

UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS SOCIAIS, SAÚDE E TECNOLOGIA
CURSO DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS

SABRINA CYNTHIA DE ARAÚJO RAMALHO

OBTENÇÃO E CARACTERIZAÇÕES TÉRMICAS E ESPECTROSCÓPICA DE FILME À
BASE DE ÁGUA DE COCO EM PÓ

IMPERATRIZ

2020

SABRINA CYNTHIA DE ARAÚJO RAMALHO

OBTENÇÃO E CARACTERIZAÇÕES TÉRMICAS E ESPECTROSCÓPICA DE FILME À
BASE DE ÁGUA DE COCO EM PÓ

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Engenharia de Alimentos do Centro de Ciências Sociais, Saúde e Tecnologia da Universidade Federal do Maranhão – UFMA, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Alimentos.

Orientador: Prof. Dr. Cléber Cândido da Silva

IMPERATRIZ

2020

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Núcleo Integrado de Bibliotecas/UFMA

de Araújo Ramalho, Sabrina Cynthia.

Obtenção e caracterizações térmicas e espectroscópica de filme à base de água de coco em pó / Sabrina Cynthia de Araújo Ramalho. - 2020.

31 f.

Coorientador(a): Pedro de Freitas Façanha Filho.

Orientador(a): Cléber Cândido da Silva.

Curso de Engenharia de Alimentos, Universidade Federal do Maranhão, Universidade Federal do Maranhão, 2020.

1. Água de coco em pó. 2. Análises Térmicas. 3. Espectroscopia. 4. Filme alimentício. I. Cândido da Silva, Cléber. II. de Freitas Façanha Filho, Pedro. III. Título.

SABRINA CYNTHIA DE ARAÚJO RAMALHO

OBTENÇÃO E CARACTERIZAÇÕES TÉRMICAS E ESPECTROSCÓPICA DE FILME À
BASE DE ÁGUA DE COCO EM PÓ

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao
Curso de Engenharia de Alimentos do Centro
de Ciências Sociais, Saúde e Tecnologia da
Universidade Federal do Maranhão – UFMA,
como requisito parcial para a obtenção do título
de Bacharel em Engenharia de Alimentos.

Aprovado em: ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Prof.º Dr. Cléber Cândido da Silva (Orientador)
Universidade Federal do Maranhão

Prof.º Dr. Paulo Roberto da Silva Ribeiro (Membro)
Universidade Federal do Maranhão

Prof.º M.e José de Ribamar Macedo Costa (Membro)
Universidade Federal do Maranhão

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu amado Deus na pessoa bendita de Jesus, que me agraciou com Sua bondade e infinita misericórdia. Deu-me vida e vivificou meu ser, salvou-me e me abençoou com toda sorte de bênçãos nos lugares celestiais. Agradeço ao Consolador, que me mostrou o que é o Amor e me deu fé nos dias maus. Louvo ao Senhor pelas pessoas que Ele me ensinou a amar, por me ensinar desde sempre o valor do conhecimento e que sou capaz de ultrapassar minhas limitações. Agradeço ao meu Pai por fazer de mim a mulher que sou.

Ao meu esposo Alex, que cuidou de mim, me dando sustento financeiro e emocional em cada dia. Você é meu braço forte, a minha coroa, meu maior presente. Obrigada por me suprir e acreditar em mim quando eu não conseguia enxergar além. Você me inspirou a ser forte, determinada e uma grande mãe. Não teria chegado aqui sem você.

Ao meu filho, que me ensinou que nenhum desafio é maior que o amor que eu sinto por ele. Ao meu pai, pelos valores ensinados, por lutar por seus filhos, pelos sacrifícios e pelos choros disfarçados de sorrisos. Serás sempre meu herói, pai! À minha mãe e minha madrasta, que me ensinaram que amor e respeito caminham de mãos dadas. À minha irmã mais querida, por nunca ter duvidado do quão longe eu poderia chegar. Obrigada pelo seu encorajamento e todas as conversas, à distância ou não. Cuidar de você me fez crescer, Sádna.

Aos meus amigos, em especial ao EsEA, pelo apoio, encorajamento e por tornar mais felizes e fáceis estes 5 anos. A todos do LER, que me mostraram que ter a humildade de ensinar é superior a qualquer título acadêmico. Ao LAT, na pessoa do professor Paulo, e ao Henrique pelos ajuda e paciência. Ao LEOF, na pessoa da professora Franciana e ao LDRX, na pessoa do professor Adenilson.

Agradeço aos meus orientadores, Dr. Cléber e Dr. Pedro, pela ajuda, paciência, direcionamentos e cuidados para que este trabalho fosse o mais perfeito possível. À Dra. Cristiane Clemente por seu comprometimento com a pesquisa científica.

Agradecimentos à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Maranhão – FAPEMA, e à Universidade Federal do Maranhão – UFMA.

RESUMO

A água de coco é uma bebida muito apreciada por sua gama de benefícios à saúde. Portanto, é de interesse do presente trabalho explorar suas peculiaridades físicas através de análises térmicas e espectroscópica. O método de obtenção do filme à base de água de coco em pó consistiu no preparo de uma solução deste pó, levando em conta seu peso molecular estimado com base no cálculo da sua concentração micelar crítica (CMC), obtendo-se, após secagem a frio, o filme pretendido. A partir das análises térmicas, observou-se que o filme à base de água de coco em pó possui boa estabilidade até 72,45 °C, podendo ser aplicado na indústria nessa faixa de temperatura. Realizou-se também Espectroscopia no Infravermelho com Transformada de Fourier para análise espectroscópica do filme obtido, revelando interações entre moléculas de água e outros componentes orgânicos presentes no filme. A cor quase translúcida do filme obtido é uma importante característica sensorial, além do aroma característico de água de coco. Assim, o filme de água de coco em pó pode ser usado na indústria de alimentos, incorporando nutrientes ou mesmo no revestimento de alimentos para consumo imediato.

Palavras-chave: Filme alimentício, Água de coco em pó, Análises Térmicas, Espectroscopia.

SUMÁRIO

Relevância do trabalho.....	8
Abstract	10
Practical application.....	10
1 Introdução	11
2 Materiais e métodos.....	13
2.1 Elaboração do Filme	13
2.2 Análises Térmicas	13
2.2.1 TG/DTG e DTA.....	13
2.2.2 DSC.....	14
2.3 Espectroscopia no Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR).....	15
3 Resultados e discussão.....	16
3.1 Obtenção do filme.....	16
3.2 Análises Térmicas	19
3.2.1 TG/DTG e DTA.....	19
3.2.2 DSC.....	21
3.3 Espectroscopia no Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR).....	22
4 Conclusões	23
Agradecimentos	23
REFERÊNCIAS.....	23
ANEXO.....	26

1 **Relevância do trabalho**

2

3 Na intenção de preservar a qualidade dos alimentos *in natura*, os filmes alimentícios
4 constituem-se em importantes inovações tecnológicas na indústria de alimentos. Devido ao
5 elevado consumo da água de coco e sua relevância nutricional, a água de coco em pó surge
6 como produto alternativo que preserva todas as características físico-químicas e nutricionais
7 quando na forma líquida, além de ampla aplicabilidade tecnológica. Assim, esse estudo objetiva
8 a obtenção de um filme alimentício à base de água de coco em pó e sua caracterização por
9 análises térmicas e Espectroscópicas.

