidade de resíduos alimentícios diminuíram, apresentando valores de 1,67% para 6,31% e de 52,21% para 69,06%, respectivamente, para as escamas de peixe, mostrando que esta biomassa influenciou significativamente na composição das misturas. A predominância elementar foi representada pelos elementos químicos carbono e oxigênio, enquanto que, o conteúdo de hidrogênio e nitrogênio apresentaram valores inferiores com relação aos demais elementos, sendo tal cenário possivelmente justificável pela presença de elementos que majoritariamente constituem a estrutura de colágeno nas escamas de peixes (Silva *et al.*, 2019).

Segundo Telmo (2010), espera-se que a análise elementar para uma biomassa lignocelulósica identifique valores para os conteúdos de carbono entre 47,0 e 54,0%; hidrogênio de 5,6 a 7,0%; oxigênio de 40,0 a 44,0%; nitrogênio de 0,1 a 0,5% e enxofre próximo a 0,1%. O vigente estudo revelou a presença de enxofre (S) com níveis inferiores a 1,0% em todas as amostras de biomassas, característica esta também citada por Santos (2008), o qual afirmou que as biomassas lignocelulósicas podem apresentar valores de enxofre em até 2,0% para determinados materiais orgânicos. A redução na concentração deste elemento tipicamente poluente é uma das principais estratégias de combate aos gases que geram o efeito estufa, possivelmente, pela minimização na formação de óxidos (SO) e dióxidos de enxofre (SO₂), os quais também deterioram as partes metálicas dos equipamentos térmicos laboratoriais ou industriais (Cruz, 2015).

2.2 Microscopia Eletrônica de Varredura (imagens MEV)

Os micrográficos representados por imagens MEV apresentam as características morfológicas dos compostos isolados e as misturas de escamas de peixes e resíduos alimentícios nas diferentes proporções, as quais foram analisadas em diferentes ampliações - 60, 200 e 500 vezes, facilitando a visualização amostral em diferentes pontos das amostras estudadas. Na Figura 2, constituída de uma mistura 50%RA:50%EP, observou-se uma desordem estrutural, além de uma fragmentação dos compostos, possivelmente decorrentes do processo de moagem das amostras.

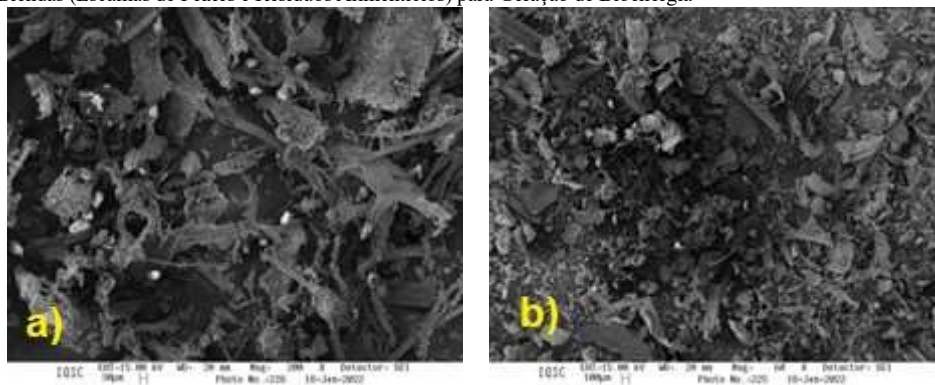


Figura 2. Micrográficos de MEV para a amostra 50%RA:50%EP em uma ampliação de: (a) 200x e (b) 60x.
Fonte: Os autores (2021).

As imagens MEV da Fig. 2 também exibiram um aspecto reduzido para as partículas amostrais, com a presença de compósitos no formato de pequenos cristais de quartzo e com um espaço reduzido entre estas (espaço amorfo) (Silva *et al.*, 2019), característica facilmente identificável ao se densificar 100% do material de amostra pura de escamas de peixes em comparação com as blendas.

