

UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS

FACULDADE DE ENGENHARIA – FAEN

ENGENHARIA DE ALIMENTOS

MICHELE ARIAS DELFINO DOS SANTOS

DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE MICROCÁPSULAS DE
CASCA DE JABUTICABA (*MYRCIARIA CAULIFLORA* BERG)

DOURADOS/MS

2018

MICHELE ARIAS DELFINO DOS SANTOS

DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE MICROCÁPSULAS DE
CASCA DE JABUTICABA (*MYRCIARIA CAULIFLORA BERG*)

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado a Faculdade de Engenharia,
da Universidade Federal da Grande
Dourados, como parte dos requisitos do
curso de Engenharia de Alimentos, para a
obtenção do título de Engenheiro de
Alimentos.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Caroline Pereira
Moura Aranha

DOURADOS/MS

2018

Desenvolvimento e caracterização de microcápsulas de antocianinas de casca de jabuticaba (*Myrciaria Cauliflora Berg*)

Michele Arias Delfino dos SANTOS^{1*}, Caroline Pereira Moura ARANHA¹

¹Universidade Federal da Grande Dourados, Faculdade de Engenharia.
E-mail: michele.arias_ocz@hotmail.com

RESUMO – A substituição de corantes sintéticos pelos naturais é objeto de interesse tanto para a indústria alimentícia quanto para os consumidores, valorizando as propriedades funcionais atribuídas a esses compostos. As antocianinas são pigmentos naturais que conferem cores atrativas e potencial benéfico a saúde, estando presentes em grandes quantidades na casca de jabuticaba. A microencapsulação é uma alternativa para a melhoria da estabilidade de pigmentos e possibilitar a sua utilização em produtos. O objetivo do presente trabalho foi obter cápsulas de extrato de casca de jabuticaba por spray dryer, avaliando quanto a atividade de água, umidade, rendimento de secagem, solubilidade, molhabilidade, eficiência da encapsulação, retenção de antocianinas e cor. Em todos os ensaios obteve-se microcápsulas com baixa atividade de água e umidade. O rendimento variou de 12,58% a 36,05%, sendo o ensaio utilizando apenas goma arábica como material de parede o que obteve maior rendimento. Todos os ensaios apresentaram alta solubilidade. Em relação a eficiência da encapsulação e retenção de antocianinas observou-se que o teste utilizando apenas goma arábica foi o que obteve os maiores valores. Na análise de cor verificou-se que os pós resultantes apresentaram diferença em relação ao extrato. Desta forma, esses resultados indicam uma possibilidade de utilização dessas microcápsulas como corante em produtos alimentícios.

Palavras-chave: pigmentos naturais, resíduo agroindustrial, antocianinas, compostos bioativos.

Development and characterization of microcapsules of jabuticaba peel anthocyanins (*Myrciaria Cauliflora* Berg)

ABSTRACT – The substitution of synthetic dyes by natural ones is an object of interest both for the food industry and for consumers, valuing the functional properties attributed to these compounds. Anthocyanins are natural pigments that confer attractive colors and potential health benefits, being present in great amount in jabuticaba peel. Microencapsulation is an alternative for improving the stability of pigments and enabling their use in products. The objective of the present work was to obtain capsules of jabuticaba peel extract by spray dryer, evaluating the water activity, moisture, yield of powder, solubility, wettability, encapsulation efficiency, anthocyanin retention and color. In all assays, microcapsules with low water activity and moisture were obtained. The yield ranged from 12.58% to 36.05%, being the assay using only gum arabic as the wall material, with the highest yield. All assays showed high solubility. Regarding encapsulation efficiency and anthocyanin retention, it was observed that the assay using only gum arabic was the one that obtained the highest values. By color analysis, it was observed that the microcapsules presented difference in relation to the extract. Thus, these results indicate a possibility of using these microcapsules as a dye in food products, as a way to obtain benefits and add value to the product.