10

11 Getting and thermal and spectroscopic characterizations of coconut powder water-based film

12

13

Obtenção e caracterização de filme alimentício

14 **Autoria**

15

16 Sabrina Cynthia de Araújo Ramalho, Pedro de Freitas Façanha Filho, Cléber Cândido da

17 Silva.

18

19 RAMALHO, S.C.A.¹, FILHO, P.F.F.¹, SILVA, C.C.^{1*}

20

21 ¹Curso de Engenharia de Alimentos, Universidade Federal do Maranhão, Centro de Ciências

22 Sociais, Saúde e Tecnologia, Imperatriz, Maranhão, Brasil, E-mails:

23 smoraisdearaujo@gmail.com, freitasfacanha@gmail.com, cleber.silva@ufma.br

24

25 * Autor correspondente: Universidade Federal do Maranhão, Coordenação de Engenharia de

26 Alimentos, Av. da Universidade, s/n, Bairro Dom Afonso Felipe Gregory – Imperatriz /MA,

27 CEP: 65900-410, Fone: (99) 98122.0932, e-mail: cleber.silva@ufma.br.

28

ABSTRACT

29 Coconut water is a drink much appreciated for its range of health benefits. Therefore, it is of
30 interest in the present work to explore its peculiarities using methods of thermal and
31 spectroscopic analysis. The test method for powdered coconut water films consists of not
32 preparing a solution of this powder, taking into account its estimated molecular weight based
33 on the calculation of its critical micellar concentration (CMC), obtaining, after cold, the
34 intended film. From the thermal analysis, which can be filmed based on powdered coconut
35 water, it has good stability up to 72.45 °C and can be applied in the industry in this temperature
36 range. Fourier Transform Infrared Spectroscopy was also performed for spectroscopic analysis
37 of films heard, revealing interactions between water molecules and other components used in
38 the films. The almost translucent color of the film is an important sensory characteristic, in
39 addition to the characteristic aroma of coconut water. Thus, powdered coconut water film can
40 be used in the food industry, incorporating nutrients or even food coating for immediate
41 consumption.

42

43 **Key-words:** Food film, powdered coconut water, thermal analysis, spectroscopy.

44

45 **Practical application**

46 A água de coco é uma bebida com pouca variedade no mercado e altamente perecível,
47 abrindo margem para o emprego de tecnologias de processamento que nem sempre mantêm
48 intactas suas características sensoriais. Investir no desenvolvimento de filmes alimentícios,
49 tendo como base a água de coco em pó, é investir em tecnologias alternativas de consumo desse
50 produto, trazendo inovação à indústria de alimentos e benefícios ao consumidor.

51 1 Introdução

52 É evidente a crescente demanda de inovação tecnológica no setor alimentício, seja para
53 agregar mais valor nutritivo e comercial, seja para prolongar o *shelf life* dos alimentos, mas com
54 o mínimo de aditivos. Essa demanda é fomentada pela preocupação do consumidor com a saúde
55 física e mental, sobretudo física, uma vez que os alimentos “industrializados” são vistos como
56 vilões da saúde e da boa forma nos últimos anos. E com o veganismo cada vez mais difundido
57 no mundo, a indústria de alimentos se vê desafiada a contemplar esse público com mais opções
58 e melhores preços.

59 Nesse cenário, a proteína vegetal vem se tornando um expoente no setor alimentício.
60 Tal destaque deve-se à sua ampla gama de aplicações direcionadas à produção de alimentos
61 (Rodsamran & Sothornvit, 2018), somado ao seu potencial para a formação de filmes versáteis,
62 biodegradáveis, biocompatíveis e atóxicos (Rodsamran & Sothornvit, 2019). Além disso,
63 proteína vegetal atende a todos os perfis de consumismo.

64 A espécie *Cocos nucifera L.*, o coqueiro, possui duas variedades principais: gigante e
65 anão (Filho & Gastoni, 2010). A variedade anão, por sua vez, apresenta as subvariedades verde,
66 amarelo e vermelho, tendo se originado de uma mutação gênica da variedade gigante,
67 adquirindo precocidade e volume maior de produção em relação àquele (Filho & Gastoni,
68 2010). No Nordeste brasileiro, a cocoicultura é considerada a segunda cultura frutífera em
69 importância econômica, com produção acentuada no litoral do Brasil (Filho & Gastoni, 2010).
70 O líquido endospermico no interior do coco é estéril e tem como principal componente químico
71 açúcares redutores e não redutores (Carvalho et al., 2006; Câmara et al., 2011), sendo composta
72 também por proteínas (cerca de 370 mg/100 mL), vitaminas, como o ácido ascórbico e o ácido
73 fólico, minerais, como sódio e potássio (Richter et al., 2005), e antioxidantes (Fonseca et al.,
74 2009).

75 Por causa de sua riqueza nutricional e alta perecibilidade, tecnologias de processamento
76 vêm sendo aplicadas para prolongar o tempo de prateleira da água de coco e garantir seu
77 consumo fora das regiões de plantio. Como resultado, a ACP Nutrition obteve a transformação
78 do endosperma líquido em água de coco em pó (ACP) pela técnica *spray dryer*, surgindo como
79 um produto natural alternativo que preserva todas as características físico-químicas e
80 nutricionais que o líquido endospermico possui. Por se encontrar padronizada e estabilizada na
81 forma de pó, pode ser comercializada em centros que não dispõem da cocoicultura (Câmara et
82 al., 2011).

83 Filmes biodegradáveis, assim como outros revestimentos de base biológica e
84 comestíveis, têm sido extensivamente desenvolvidos nas últimas décadas e, em sua maioria,
85 são baseados em polissacarídeos, proteínas e lipídios (Rodsamran & Sothornvit, 2019). Os
86 filmes à base de proteínas, segundo afirmam Ou et al. (2005), fornecem uma melhor barreira
87 aos gases, assim como propriedades mecânicas mais desejáveis em comparação aos filmes
88 baseados em lipídios e polissacarídeos. Por isso, a considerável quantidade de aminoácidos
89 (essenciais e não essenciais) presentes na água de coco faz dela uma fonte potencial na
90 elaboração de filmes vegetais biodegradáveis e comestíveis, além do fator nutricional intrínseco
91 a esse líquido.

92 Diante do apresentado, o presente estudo objetiva obter um filme alimentício à base de
93 água de coco em pó (ACP) e caracterizá-lo por Espectroscopia no Infravermelho com
94 Transformada de Fourier (*Fourier Transform Infrared Spectroscopy* - FTIR) e por
95 Termogravimetria (*Thermogravimetric Analysis* - TGA), Análise Térmica Diferencial
96 (*Differential Thermal Analysis* - DTA) e Calorimetria Exploratória Diferencial (*Differential*
97 *Scanning Calorimeter* - DSC). Os resultados obtidos poderão inaugurar uma nova linha de
98 pesquisa em inovação no setor alimentício, e dar novas perspectivas ao consumo da água de
99 coco em pó.

100 2 Materiais e Métodos

101 2.1 Elaboração do Filme

102 A proporção de soluto e solvente foi efetuada com base no cálculo teórico do peso
103 molecular da ACP, a partir de seus componentes principais (carboidratos, aminoácidos,
104 vitaminas, proteínas e minerais), obtendo-se 165 g/mol. Sua concentração micelar crítica
105 (CMC) pode ser determinada através de mudanças bruscas no comportamento de algumas
106 propriedades físicas em solução, como a espalhamento de luz, viscosidade, condutividade
107 elétrica, tensão superficial, pressão osmótica e capacidade de solubilização de solutos.

108 O experimento para determinar a CMC da ACP foi realizado com a preparação de
109 soluções de ACP, com massas variando de 0,5 g a 190 g dissolvidas em 100 mL de água
110 destilada. A condutividade elétrica foi medida de cada solução com o condutivímetro
111 *KEITHLEY Programmable Electrometer 617* e confrontada com a sua devida concentração
112 (mol/L) em um gráfico.