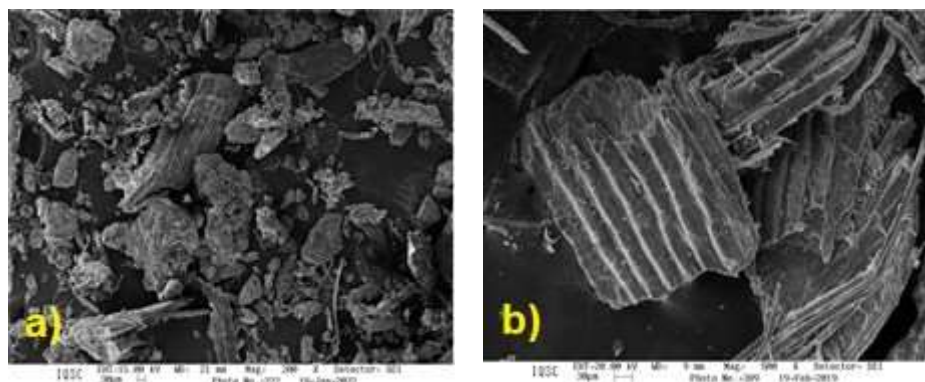


Figura 3. Micrográficos de MEV para as amostras (a) 75%RA:25%EP (200x) e (b) 100%EP (500x)
Fonte: Os autores (2021).

Os resultados apresentaram-se semelhantes aos obtidos por Rovaris (2012), que ao comparar as imagens de MEV das misturas compostas por resíduos sólidos e líquidos provenientes da extração de óleo de soja, considerou que com o tratamento físico de expansão, as organelas proteicas apresentaram uma desordem estrutural, como foi possível ser observado na Fig. 3. Desse modo, o autor destacou também a promoção de um aspecto oleaginoso das amostras e, conseqüentemente, uma possível extração desse óleo estudado, essa aparência também foi apontada nas amostras de resíduos alimentícios puros e nas misturas.

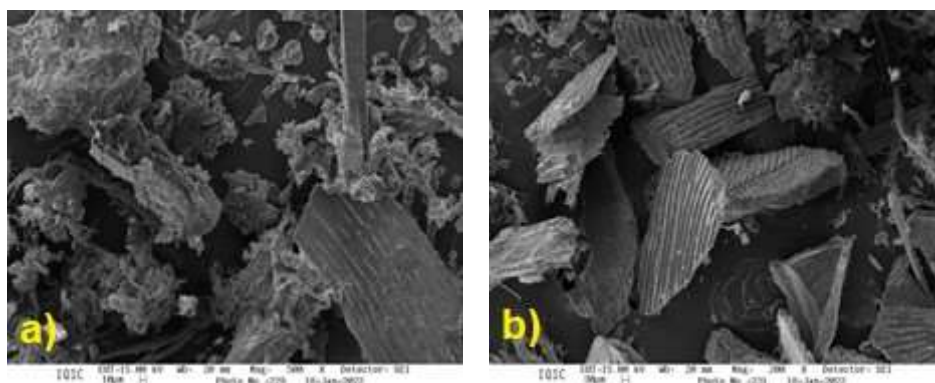


Figura 4. Micrográficos de MEV para a amostra composta por 75%RA:25%EP e com amplitude de: (a) 500x e (b) 200x. Fonte: Os autores (2021).

Na Figura 4, notou-se que nas amostras com predominância de escamas de peixes, foi possível observar a presença de fibras, lamelas e indícios de estruturas semelhantes ao colágeno (Ikoma *et al.*, 2003). Entretanto, a Figura 4b exibiu algumas estruturas cristalinas, além de materiais dispersos sobre as superfícies das amostras citadas, os quais devido à aparência hexagonal apontaram, possivelmente, para a presença de um mineral do tipo hidroxiapatita (Silva *et al.*, 2019).

2.3 Infravermelho por Transformada de Fourier (FTIR)

A análise de Infravermelho por transformada de Fourier (Fig. 5) possibilitou o levantamento dos principais grupos funcionais presentes nas amostras de escamas de peixes, resíduos de alimentos e as respectivas misturas. A Tabela 2 exibe uma relação dos principais grupos encontrados nas composições do presente trabalho. O levantamento de dados possibilitou a comparação entre as proporções amostrais, bem como as diferentes intensidades espectrais.