Keywords: *natural pigments, agroindustrial residue, anthocyanins, bioactive compounds.*

INTRODUÇÃO

A jabuticaba, originária do centro/sul/sudeste do Brasil, pertence à família *Myrtaceae* e é conhecida por possuir altos teores de compostos fenólicos como antocianinas e taninos, principalmente em sua casca, o que contribui com sua elevada capacidade antioxidante (Cavalcanti et al., 2011). As cascas e sementes da jabuticaba, geralmente descartadas, representam juntas, aproximadamente, 50% do fruto. Um melhor aproveitamento dessas frações agregaria maior valor ao fruto (Oliveira, 2003).

A casca da jabuticaba tem propriedades adstringentes, eficazes contra diarreia e irritações da pele. Pesquisas apontam que chás e sucos feitos com a casca de jabuticaba podem auxiliar no tratamento de problemas de saúde como alergias, imunodeficiências, fragilidade capilar, amigdalite, infecções intestinais, varizes, erisipela, asma, entre outros (Oliveira 2003).

A aplicação de pigmentos naturais e a sua associação com a atividade antioxidante em alimentos é objeto de interesse tanto para a indústria como para os consumidores. Estudos recentes relacionam a ingestão de frutas e hortaliças com propriedades antioxidantes e a diminuição do risco e desenvolvimento de algumas doenças crônico-degenerativas (Silva, 2004). A utilização desses pigmentos em produtos alimentícios é um fator indispensável para a funcionalidade, bem como para a agregação de valor à imagem final do produto.

Há grande quantidade de antocianinas na casca da jabuticaba, o que ajuda a tingir a fruta, funcionando como um corante natural. Estudos têm demonstrado as diversas propriedades farmacológicas de flavonoides como a antocianina (Hertog, 1993).

A necessidade de conservação dos pigmentos tem incentivado o desenvolvimento de novas pesquisas neste setor, sendo que as formas mais importantes de conservação do

pigmento são o encapsulamento e adição de antioxidantes. Entre os diferentes métodos, a secagem por atomização (spray dryer), é o método de secagem mais comum usado na indústria alimentícia (Del-Valle, 2004). A microencapsulação por atomização é uma solução econômica e um método muito utilizado para a preservação de corantes naturais por aprisionamento dos ingredientes em um material de revestimento (Pitalua, 2010). É de grande importância para a indústria aperfeiçoar esse processo de secagem, a fim de obter produtos com melhores características sensoriais e nutricionais, bem como aumentar o rendimento.

A utilização da secagem por atomização da casca de jabuticaba representa uma alternativa viável para a sua conservação. Além disso, o processo de spray drying possibilita o aumento da vida útil do produto e uma maior estabilidade, podendo o consumidor ter acesso a esse produto durante todo o ano (Ré, 1998).

Desta forma, o presente trabalho tem por objetivo obter cápsulas de extrato de casca de jabuticaba por spray dryer, utilizando maltodextrina e goma arábica como materiais de parede, avaliando quanto a atividade de água, umidade, rendimento de produção de pó, solubilidade, molhabilidade, eficiência da encapsulação, retenção de antocianinas e cor.

MATERIAIS E MÉTODOS

Obtenção e preparo da farinha de casca de jabuticaba

As jabuticabas foram obtidas na região de Osvaldo Cruz – SP e posteriormente foram conduzidas ao laboratório de Engenharia de Alimentos da FAEN, onde os frutos foram higienizados em água corrente. Em seguida, despulpou-se os frutos manualmente, sendo separadas casca e polpa. As cascas foram submetidas à secagem em estufa de bandeja com circulação de ar forçada à temperatura de 60 ± 5 °C por 24 h a fim de reduzir

a umidade abaixo de 10%. Após a secagem foram trituradas em moinho de facas para obtenção da farinha homogênea e acondicionadas em sacos plásticos para a utilização em análises posteriores.

Cinética de secagem

Realizou-se o experimento utilizando casca de jabuticaba (*Myrciaria cauliflora Berg*). Inicialmente separou-se a casca da polpa e em seguida preparou-se a amostra com a mensuração de casca com espessura de aproximadamente 0,003 m. Mediu-se o seu diâmetro em duplicata com o auxílio de uma régua, a fim de quantificar o diâmetro médio das amostras.