113 O Filme foi preparado a partir de uma solução contendo 19,1594 g de ACP dissolvidos
114 em 200 mL de água destilada, que foram dispostos em um béquer de vidro. Após sua completa
115 solubilização, verteu-se a solução em vidro relógio e incubou-se na geladeira (Marca: Consul®;
116 Modelo: CRD37EBBNA) do Laboratório de Operações Unitárias da Universidade Federal do
117 Maranhão em Imperatriz, entre 7,0 °C e 8,0 °C. A solução permaneceu sob essa temperatura
118 por, aproximadamente, 21 dias.

119

120 2.2 Análises Térmicas

121 2.2.1 TG/DTG e DTA

122 No tocante à Termogravimetria (TG/DTG), as curvas de variação de massa em função
123 da temperatura geradas nessas análises permitem obter conclusões sobre a estabilidade térmica
124 da amostra, sobre a composição e estabilidade dos compostos intermediários e sobre a

125 composição de resíduo. A análise térmica diferencial (DTA) caracteriza-se por ser uma técnica
126 térmica de medição contínua da diferença de temperatura entre a amostra e um material de
127 referência termicamente inerte, conforme ambos vão sendo aquecidos ou resfriados em um
128 forno (Ionashiro, 2004).

129 Na intenção de se estudar tais variação de massa e de temperatura no filme de ACP e na
130 ACP pura, as análises térmicas TG/DTG-DTA foram realizadas em analisador térmico modelo
131 DTG-60, da *Shimadzu Instruments*, com balança tipo “*top plan*” de guia diferencial paralela e
132 com dois termopares (um para a amostra e outro para a referência). Os parâmetros instrumentais
133 para a análise TG-DTA no filme foram: 2,179 mg da amostra pulverizada, cadinho de Alumina,
134 atmosfera inerte de Nitrogênio com fluxo de gás de 50 mL/min, razão de aquecimento de 10
135 °C/min e intervalo de temperatura de 24 °C a 900 °C. A mesma análise se deu em iguais
136 parâmetros para a ACP pura, com massa de 1,568 mg da amostra pulverizada.

137

138 2.2.2 DSC

139 A análise térmica por Calorimetria Exploratória Diferencial (DSC) uma técnica na qual
140 se mede a diferença de energia fornecida à amostra e a um material referência em função da
141 temperatura, enquanto ambos são submetidos a uma programação controlada de temperatura.
142 Através das técnicas DTA e DSC, é possível acompanhar os efeitos de calor associados com
143 alterações físicas ou químicas da amostra, tais como transições de fase e reações capazes de
144 causar variações de calor – desidratação, dissociação, decomposição, oxirredução etc.
145 (Ionashiro, 2004).

146 Para a amostra de ACP, a análise por DSC foi realizada no Calorímetro Diferencial de
147 Varredura DSC – 60 da *Shimadzu Instruments*, que apresenta princípio de funcionamento por
148 fluxo de calor, e permite a determinação de valores calóricos, como calor de fusão ou calor de
149 cristalização da amostra. Tal análise se deu sob os seguintes parâmetros: 1,673 mg da amostra

150 pulverizada, cadinho de Alumínio, atmosfera de Ar com fluxo gasoso de 50 mL/min; razão de
151 aquecimento de 10 °C/min e intervalo de temperatura de 24 °C a 180 °C. Para a ACP pura,
152 utilizou-se 1,630 mg de amostra pulverizada e os mesmos parâmetros de medida aplicados à
153 amostra do filme.

154

155 2.3 Espectroscopia no Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR)

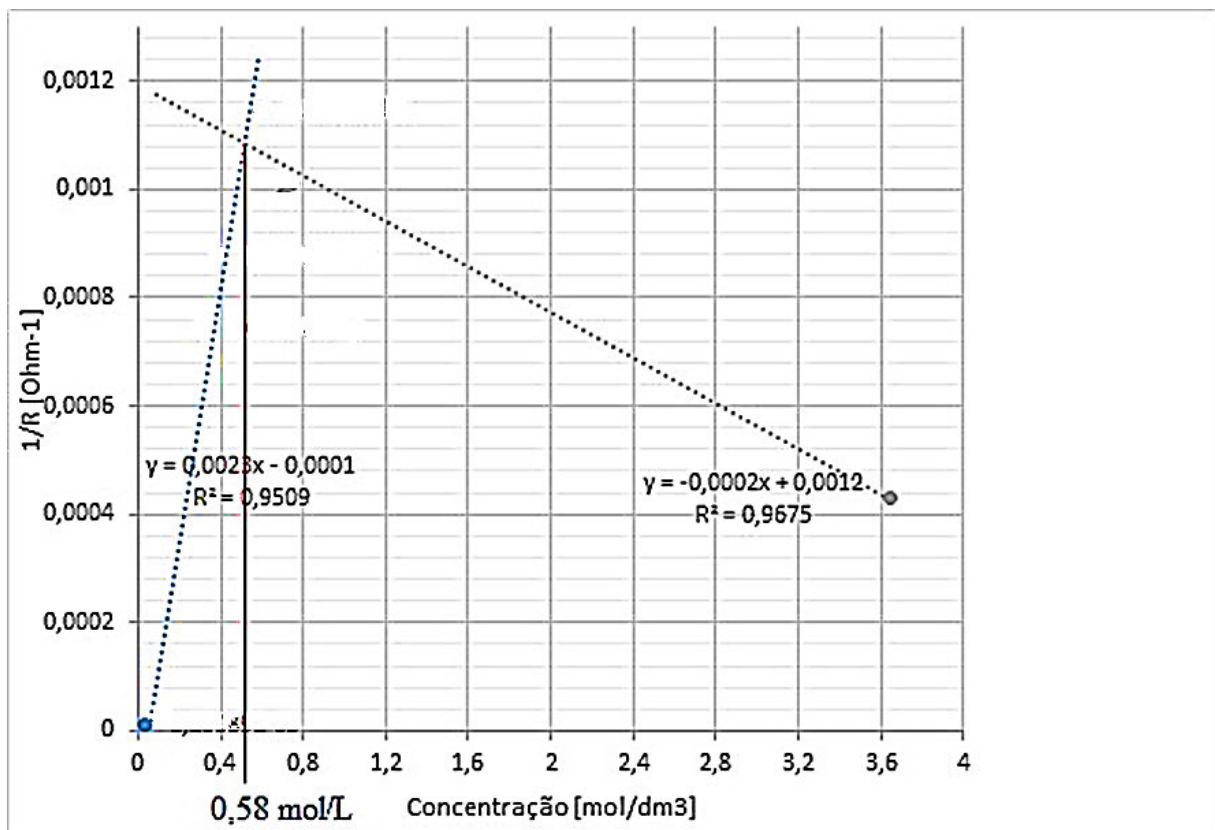
156 Em sua maioria, os compostos que tenham ligações covalentes, orgânicos ou
157 inorgânicos, absorvem várias frequências de radiação eletromagnética na região do
158 infravermelho do espectro eletromagnético. As moléculas, ao absorverem radiação no
159 infravermelho, são excitadas para atingir um estado de maior energia, tratando-se de um
160 processo quantizado, podendo absorver apenas frequências (energias) selecionadas de radiação
161 do infravermelho. Esse processo de “excitação” corresponde a alterações de energia da ordem
162 de 8 a 40 kJ/mol, faixa que engloba frequências vibracionais de estiramento e dobramento das
163 ligações na maioria das moléculas mais covalentes. Aos estudiosos, uma região bastante
164 interessante no espectro é a do infravermelho vibracional (40 a 4000 cm⁻¹), que é diretamente
165 proporcional ao nível de energia em que a molécula está (Pavia et al., 2010).