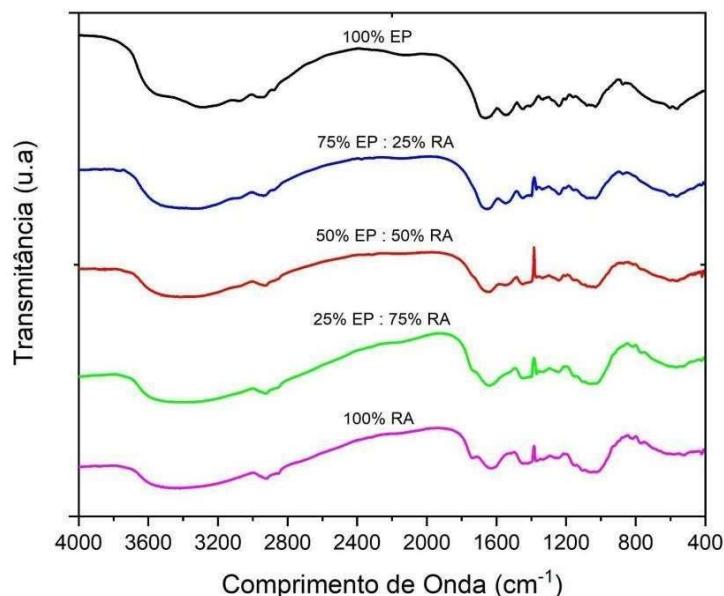


Figura 5. Espectrômetros de Infravermelho por Transformada de Fourier para as amostras puras e misturas de escamas de peixes e resíduos alimentícios. Fonte: Os autores (2021).

A banda localizada em 3483 cm^{-1} para os espectros das misturas de resíduos alimentícios e escamas de peixes, revelou a existência do grupo funcional hidroxila (O-H), o qual caracteriza a formação de álcoois, uma das principais substâncias utilizadas como combustível em motores a explosão ou combustão interna (Silva *et al.*, 2019). A banda apresentada na faixa de 1246 cm^{-1} representa o grupo dos alcenos (C_nH_{2n}), constituintes gasosos de uma pequena quantidade dos gases naturais e do petróleo, bem como o eteno (C_2H_4) que é extraído pelo processo de craqueamento químico (*cracking process*) (Silva *et al.*, 2019).

Tabela 2. Principais grupos funcionais encontrados nas amostras puras e respectivas blendas.

Grupos Funcionais	Comprimentos de onda (cm^{-1})				
	75%RA: 25%EP	50%RA: 25%EP	50%CC: 50%EP	25%CC: 75%EP	100% EP
O-H	3447	3449	3450	3451	3451
C-H	2921	2922	2923	2923	2925
C=O	1745	1750	1752	1751	1751
C-O	1249	1250	1251	1251	1252
C=C	1635	1635	1639	1640	1652
N-H	3447	3448	3450	3451	3451
CH_2	1436	1438	1440	1441	1443
C-N	1249	1249	1252	1257	1259
S=O	1036	1040	1042	1043	1045

Fonte: Os autores (2021).

Os picos compreendidos entre 2300 e 2400 cm^{-1} estão relacionados às ligações C=O (Kok *et al.*, 2017; Musselim *et al.*, 2018). Além disso, as bandas localizadas em 1439 e 864 cm^{-1} correspondem à ligação C-O, as quais são características dos grupos carbonatos (CO_3^{2-}), constituintes importantes de células combustíveis e incorporados na estrutura da apatita (Siva *et al.*, 2019). As bandas de absorção encontradas em 1060 e 576 cm^{-1} referem-se ao modo vibracional dos íons fosfatos (PO_4^{3-}), presentes na rede cristalina de hidroxiapatita (Ikoma, 2003; Rigo, 2007; Santos 2008; Silva *et al.*, 2019).

3. CONCLUSÃO

Utilizando como campo de estudo a região litorânea do Estado do Maranhão, realizou-se uma avaliação das propriedades físico-químicas e morfoestruturais das misturas compostas por escamas de peixes e resíduos alimentícios em diferentes proporções, como uma promissora alternativa para geração de bioenergia por meio de processos de termoconversão. Ademais, ressaltou-se a importância da implantação de um destino adequado para esses resíduos e um aproveitamento sustentável, desse modo, preservando o meio ambiente e recursos naturais.

A Análise Elementar exibiu valores próximos, quando comparados a outros trabalhos consultados, representando uma maior eficiência na composição, a qual é parte integrante das biomassas e estas são fontes geradoras de energia limpa e renovável. Essa análise também exibiu uma tendência que os teores de carbono e hidrogênio sofreram uma redução à medida que a proporção de resíduos alimentícios era retirada das misturas, mostrando que estes aprimoraram a estrutura composicional da biomassa.