Utilizou-se um secador convectivo de bandejas com fluxo de ar vertical e entrada superior, sendo a temperatura do ar de $60\pm 2^{\circ}\text{C}$ e velocidade do ar constante de aproximadamente 2 m s^{-1} . A pesagem foi realizada utilizando balança eletrônica analítica (OHAUS Pioneer PA413), com precisão de 0,01g. A secagem ocorreu com fluxo de ar paralelamente a superfície da casca de jabuticaba.

Para o levantamento dos dados cinéticos e obtenção das curvas de secagem, as amostras foram pesadas em vidros relógio, conforme a Figura 1, para obter o peso inicial da amostra e, em seguida colocadas em secador de bandeja com circulação de ar a 2 m s^{-1} e à temperatura de 60°C . A fim de calcular o teor de água removido, as amostras foram pesadas em intervalos de 15 minutos nas duas primeiras horas, na terceira e quarta hora a cada 30 minutos e, em seguida, de hora em hora até obter peso constante, atingindo-se assim a umidade de equilíbrio (X_e). Posteriormente, deixou-se a amostra por 24 horas no secador para a obtenção do peso final da amostra seca.

Para a obtenção da umidade inicial da casca de jabuticaba deixou-se a amostra por 24 horas no secador, onde obteve-se o peso final da amostra seca (W_{ss}). A umidade foi

encontrada utilizando a Equação 1.

$$X = \frac{W_{\text{úmida}} - W_{\text{ss}}}{W_{\text{ss}}} \quad (\text{Eq. 1})$$

Através dos dados obtidos foram construídas as curvas de secagem e a taxa de secagem (R_a), sendo a primeira curva obtida plotando-se a umidade em função do tempo, na qual, a umidade (X) foi obtida a cada instante de tempo durante o período de secagem.

As curvas da taxa de secagem foram obtidas a partir do método numérico $\frac{\Delta x}{\Delta t}$ com a derivação dos dados de umidade em relação ao tempo. Já a taxa de secagem (R_a) foi determinada por meio da Equação 2.

$$Ra = \frac{W_{ss} \cdot \Delta x}{b \cdot \Delta t} \quad (\text{Eq. 2})$$

O adimensional de umidade livre foi obtido através da equação 3.

$$Adimensional = \frac{X - X_e}{(X_o - X_e)} \quad (\text{Eq. 3})$$

A difusividade efetiva da água no interior do produto foi encontrada a partir da 2ª Lei de Fick (Equação 4) e a solução analítica de Crank (1975) para placa plana, sendo a equação truncada no 1º termo a partir de um valor constante para espessura, temperatura e umidade inicial ou de equilíbrio, desconsiderando-se a concentração da amostra. As Equações 4 a 7 descrevem a modelagem utilizada para obtenção da difusividade efetiva empregando método gráfico com ajuste exponencial.

Por meio da Lei de Fick pela Equação 4:

$$\frac{X - X_e}{(X_o - X_e)} = \frac{8}{\pi^2} e^{-Def \left(\frac{\pi}{2L}\right)^2 \cdot t} \quad (\text{Eq. 4})$$

Através de ajustes matemáticos, obteve-se a Equação 5:

$$\frac{X - X_e}{(X_o - X_e)} = A e^{kt} \quad (\text{Eq. 5})$$

Isolando-se K a partir da equação anterior, encontrou-se a Equação 6:

$$K = -Def \left(\frac{\pi}{2L} \right)^2 \quad (\text{Eq. 6})$$

Por fim, tem-se a Equação 7 para a determinação da difusividade efetiva:

$$-Def = \frac{K \cdot 4L^2}{\pi^2} \quad (\text{Eq. 7})$$

Sendo:

t - tempo de secagem, min;

k - coeficientes de secagem, min^{-1} ;

b - área;

A - constantes do modelo, adimensional;

L - espessura, m;

D_{ef} - coeficiente de difusão efetivo, $\text{cm}^2 \text{min}^{-1}$;

X - teor de umidade do produto, $\text{g}_{\text{H}_2\text{O}} \text{g}^{-1}$ sólido seco;

X_0 - teor de umidade inicial do produto, $\text{g}_{\text{H}_2\text{O}} \text{g}^{-1}$ sólido seco;

X_e - teor de umidade de equilíbrio do produto, $\text{g}_{\text{H}_2\text{O}} \text{g}^{-1}$ sólido seco.