166 Para a caracterização espectroscópica da amostra no FTIR (*Fourier Transform Infrared*
167 *Spectroscopy*), utilizou-se o espectrômetro Vertex 70v da *Bruker*. A amostra do filme foi
168 pulverizada e prensada (aplicação de oito toneladas sobre a amostra durante 30 segundos) na
169 relação de 1% do material cristalino pulverizado, o equivalente a 2 mg do filme, e 99% (198
170 mg) de Brometo de Potássio (Marca: *Sigma-Aldrich*; Pureza \geq 99%). A obtenção dos espectros
171 ocorreu em 15 ciclos (*scans*) e a resolução espectral do equipamento foi de 4 cm⁻¹, sendo o
172 intervalo espectral analisado de 400 a 4000 cm⁻¹, na região do infravermelho médio (*Mid-*
173 *Infrared*).

174 **3 Resultados e discussão**

175 **3.1 Obtenção do filme**

176 O ponto de encontro entre a condutividade e a concentração nos dá o valor da CMC, em
177 que se tem a saturação do meio encontrada como sendo 0,58 mol/L. Esse valor exibe a
178 referência para se conseguir calcular a massa necessária para se preparar a solução utilizada na
179 formação do filme.



180
181 Figura 1 – Determinação do CMC da ACP

182
183 Através de uma regra de três simples, obteve-se o valor de 165 g.mol⁻¹ como peso
184 molecular teórico da água de coco em pó. Esse valor considera os principais componentes da
185 ACP a cada 100 g de amostra, conforme registrado na Tabela 1.

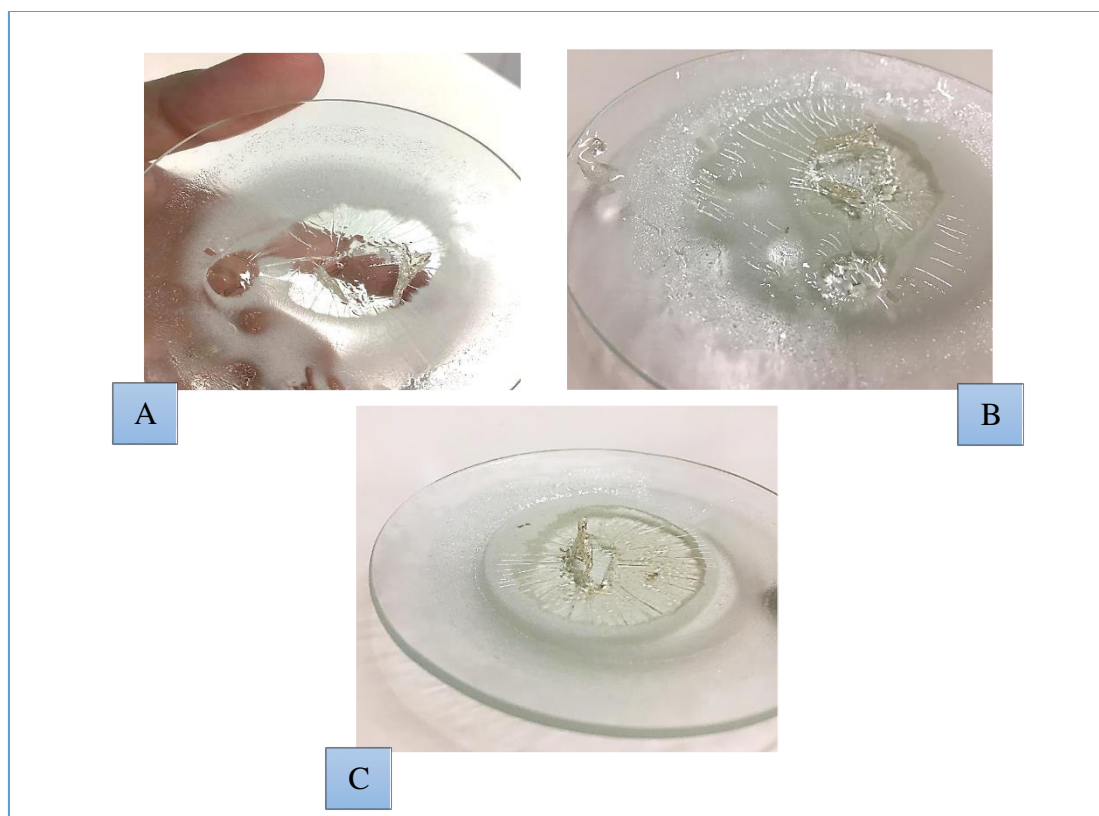
186 Tabela 1 – Principais componentes químicos da água de coco em pó.

COMPOSIÇÃO QUÍMICA A CADA 100 g DE ACP	
Calorias de Carboidratos (kcal)	372
Calorias de Lipídios (kcal)	3

Calorias de Proteínas (kcal)	4
Carboidrato, por diferença (g)	93,00
Calorias de Lipídios (kcal)	3
Frutose (g)	50,02
Glicose (g)	34,97
Sacarose (g)	3,00
Proteína (g)	0,90
Gorduras totais (g)	0,300
Fibra, total alimentar (g)	4,30
Fibra Alimentar Insolúvel (g)	4,10
Fibra Alimentar Solúvel (g)	0,20
Umidade (g)	3,00
Sólidos Totais (g)	97,01
Osmolaridade (mOsm/Kg H ₂ O; 10g em 100 ml)	210
Grau de saturação em água g/ml	0,8
MINERAIS	
Potássio, K (mg)	250,000
Sódio, Na (mg)	105,000
Fósforo, P (mg)	45,200
Cálcio, Ca (mg)	39,000
Magnésio, Mg (mg)	25,000
Manganês, Mn (mg)	1,100
Ferro, Fe (mg)	0,300
Potássio, K (mg)	250,000
Sódio, Na (mg)	105,000
Fósforo, P (mg)	45,200
VITAMINAS	
Ácido Fólico (mcg)	312,00
Vitamina C (mg), ácido ascórbico	26,80
Biotina	8,03
Vitamina B5 (mg), ácido pantotênico	6,51
Vitamina D (mcg), calciferol	1,50
Ácido Fólico (mcg)	312,00
Vitamina C (mg), ácido ascórbico	26,80
AMINOÁCIDOS	
Essencial Leucina (mg)	54,20
Essencial Valina (mg)	48,00
Essencial Fenilalanina (mg)	38,00

Essencial	Lisina (mg)	33,10
Essencial	Isoleucina (mg)	29,30
Essencial	Treonina (mg)	28,20
Essencial	Metionina (mg)	14,00
Essencial	Triptofano (mg)	8,40
Não-essencial	Ácido Glutâmico (mg)	172,00
Não-essencial	Glutamina (mg)	172,00
Não-essencial	Arginina (mg)	126,00
Não-essencial	Serina (mg)	39,00
Não-essencial	Alanina (mg)	38,60
Não-essencial	Glicina (mg)	36,40
Não-essencial	Prolina (mg)	32,00
Não-essencial	Tirosina (mg)	24,00
Não-essencial	Histidina (mg)	17,80
Não-essencial	Ácido Aspártico (mg)	0,70
Não-essencial	Cistina (mg)	14,80

187



188
189
190
191

Figura 2 – Formação do filme de ACP durante o processo de secagem. A: filme de ACP após 7 dias de incubação; B: após 14 dias de incubação e C: após 21 dias de incubação.