Os espectros de FTIR afirmaram a presença das principais bandas e grupos funcionais, sendo esses um forte indicativo para aplicações no ramo de biocombustíveis. As imagens MEV demonstraram propriedades como o aspecto superficial das blendas, a apresentação de uma característica oleaginosa e de fácil extração, e a presença de diferentes compostos minerais. Estas análises em conjunto revelaram um potencial energético das amostras por semelhança entre os grupos funcionais de biocombustíveis e da utilização de biomassas oleaginosas já comumente utilizadas na geração de bioenergia.

Em síntese, o presente trabalho, em uma análise territorial e cultural da região litorânea de um dos estados com maior produção pesqueira no Nordeste brasileiro, possibilitou um detalhamento das principais características físico-químicas e morfológicas presentes em dois materiais orgânicos típicos da região, de maneira isolada e nas respectivas blendas, com a finalidade de produção de um novo material bioenergético genuinamente maranhense. Desse modo, a aplicação deste estudo possibilita uma alternativa ecologicamente e economicamente viável para as comunidades litorâneas, a fim de solucionar a problemática da geração de resíduos provenientes das atividades econômicas locais, ressaltando-se a importância dos experimentos práticos em futuros trabalhos, de modo a aplicar a tecnologia das blendas na geração de recursos renováveis.

4. REFERÊNCIAS

- de Alimentos Banco. O Brasil que come, alimenta o que tem fome. 2022. Disponível em: <https://bancodealimentos.org.br/o-brasil-que-come-alimenta-o-que-tem-fome/>. Acesso em: 05.03.2022.
- Costa, B. S., Diz, J. B. M., & de Oliveira, M. L. (2018). Cultura de consumismo e geração de resíduos. *Revista Brasileira de Estudos Políticos*.
- Cruz, G. (2015). *Características Físico-Químicas de Biomassas Lignocelulósicas e a Correlação Entre Suas Emissões e Os Resíduos Gerados Sob Diferentes Condições Atmosféricas Em Um Forno Tubular de Queda Livre (DTF)* (Doctoral dissertation, Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica), Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos).
- Cruz, G., Rodrigues, A. D. L. P., da Silva, D. F., & Gomes, W. C. (2021). Physical–chemical characterization and thermal behavior of cassava harvest waste for application in thermochemical processes. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 143(5), 3611-3622.
- de Oliveira Rigaud, J. P., & Tavares Filho, R. A. (2019). Desperdício alimentar: impactos e simbolismos do consumo globalizado. *Revista Ingesta*, 1(2), 109-110.
- de Paula, N. M., & Zimmermann, S. A. (2021). A insegurança alimentar no contexto da pandemia da covid-19 no Brasil. *Revista NECAT-Revista do Núcleo de Estudos de Economia Catarinense*, 10(19), 56-67.
- Diniz, A. L. C., Sousa, A. K. R., França, A. P., Freitas, J., dos Santos Batista, W., & de Moraes Lenz, T. (2020). O uso múltiplo da área de pesca do município de Raposa, Maranhão/Brasil/The multiple use of the fishing area in the municipality of Raposa, Maranhão/Brazil. *Brazilian Journal of Development*, 6(2), 6999-7010.