Composição proximal

As determinações analíticas de umidade, lipídios, cinzas e fibras na farinha da casca de jabuticaba foram realizadas de acordo com os métodos oficiais da AOAC (2000). A umidade foi determinada em estufa a 105 °C até peso constante, sendo o resultado expresso em g de água 100 g^{-1} de casca de jabuticaba. O teor de cinzas (g de cinzas 100 g^{-1} de casca de jabuticaba) foi determinado por incineração em mufla a 550 °C. O teor de lipídeos totais (g de lipídeos 100 g^{-1} de casca de jabuticaba) foi obtido através do método de Bligh e Dyer. O teor de fibra bruta foi determinado por meio da dissolução da amostra, sucessivamente em solução ácida e básica. O resíduo não dissolvido constituiu a fibra. As proteínas foram determinadas pelo método de Kjeldahl descrito pela AOAC (1995),

utilizando-se 6,25 como fator de correção. Os carboidratos totais foram quantificados pela diferença do valor obtido pela somatória de umidade, lipídios, proteínas, cinzas e fibras.

Extratos das cascas de jabuticaba

Os extratos das cascas secas e trituradas foram obtidas com álcool etílico por 30 minutos, na proporção de 1:3 de cascas: álcool etílico, sob agitação contínua, em *Shaker* (modelo TE- 420), à temperatura ambiente. Em seguida, filtrou-se a mistura e o sobrenadante foi submetido a evaporador rotativo sob pressão reduzida a 40 °C.

Compostos fenólicos totais

A quantificação de compostos fenólicos totais foi determinada por espectrofotometria, por meio do reagente de Folin-Ciocalteu, segundo a metodologia descrita por Singleton e Rossi (1965).

Nesse procedimento, pipetou-se 100 µL da solução de extrato natural em tubos de ensaio e adicionou-se 500 µL do reagente Folin-Ciocalteu. Em seguida, adicionou-se 1,5 mL de solução saturada de carbonato de sódio 20% e 6 mL de água destilada. Essa mistura permaneceu em repouso por 2 horas em temperatura ambiente e a absorbância foi determinada a 765 nm. Os valores de fenólicos totais foram encontrados através da curva padrão de ácido gálico e o resultado expresso como equivalentes de ácido gálico (mg de ácido gálico g⁻¹ de amostra).

Medida da capacidade de sequestrar radicais livres (DPPH)

Baseado no procedimento de Brand-Williams et al., (1995), foi preparada a solução etanólica com concentração de 500 µg mL⁻¹ de extrato. Cada amostra desta solução (0,3 mL) foi adicionada a 2,7 mL de solução de DPPH (40 µg mL⁻¹) em diferentes concentrações (5; 10; 25; 50; 125 e 250 µg mL⁻¹). Um controle foi feito com 2,7 mL de

DPPH e o branco realizado com 0,3 mL de solução etanólica do extrato e 2,7 mL de etanol, para cada concentração.

Após o tempo de reação de 30 minutos, a absorbância foi lida em 515 nm. Para os cálculos, foi substituído o valor correspondente à metade da absorbância inicial do controle pelo y da equação da curva do DPPH (Equação 8) para encontrar o consumo em μM DPPH e, em seguida, transformou-se para g DPPH.

$$\text{Equivalência de controle e DPPH: } y = ax - b \quad (\text{Eq. 8}).$$

Onde: y = Absorbância inicial do controle / 2

x = resultado em μM DPPH

Obs.: conversão para g DPPH através da transformação:

$$g \text{ DPPH} = \left(\frac{\mu\text{M DPPH}}{1000000} \right) \times 394,3 \quad (\text{Eq. 9})$$