192 Na primeira semana de incubação, a aparência do filme era firme na superfície, mas, ao
193 manipulá-lo, observou-se textura gelatinosa e plástica (deformava-se, mas retornava ao seu
194 estado inicial em seguida). Ao fim da segunda semana, foi possível observar que sua textura
195 era mais firme, sendo possível extrair “pedaços” do filme com uma pinça, mas possuía
196 higroscopicidade moderada, o que impossibilitou a realização das caracterizações. Somente
197 após 21 dias, o filme apresentava firmeza e textura ideais para proceder com os ensaios de
198 caracterizações espectroscópica e térmicas.

199

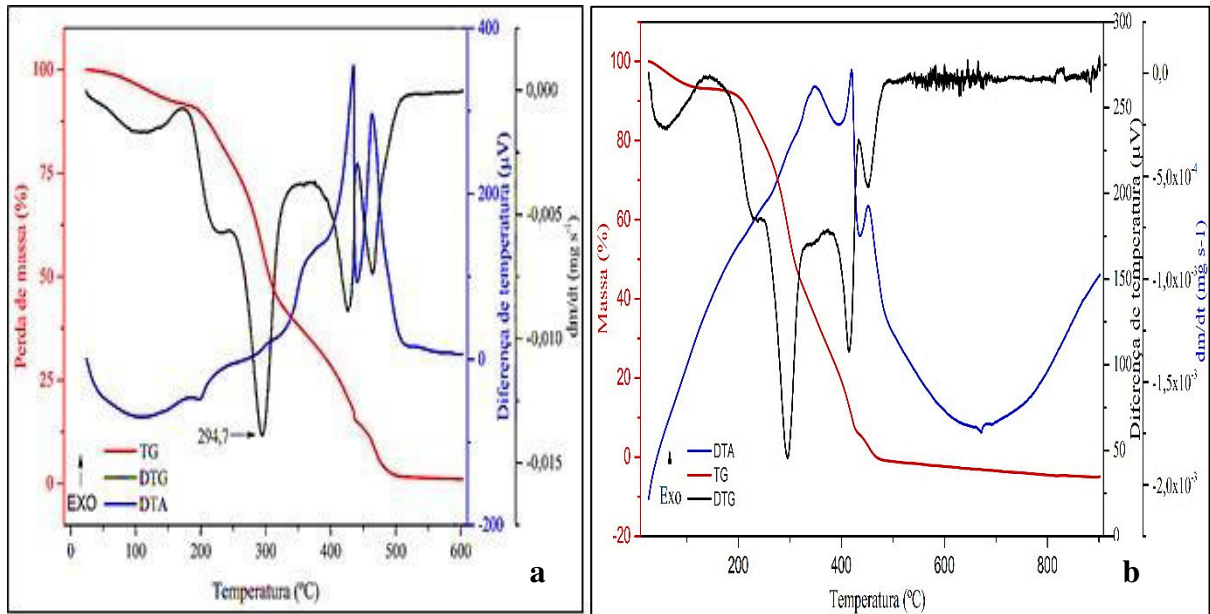
200 3.2 Análises Térmicas

201 3.2.1 TG/DTG e DTA

202 Na Figura 3, estão apresentadas as curvas de TG/DTG e DTA para o filme (a) e para a
203 ACP (b). Na parte a da Figura 3, a curva TGA (em vermelho) mostra que o filme de ACP possui
204 boa estabilidade térmica até 72,45 °C, com perda inexpressiva de massa nessa temperatura
205 (aproximadamente 1,5%) em consequência do início da perda de umidade na amostra. A curva
206 DTG (em preto) indica três eventos térmicos de perda de massa antes de 300 °C, conforme
207 afirmaram (Silva et al., 2019): o primeiro em 97,3 °C atribuído à fusão e início da decomposição
208 do material; o segundo em 230,3 °C refere-se à decomposição da amostra após a fusão, e o
209 terceiro evento térmico em 294,7 °C associado à decomposição de compostos orgânicos da ACP
210 não liberados durante o processo de secagem do filme (Silva et al., 2019; Mothé & Azevedo,
211 2002).

212 Para as curvas TGA e DTG obtidas da ACP na figura 3b, observa-se comportamento
213 semelhante quando comparadas às mesmas curvas do filme. A TGA da ACP exhibe, em 50 °C,
214 perda de umidade com consequente perda de massa de 1,7% (aproximadamente). Os eventos
215 de decomposição da ACP ocorrem em temperaturas diferentes às registradas para o filme. O
216 primeiro desses eventos encontra-se em 60 °C, associado à decomposição de materiais

217 orgânicos. O segundo, em 236 °C, e o terceiro, em 294 °C, podem ser atribuídos à perda de
218 massa causada por substâncias orgânicas componentes da estrutura da ACP (Mothé & De
219 Miranda, 2009).



220
221 Figura 3 – Curvas TG/DTG e DTA obtidas para o filme (a) e para a ACP (b).

222 A partir da curva de DTA (em azul) do filme, pode-se dividir sua decomposição térmica
223 três estágios: o primeiro é caracterizado por um pico endotérmico (compreendido entre,
224 aproximadamente, 100 °C e 336 °C) que pode ser atribuído às reações de hidrólise, condensação
225 de algum composto orgânico presente no filme. O segundo estágio (entre, aproximadamente,
226 391 °C e 439 °C) assim como o terceiro (compreendido entre 441 °C e 515 °C,
227 aproximadamente) são caracterizados pela presença de pico exotérmico associado a reações de
228 combustão, resultantes de colapso de proteínas (desnaturação de proteica), com posterior perda
229 de estrutura e de água (Sampaio et al., 2018).

230 A curva DTA obtida da ACP é diferente daquela observada no filme. A explicação para
231 isso pode ser atribuída à diferença de temperatura entre a amostra e a referência. A diferença
232 do fluxo de calor que atinge os termopares em contato, respectivamente, com a referência e
233 com amostra, ocasionada pela diferença de temperatura entre eles, influencia no deslocamento
234 vertical da linha de base até próximo a 400 °C. Os demais eventos, quando confrontados com

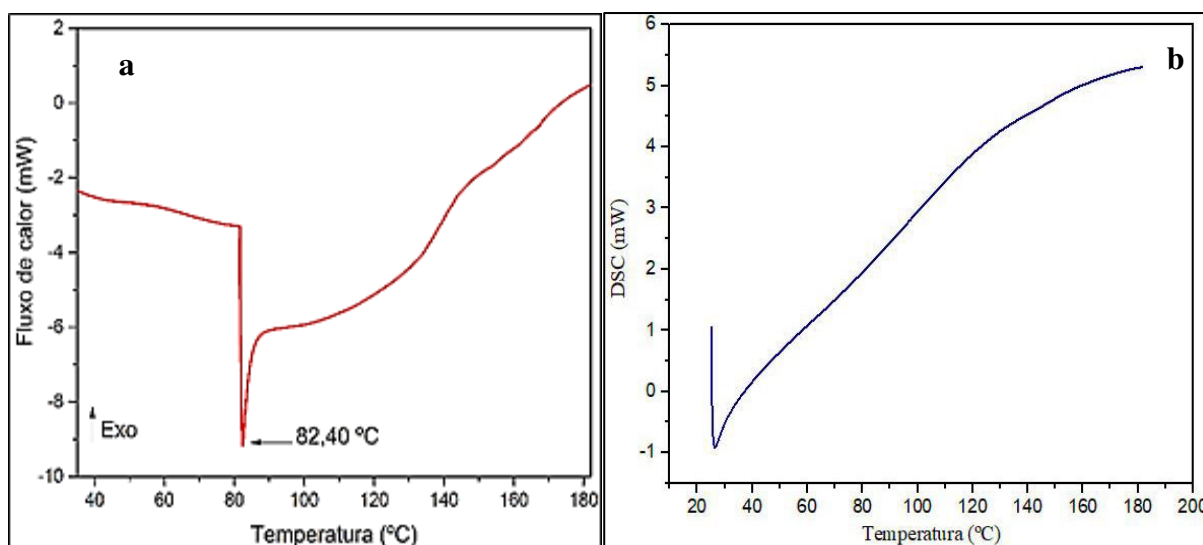
235 a curva TG na mesma região (400 °C a 500 C), permite inferir tratar-se de eventos de
236 decomposição e perda de massa da amostra (Ionashiro, 2004).