- Ikoma, T., Kobayashi, H., Tanaka, J., Walsh, D., & Mann, S. (2003). Physical properties of type I collagen extracted from fish scales of *Pagrus major* and *Oreochromis niloticus*. *International journal of biological macromolecules*, 32(3-5), 199-204.
- Kök, M. V., Varfolomeev, M. A., & Nurgaliev, D. K. (2017). Crude oil characterization using tga-dta, tga-ftir and tga-ms techniques. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 154, 537-542.
- Mazoneto, A. W., Carniel, R. B. F., Catala, L. B., & da Costa Pedro, A. (2021). Avaliação do potencial energético dos resíduos orgânicos de um restaurante de Tietê/SP—um estudo de caso. *Bioenergia em Revista: Diálogos (ISSN: 2236-9171)*, 11(1), 58-77.
- Rovaris, Â. A. (2012). Caracterização dos resíduos sólidos e líquidos obtidos a partir da extração do óleo de soja (Glycine max) sem solvente.
- Santos, G. H. F., do Nascimento, R. S., & Alves, G. M. (2017). Biomassa como energia renovável no Brasil. *Uningá Review Journal*, 29(2).
- Schappo, S. (2021). Fome e insegurança alimentar em tempos de pandemia da covid-19. *SER Social*, 23(48), 28-52.
- da Silva, J. B. S., Torquato, L. D. M., Crnkovic, P. M., & Cruz, G. (2021). Investigation of the urban pruning wastes as biofuels and possible utilization in thermal systems. *Brazilian Journal of Development*, 7(3), 24730-24750.
- Silva, A. V. S., Torquato, L. D. M., & Cruz, G. (2019). Potential application of fish scales as feedstock in thermochemical processes for the clean energy generation. *Waste Management*, 100, 91-100.
- Silva, R. C. Proposta de um modelo de gerenciamento dos resíduos orgânicos gerados na CEASA (MA): Uma aplicação da Economia Circular, 2020. 64f. Dissertação de Mestrado em Meio Ambiente – Universidade Ceuma, Maranhão.
- Telmo, C., Lousada, J., & Moreira, N. (2010). Proximate analysis, backwards stepwise regression between gross calorific value, ultimate and chemical analysis of wood. *Bioresource technology*, 101(11), 3808-3815.

5. RESPONSABILIDADE AUTORAL

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho.

SPECTROSCOPIC AND MORPHOLOGICAL CHARACTERIZATION OF BLENDS (FISH AND FOOD WASTE) FOR BIOENERGY GENERATION

Mariana da Silva Melo, melo.mariana@discente.ufma.br¹

Ayrton Pablo Raiol Monroe, ayrton.pablo@discente.ufma.br²

Jefferson Rodrigues Ferreira, jefferson.rodrigues@discente.ufma.br²

Julie Brenda Santos da Silva, julie_brenda@hotmail.com³

Glauber Cruz, cruz.glauber@ufma.br^{2,3}

¹Federal University of Maranhão, Department of Chemical Engineering, Avenida dos Portugueses, 1966, Vila Bacanga, São Luís (MA).

²Federal University of Maranhão, Department of Mechanical Engineering, Processes and Thermal Systems Laboratory, Avenida dos Portugueses, 1966, Vila Bacanga, São Luís (MA).

³Federal Institute of Maranhão, Post-Graduate Program in Mechanical Engineering, Department of Mechanics and Materials, Avenida Getúlio Vargas, 04, Monte Castelo, São Luís (MA).

Abstract: In the context of modern society, the issue of food waste is a predominant factor in socioenvironmental and economic aspects. In parallel to this scenario, fish production in the Maranhão State is notorious as one of the most representative economic activities on the Brazilian coast. However, this activity generates large amounts of waste (viscera, fins and/or fish scales) that are discarded in inappropriate places. Therefore, this study aims at a sustainable use, provided by the mixtures of food waste (CEASA, São Luís - Maranhão) and fish scales (Fish Market), as a potential alternative source of energy production, in addition to the proper final disposal of the respective waste. The physicochemical properties and morphological characteristics of the pure samples and mixtures of food waste (FW) and fish scales (FS) were performed in the proportions: 100% FS; 75%FS:25%FW; 50%FS: 50%FW; 25%FS:75%FW and 100% FW by ultimate analysis (UA), Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR) and scanning electron microscopy (SEM images). The ultimate analysis (UA) allowed to identify the main chemical elements (C, O, N, H and S) present in the mixtures, as well as their behavior over the proportions tested. The FTIR spectra of the mixtures in relation to the pure samples exposed the majority of the carbon and oxygen elements in their composition, in addition to the presence of aromatic hydrocarbons, which are important in the biofuels sector. The presence of methyl radical (derived from methane) was also detected. CH₄ a greenhouse gas, which under appropriate conditions, is used as biogas to generate bioenergy. The SEM images of the blends, when compared to the pure samples showed relevant changes in surfaces, with heterogeneous pores evidenced, in addition amorphous regions and porous surfaces were observed. In front of the exposed, it is desired not only to propose new alternatives for the field of renewable energies, but also to reduce socioenvironmental impacts, resulting from an archaic and inadequate management of food and fish waste.

Keywords: renewable energies, biofuels, sustainable use, socio-environmental impacts.