A partir das absorbâncias obtidas das diferentes diluições dos extratos foi plotado a absorbância no eixo y e diluição (mg L^{-1}) no eixo x e, determinou-se a equação da reta. Para calcular a atividade antioxidante total foi substituída a absorbância equivalente a 50% da concentração do DPPH pelo y e encontrado o resultado que corresponde à amostra necessária para reduzir em 50% a concentração inicial do radical DPPH (EC_{50}) (Eq. 3).

$$\text{Cálculo do } \text{EC}_{50}: y = -ax + b \quad (\text{Eq. 10})$$

Onde: y = Absorbância inicial do controle / 2

x = EC_{50} (mg L^{-1}). A partir do resultado (mg L^{-1}) encontrado na Equação 10, o valor foi dividido por 1.000 para se ter o valor em g. Posteriormente, esse valor foi dividido pelo valor encontrado em g DPPH (Eq. 9) para obtenção do resultado final (Eq. 11) que foi expresso em g g⁻¹ DPPH.

$$\text{EC}_{50} (\text{g g}^{-1} \text{ DPPH}) = (\text{EC}_{50} (\text{mg L}^{-1}) / 1.000 * 1) \text{ g}^{-1} \text{ DPPH}. \quad (\text{Eq. 11})$$

Teor de antocianinas

A determinação foi realizada, por espectrofotometria, de acordo com o método descrito por Lees e Francis (1972). Para esta quantificação, em recipientes envoltos em papel alumínio, as amostras foram homogeneizadas com solução extratora a base de álcool etílico 95% e descansaram por uma hora a temperatura de refrigeração, ou seja, aproximadamente 4°C. Após esse período as amostras foram filtradas com auxílio de papel de filtro e os resíduos lavados com a solução extratora até a remoção completa dos pigmentos. Os filtrados foram coletados em balões volumétricos de 100 mL, aferidos com a solução extratora, deixados em repouso no escuro por 2h a temperatura de refrigeração e a absorbância foi medida a 535nm, em espectrofotômetro, utilizando álcool etílico 95% para calibrar o equipamento. A quantificação de antocianina foi determinada por meio da equação descrita abaixo e o resultado expresso em equivalente da antocianina principal, cianidina-3-glucosídeo.

$$AT = \left(\frac{Abs_{535} \times PM_{cianidina-3-glucosídeo} \times FD}{\epsilon} \right) \quad (\text{Eq. 12})$$

Sendo:

AT= Antocianinas totais expressas em mg da antocianina predominante em 100g de amostra;

Abs_{535} = Absorbância do extrato filtrado lida a 535nm;

PM = peso molecular da cianidina-3-glucosídeo (449,2 g mol⁻¹);

FD = fator de diluição;

ϵ = absortividade molar (26900 (L mol. cm⁻¹)).

Produção das microcápsulas

O material a ser encapsulado foi o extrato de casca de jabuticaba, e o material encapsulante utilizado foi a maltodextrina Athetica Nutrition e Goma Arábica em pó pura CAS [9000-01-5].

Foram preparadas três formulações, sendo a primeira utilizando apenas maltodextrina (MD), a segunda utilizando maltodextrina combinada com goma arábica (50:50 p:p) (MD:GA) e a terceira utilizando apenas goma arábica (GA). Para todos os testes utilizou-se 35% como concentração total dos agentes carreadores. Os materiais de parede foram dissolvidos em água destilada à temperatura ambiente e misturado com o auxílio de um bastão de vidro até sua completa dissolução. Após a dissolução, a suspensão foi reservada à 10°C por 24h a fim de garantir a completa hidratação do polímero. Após esse tempo, adicionou-se o extrato de casca de jabuticaba à suspensão em uma proporção de 10%, sendo homogeneizado em *mixer* por 5 minutos.

O material encapsulado foi seco em spray dryer (LM MSD 1.0), com bico atomizador tipo duplo fluido. As condições operacionais de secagem foram: temperatura do ar de secagem de entrada 180°C e saída 120°C; pressão de atomização: 3 a 7 bar; vazão média do ar de secagem: 0,70 a 1,95 m³/min; vazão média de alimentação: 0.30 L/h. As microcápsulas produzidas foram acondicionadas em embalagens de polietileno seladas, protegidas da luz e armazenadas em dessecador com sílica gel para não absorver umidade do ambiente.