237

238 3.2.2 DSC

239 Na figura 4a, relacionada à curva de DSC obtida do filme de ACP, observa-se uma certa
240 extrapolação da linha de base (Mothé & Azevedo, 2002) seguida de um pico endotérmico de
241 *onset* em 82,40 °C. Essa temperatura indica um início de desidratação do material, com
242 consequente perda de massa. Tal informação relaciona-se à curva de DTA pela presença de
243 pico endotérmico na mesma região observada na curva de DSC, que pode ser atribuída à mesma
244 fusão presente na curva TGA do filme. As mudanças vistas nessas curvas podem ser atribuídas
245 à presença de água ligada por ligações de hidrogênio com grupos hidroxila (Menezes et al.
246 (2020).

247 Em se tratando da curva de DSC da ACP pura, o evento de decomposição próximo a 30
248 °C indica presença de água não ligada, culminando em um processo de desidratação da amostra
249 antes da temperatura observada para o mesmo evento no filme de ACP. A presença de água
250 mais superficial pode ter causado a antecipação desse evento (Ionashiro, 2004).



251
252
253

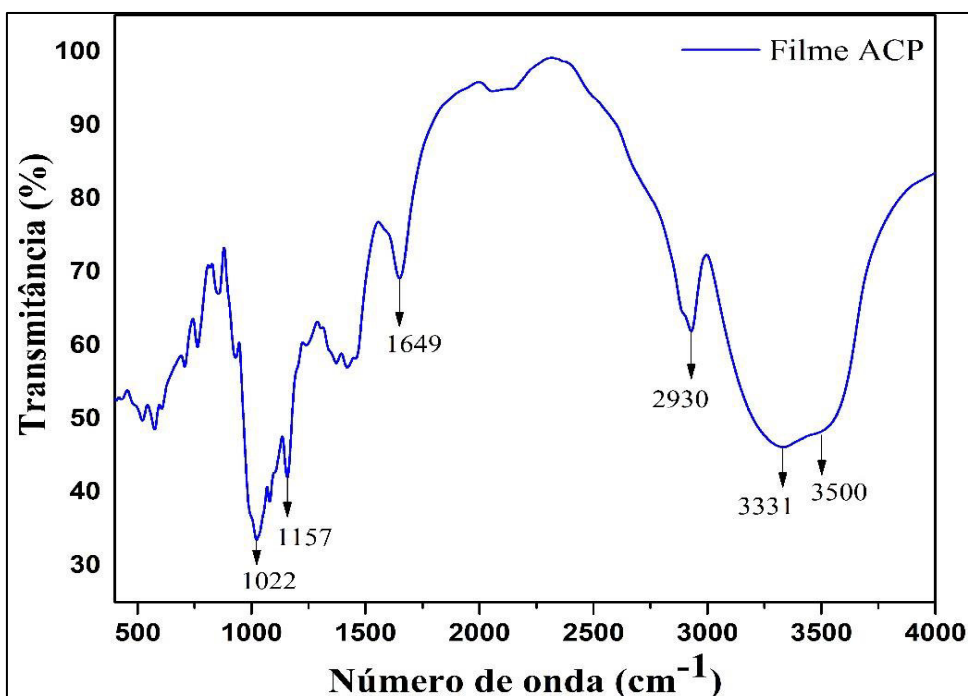
Figura 4 – Curvas de TG-DTA (a) e DSC (b) obtidas a partir do filme de ACP.

254 3.3 Espectroscopia no Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR)

255 O espectro do Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR) do filme de ACP
256 encontra-se na Figura 5. A banda observada em 1022 cm^{-1} está relacionada à vibração de
257 alongamento C-OH, relatada também por Mothé & De Miranda (2009) em 1028 cm^{-1} , quando
258 trabalharam com fibras de coco e de bagaço de cana.

259 O pico observado no número de onda 1157 cm^{-1} foi atribuído ao grupo carbonila em
260 polissacarídeos (Kato, 2002; Li et al., 2015), uma vez que Rodsamran & Sothornvit (2018)
261 encontraram a mesma relação em 1358 cm^{-1} quando incorporaram extrato antioxidante de água
262 de coco madura em filmes concentrados de proteína de coco.

263 A banda observada em 1649 cm^{-1} é atribuída à presença da ligação C = O (grupo
264 carbonila) na estrutura da água de coco presente no filme. Já as bandas 2930 cm^{-1} , 3331 cm^{-1} e
265 3500 cm^{-1} estão associadas à presença das ligações O – H, N – H e C – H nessas regiões (Pavia
266 et al., 2010).



267
268
269

Figura 5 – Espectro no Infravermelho com Transformada de Fourier obtido do filme de ACP.

270 4 Conclusões

271 A água de coco em pó é uma matéria-prima em potencial para a pesquisa na área de
272 alimentos, especificamente no desenvolvimento de filmes alimentícios inovadores. O presente
273 estudo objetivou a obtenção de um filme à base de água de coco em pó, na intenção de
274 prosseguir com técnicas de caracterização térmica – Termogravimetria (TGA/DTG), Análise
275 Térmica Diferencial (DTA) e Calorimetria Exploratória Diferencial (DSC) – e caracterização
276 espectroscópica – Espectroscopia no Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR). As
277 análises térmicas demonstraram que o filme possui boa estabilidade térmica até 72,45 °C, e os
278 espectros de infravermelho com transformada de Fourier sugeriram interações entre moléculas
279 de água, proteínas e indicaram a presença de compostos orgânicos relevantes para a indústria
280 de alimentos. Além disso, sua cor quase translúcida e o aroma característico de água de coco
281 são importantes características sensoriais.

282 Agradecimentos

283 À ACP *Nutrition* e à ACP Biotecnologia na pessoa da Dra. Cristiane Clemente de Mello
284 Salgueiro, por nos ter cedido a amostra de água de coco em pó utilizada na elaboração deste
285 trabalho. Aos laboratórios de Espectroscopia Raman (LER), de Análises Térmicas (LAT), de
286 Operações Unitárias, de Difração de Raios X (LDRX), de Espectroscopia Óptica e Fototérmica
287 (LEOF) e a todos os seus respectivos coordenadores, pela cooperação na realização deste
288 trabalho. Agradecimentos à Universidade Federal do Maranhão.

289

290

291 Referências

292 Câmara, S. R., Lavor, C. T. B., Andrade, J. M., Sobral, M. H. N. R., Silva, I. N. G., Guedes, M.
293 I. F., Salgueiro, C. C. M., Nunes, J. F., & Porto, A. L. F. (2011). Análise microbiológica e
294 proteica da água de coco em pó (ACP) esterilizada por membrana para uso em processos
295 biotecnológicos Microbiological and proteic analysis of powder coconut water (PCW)

296 sterilized by membrane for use in biotechnological process. *Revista Portuguesa de*
297 *Ciências Veterinárias*, 106, 99–103.