Caracterização das microcápsulas

As microcápsulas de antocianinas foram submetidas a análises de atividade de água, umidade, rendimento de secagem, solubilidade, molhabilidade, eficiência da encapsulação, retenção de antocianinas e cor.

Atividade de Água

A atividade de água (A_w) das microcápsulas foi realizada em triplicata utilizando o equipamento AquaLab CX-2- série 3.

Umidade

O conteúdo de umidade das microcápsulas foi determinado por meio do método gravimétrico, em estufa, à temperatura de 105 °C, até peso constante (AOAC, 1995).

Rendimento de secagem

O rendimento de secagem foi calculado segundo Souza (2013), pela relação entre a massa seca de pó obtida ($m_{spó}$) e a massa de sólidos totais contidos na dispersão que alimentava o spray dryer ($m_{mistura}$), expresso em porcentagem (%), de acordo com a Equação 13.

$$\text{Rendimento: } \frac{m_{spó}}{m_{mistura}} \times 100 \quad (\text{Eq. 13})$$

Solubilidade

A solubilidade das microcápsulas foi determinada de acordo com o método proposto por Cano-Chauca et al. (2005), onde 1 g de amostra foi adicionado a 100 mL de água destilada e agitada por 5 minutos. A solução foi centrifugada a 3000×g por 5 minutos. Transferiu-se uma alíquota de 20 mL do sobrenadante para placa de Petri previamente tarada sendo, em seguida, aquecida em estufa a 105 °C por 5 horas. A porcentagem de solubilidade foi calculada por diferença de peso.

Molhabilidade

A molhabilidade das microcápsulas foi determinada pelo método descrito por Fuchs et al. (2006). Um grama do pó foi polvilhado sobre a superfície de 100 mL de água destilada a temperatura ambiente (20°C) sem agitação. O tempo necessário para as microcápsulas sedimentarem ou submergirem e desaparecerem da superfície da água foi

medido através de um cronômetro digital e usado para uma comparação relativa entre as amostras.

Ruptura das cápsulas

Para a realização da análise de eficiência do extrato microencapsulado, executou-se a ruptura das cápsulas, segundo Souza (2013), onde, em tubos falcon, 0,5 g de cada amostra em pó foi diluída com 20 mL de solução de metanol 80% acidificado (ácido clorídrico 0,2%), facilitando a separação dos agentes encapsulantes e extração dos compostos. Após, os tubos foram depositados em banho ultrassônico por 15 minutos seguido de centrifugação a 3000 rpm por 5 minutos. O sobrenadante resultante foi utilizado na execução das análises de antocianinas.

Eficiência da encapsulação

Foi considerada como eficiência da encapsulação a relação da quantidade de antocianinas contidas no interior e exterior das cápsulas. Para avaliar o conteúdo de antocianinas no exterior das cápsulas utilizou-se a metodologia descrita por Tosoni e Rodrigues (2013), em que 0,5 g da casca encapsulada foi dissolvida em 20 mL de etanol absoluto P.A. em tubos falcon. Posteriormente, os tubos foram colocados em banho ultrassônico por 15 minutos seguido de centrifugação a 3000 rpm por 5 minutos. O interior da cápsula foi rompido seguindo a metodologia descrita no item Ruptura das cápsulas. O sobrenadante resultante foi utilizado na execução da análise de antocianinas. A eficiência da encapsulação (EE) foi calculada e expressa em porcentagem (%) aplicando a Equação:

$$\%EE = \frac{CT-CS}{CT} \times 100 \quad (\text{Eq. 14})$$

Onde CT a concentração total de antocianinas nas cápsulas e CS a concentração superficial de antocianinas nas cápsulas.

Retenção das antocianinas

Inicialmente foi determinada a quantidade de antocianinas presentes na casca de jaboticaba, seguindo a metodologia descrita no item Teor de antocianinas.

A retenção foi expressa em porcentagem, relacionando a quantidade de antocianinas contidas no pó e a quantidade inicial contida na solução, antes da operação de secagem, através da Equação:

$$\%RT = \frac{CT}{CI} \times 100 \quad (\text{Eq. 15})$$

Onde CT é a concentração total de antocianinas nas cápsulas e CI é a concentração inicial de antocianinas na casca de jaboticaba.