298 Carvalho, J. M. de, Maia, G. A., Sousa, P. H. M. de, & Maia Junior, G. A. (2006). Água-de-
299 coco: Propriedades nutricionais, funcionais e processamento. *Semina: Ciências Agrárias*,
300 27(3), 437. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2006v27n3p437>

301 Filho, V., & Gastoni, W. (2010). *Bebidas Não Alcoólicas: Ciência e Tecnologia* (Blucher).

302 Fonseca, A. M., Monte, F. J. Q., de Oliveira, M. da C. F., de Mattos, M. C., Cordell, G. A.,
303 Braz-Filho, R., & Lemos, T. L. G. (2009). Coconut water (*Cocos nucifera* L.)-A new
304 biocatalyst system for organic synthesis. *Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic*,
305 57(1–4), 78–82. <https://doi.org/10.1016/j.molcatb.2008.06.022>

306 Ionashiro, M. (2004). *Giolito: Fundamentos da Termogravimetria, Análise Térmica*
307 *Diferencial e Calorimetria Exploratória Diferencial*. Giz Editorial.

308 Kato, A. (2002). Industrial Applications of Maillard-Type Protein-Polysaccharide Conjugates.
309 *Food Science and Technology Research*, 8(3), 193–199. <https://doi.org/10.3136/fstr.8.193>

310 Li, C., Zhu, W., Xue, H., Chen, Z., Chen, Y., & Wang, X. (2015). Physical and structural
311 properties of peanut protein isolate-gum Arabic films prepared by various glycation time.
312 *Food Hydrocolloids*, 43, 322–328. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2014.06.003>

313 Menezes, J. E. S. A., Santos, H. S. do., Ferreira, M. K. A., Magalhães, F. E. A., da Silva, D. S.,
314 Bandeira, P. N., Saraiva, G. D., Pessoa, O. D. L., Ricardo, N. M. P. S., Cruz, B. G., &
315 Teixeira, A. M. R. (2020). Preparation, structural and spectroscopic characterization of
316 chitosan membranes containing allantoin. *Journal of Molecular Structure*, 1199.
317 <https://doi.org/10.1016/j.molstruc.2019.126968>

318 Mothé, C. G., & Azevedo, A. D. de. (2002). *Análise Térmica de Materiais*. iEditora.

319 Mothé, C. G., & De Miranda, I. C. (2009). Characterization of sugarcane and coconut fibers by
320 thermal analysis and FTIR. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 97(2), 661–665.
321 <https://doi.org/10.1007/s10973-009-0346-3>

322 Ou, S., Wang, Y., Tang, S., Huang, C., & Jackson, M. G. (2005). Role of ferulic acid in
323 preparing edible films from soy protein isolate. *Journal of Food Engineering*, 70(2), 205–
324 210. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2004.09.025>

325 Pavia, D. L., Lapman, G. M., Kriz, G. S., & Vyvyan, J. R. (2010). *Introdução à Espectroscopia*
326 (4ª). Cengage Learning.

327 Richter, E. M., De Jesus, D. P., Muñoz, R. A. A., Do Lago, C. L., & Angnes, L. (2005).
328 Determination of anions, cations, and sugars in coconut water by capillary electrophoresis.

329 *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 16(6 A), 1134–1139.
330 <https://doi.org/10.1590/S0103-50532005000700008>

331 Rodsamran, P., & Sothornvit, R. (2018). Bioactive coconut protein concentrate films
332 incorporated with antioxidant extract of mature coconut water. *Food Hydrocolloids*, 79,
333 243–252. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2017.12.037>

334 Rodsamran, P., & Sothornvit, R. (2019). Lime peel pectin integrated with coconut water and
335 lime peel extract as a new bioactive film sachet to retard soybean oil oxidation. *Food*
336 *Hydrocolloids*, 97(June), 105173. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.105173>

337 Silva, C. C., Lucas, J. M. F., Soreto Teixeira, S., Gavinho, S. R., Prezas, P. R., Sales, A. J. M.,
338 Valente, M. A., Almeida, A. F., Freire, F. N., Salgueiro, C. C. M., Nunes, J. F., & Graça,
339 M. P. F. (2019). Niobium oxide prepared by sol–gel using powder coconut water. *Journal*
340 *of Materials Science: Materials in Electronics*, 30(12), 11346–11353.
341 <https://doi.org/10.1007/s10854-019-01482-y>

342

343

ANEXO

ANEXO 1 – NORMAS PARA SUBMISSÃO DE ARTIGOS PARA PUBLICAÇÃO NA REVISTA FOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY

Formatação dos manuscritos

A checagem das informações e a formatação do manuscrito são de responsabilidade dos autores. Artigos originais não podem exceder 16 páginas (excluindo referências). O manuscrito deve ser digitado em espaçamento duplo, em uma única coluna justificada, com margens de 2,5 cm. Linhas e páginas devem estar numeradas sequencialmente. (Verifique também o item Formatos de arquivo ao final deste documento).

Primeira página

A primeira página do manuscrito submetido deve conter obrigatoriamente as seguintes informações, nesta ordem:

- Relevância do trabalho: breve texto de no máximo 100 palavras que descreva sucintamente a relevância do trabalho;
- Títulos do trabalho:
 - a) Título em inglês;
 - b) Título para cabeçalho (6 palavras no máximo).

Página de autoria

A página de autoria do manuscrito deverá conter as seguintes informações:

- Nome completo e e-mail de todos os autores;
- Nomes abreviados de todos os autores para citação (ex.: nome completo: José Antonio da Silva; nome abreviado: Silva, J. A.);
- Informação do autor para correspondência (indicar o nome completo, endereço postal completo, números de telefone e FAX, e endereço de e-mail do autor para correspondência);
- Nome das instituições onde o trabalho foi desenvolvido, sendo: nome completo da instituição (obrigatório), unidade (opcional), departamento (opcional), cidade (obrigatório), estado (obrigatório) e país (obrigatório).

Página de Abstract e Keywords

Abstract

O abstract deve:

- Estar apenas em inglês;

- Estar em um único parágrafo de, no máximo, 200 palavras;
- Explicitar claramente o objetivo principal do trabalho;
- Delinear as principais conclusões da pesquisa;
- Se aplicável, indicar materiais, métodos e resultados;
- Sumarizar as conclusões;
- Não usar abreviações e siglas.

O Abstract não deve conter:

- Notas de rodapé;
- Dados e valores estatísticos significativos;
- Referências bibliográficas.

Practical Application

Texto curto, com no máximo 85 caracteres, apontando as inovações e pontos importantes do trabalho. O *Practical Application* será publicado.

Keywords e palavras-chave

O artigo deve conter no mínimo três (3) e no máximo seis (6) Keywords. Keywords devem estar somente em inglês. Para compor o Keywords de seu artigo, evite a utilização de termos já utilizados no título.

Páginas de Texto

O trabalho deverá ser dividido nas seguintes partes. As partes devem ser numeradas na seguinte ordem:

- Introdução;
- Material e métodos, que deve incluir delineamento experimental e forma de análise estatística dos dados;
- Resultados e discussão (podem ser separados);
- Conclusões;
- Referências bibliográficas;
- Agradecimentos (opcional).

No texto:

- Abreviações, siglas e símbolos devem ser claramente definidos na primeira ocorrência;
- Notas de rodapé não são permitidas;

- Títulos e subtítulos são recomendados, sempre que necessários, mas devem ser utilizados com critério, sem prejudicar a clareza do texto. Títulos e subtítulos devem ser numerados, respeitando a ordem em que aparecem;
- Equações devem ser geradas por programas apropriados e identificadas no texto com algarismos arábicos entre parêntesis, na ordem que aparecem. Elas devem ser citadas no corpo do texto em formato editável e devem estar em posição indicada pelo autor. Por favor, não envie imagens de equações em hipótese alguma. Equações enviadas separadamente não serão aceitas, serão consideradas apenas as equações contidas no texto.

Tabelas, Figuras e Quadros

Tabelas, Figuras e Quadros devem formar um conjunto de no máximo sete elementos. Devem ser numerados com numerais arábicos, seguindo-se a ordem em que são citados. No Manuscrito.pdf - versão para avaliação - e no Manuscrito.doc - versão para produção -, tabelas, equações, figuras e quadros devem ser inseridos no texto completo e na posição preferida pelo autor e que também proporcione o melhor fluxo de leitura. Veja abaixo os detalhes para o envio desses itens na versão para produção.

Figuras e quadros (versão para produção)

Figuras e Quadros devem ser citados no corpo do texto, em posição que proporcione o melhor fluxo de leitura, e ordenados numericamente, utilizando-se numerais arábicos; as respectivas legendas devem ser enviadas no texto principal de acordo com a indicação do autor. Ao enviar figuras com fotos ou micrografias certifique-se que essas sejam escaneadas em alta resolução, para que cada imagem fique com no mínimo mil pixels de largura. Todas as fotos devem ser acompanhadas do nome do autor, pessoa física. Para representar fichas, esquemas ou fluxogramas devem ser utilizados Quadros.

Tabelas (versão para produção)

As tabelas devem ser citadas no corpo do texto e numeradas com algarismos arábicos. Devem estar inseridas no corpo do texto em posição indicada pelo autor. Tabelas enviadas separadamente não serão aceitas, serão consideradas apenas as tabelas contidas no texto. As tabelas devem ser elaboradas utilizando-se o recurso Tabela do programa Microsoft Word 2007 ou posterior; não devem ser importadas do Excel ou Powerpoint e devem:

- Ter legenda com título da Tabela;
- Ser autoexplicativa;

- Ter o número de algarismos significativos definidos com critério estatístico que leve em conta o algarismo significativo do desvio padrão;
- Ser em número reduzido para criar um texto consistente, de leitura fácil e contínua;
- Apresentar dados que não sejam apresentados na forma de gráfico;
- Utilizar o formato mais simples possível, não sendo permitido uso de sombreamento, cores ou linhas verticais e diagonais;
- Utilizar somente letras minúsculas sobrescritas para indicar notas de rodapé que informem abreviações, unidades etc. Demarcar primeiramente as colunas e depois as linhas e seguir essa mesma ordem no rodapé.

Nomes proprietários

Matérias-primas, equipamentos especializados e programas de computador utilizados deverão ter sua origem (marca, modelo, cidade, país) especificada.

Unidades de medida

- Todas as unidades devem estar de acordo com o Sistema Internacional de Unidades (SI);

Temperaturas devem ser descritas em graus Celsius.

Referências bibliográficas

Citações no texto

As citações bibliográficas inseridas no texto devem ser feitas de acordo com o sistema "Autor Data". Por exemplo, citação com um autor: Sayers (1970) ou (Sayers, 1970); com dois autores: Moraes & Furuie (2010) ou (Moraes & Furuie, 2010); e acima de dois autores apresenta-se o primeiro autor seguido da expressão "et al.". Nos casos de citação de autor entidade, cita-se o nome dela por extenso.

Lista de referências

A revista **Food Science and Technology (CTA)** adota o estilo de citações e referências bibliográficas da American Psychological Association - APA. A norma completa e os tutoriais podem ser obtidos no link <http://www.apastyle.org>.

A lista de referências deve ser elaborada primeiro em ordem alfabética e em seguida em ordem cronológica, se necessário. Múltiplas referências do mesmo autor no mesmo ano devem ser identificadas por letras "a", "b", "c" etc. apostas ao ano da publicação.

Artigos em preparação ou submetidos à avaliação não devem ser incluídos nas referências. Os nomes de todos os autores deverão ser listados nas referências, portanto não é permitido o uso da expressão "et al."

Segundo determinação da Diretoria de Publicações da sbCTA, os artigos aceitos cujas referências bibliográficas estejam fora do padrão determinado ou com informações incompletas NÃO SERÃO PUBLICADOS até que os autores adequem as referências às normas.

Exemplos de referências

Livro

Baccan, N., Aleixo, L. M., Stein, E., & Godinho, O. E. S. (1995). *Introdução à semimicroanálise qualitativa* (6. ed.). Campinas: EduCamp. Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP. (2006). Tabela brasileira de composição de alimentos - TACO (versão 2, 2. ed.). Campinas: UNICAMP/NEPA.

Capítulo de livro

Sgarbieri, V. C. (1987). Composição e valor nutritivo do feijão *Phaseolus vulgaris* L. In E. A. Bulisani (Ed.), *Feijão: fatores de produção e qualidade* (cap. 5; p. 257-326). Campinas: Fundação Cargill.

Artigo de periódico

Versantvoort, C. H., Oomen, A. G., Van de Kamp, E., Rempelberg, C. J., & Sips, A. J. (2005). Applicability of an in vitro digestion model in assessing the bioaccessibility of mycotoxins from food. *Food and Chemical Toxicology*, 43(1), 31-40.

Sillick, T. J., & Schutte, N. S. (2006). Emotional intelligence and self-esteem mediate between perceived early parental love and adult happiness. *E-Journal of Applied Psychology*, 2(2), 38-48. Retrieved from <http://ojs.lib.swin.edu.au/index.php/ejap>

Trabalhos em meio eletrônico

Richardson, M. L. (2000). *Approaches to differential diagnosis in musculoskeletal imaging* (version 2.0). Seattle: University of Washington, School of Medicine. Retrieved from <http://www.rad.washington.edu/mskbook/index.html>

Legislação

Brasil, Ministério da Educação e Cultura. (2010). *Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências (Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010)*. Diário Oficial da República Federativa do Brasil.

Teses e dissertações

Fazio, M. L. S. (2006). *Qualidade microbiológica e ocorrência de leveduras em polpas congeladas de frutas* (Dissertação de mestrado). Universidade Estadual Paulista, São José do Rio Preto.

Eventos

Sutopo, W., Nur Bahagia, S., Cakravastia, A., & Arisamadhi, T. M. A. (2008). A Buffer stock Model to Stabilizing Price of Commodity under Limited Time of Supply and Continuous Consumption. In *Proceedings of The 9th Asia Pacific Industrial Engineering and Management Systems Conference (APIEMS)*, Bali, Indonesia.

Formatos de arquivo

O texto principal do manuscrito deve ser submetido da seguinte forma:

Manuscrito.pdf: versão para avaliação

- Formato .pdf;
- Fonte Times New Roman, tamanho 12;
- Espaçamento duplo entre linhas;
- Texto completo do manuscrito (no máximo 16 páginas);
- Figuras, quadros e tabelas com suas respectivas legendas devem ser submetidos junto ao texto completo e nas posições preferidas pelo autor;
- Linhas e páginas devem ser numeradas sequencialmente;
- Deve ter a folha de rosto excluída;
- Deve ter os nomes dos autores e instituições removidos da página de título;
- Deve ser nomeado manuscritoavaliacao.pdf.