Medidas de Cor

A cor das amostras foi avaliada por medidas objetivas em colorímetro (Chroma Meter CR-400, Konica Minolta, Japão) com observador a 10° e iluminante D 65 pelas medidas de transmitância e de luminosidade. Antes de realizar a análise, o equipamento foi calibrado com as cores branco e preto padrão. Nesse sistema, L* representa a luminosidade da cor, com variações desde 0 = preto até o 100 = branco; a* pode ter valores positivos (vermelho) ou negativos (verde) e b* pode ter valores positivos (amarelo) ou negativos (azul). Variações de cor foram expressas pela diferença global de cor (ΔE^*) nos testes em relação ao extrato, pelo ângulo de tonalidade cromática (h) e pela saturação da cor (C*) na caracterização das microcápsulas, conforme as equações:

$$h = \arctg \left(\frac{b^*}{a^*} \right) \quad (\text{Eq. 16})$$

$$C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \quad (\text{Eq. 17})$$

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (\text{Eq. 18})$$

Análise Estatística

A análise estatística foi realizada utilizando o software STATISTICA 10.0 (Statsoft Inc. 2325 East 13th Street, Tulsa, OK, 74104, USA). Os dados foram avaliados por teste de Tukey com nível de significância de 5%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Cinética de secagem

A partir da Figura 1 é possível verificar a diferença antes e após a secagem da casca de jabuticaba em relação a cor e a massa. Segundo Dossiê (2013), a modificação de cor ocorre em decorrência do escurecimento enzimático que se dá através da ação da peroxidase e outras enzimas oxidativas, muito comum em frutas que passaram por um processo de secagem. Já em relação a perda de massa, Silva et al. (2013) verifica que durante a secagem ocorre um encolhimento e uma modificação da difusividade de massa efetiva, que ocorre devido as modificações na estrutura interna do produto, devido à perda de água ao longo do tempo.

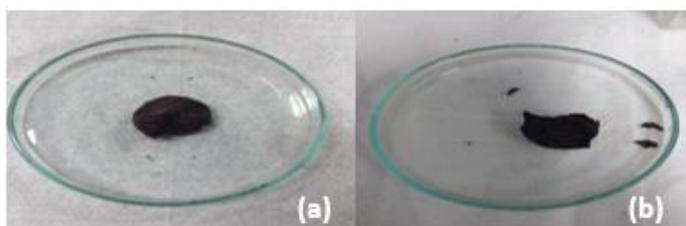


Figura 1. Casca de jabuticaba antes (a) e depois (b) do processo de secagem.

Através da desidratação das amostras, foi possível obter as curvas típicas de secagem. A Figura 2 mostra a variação da umidade livre em relação ao tempo de secagem a uma temperatura constante de 60 °C.

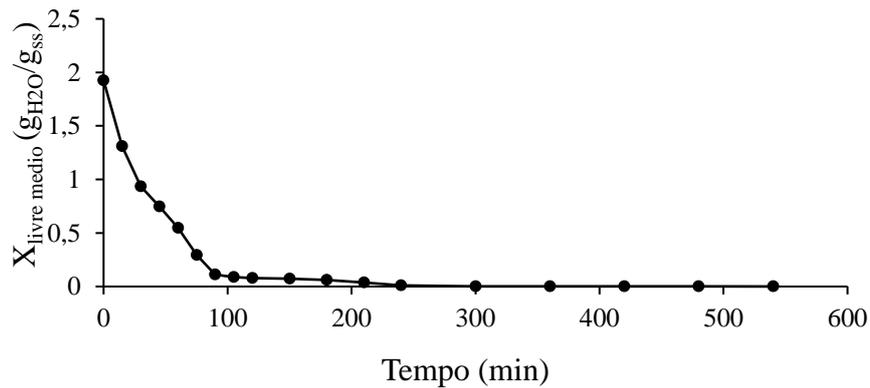


Figura 2. Curvas de secagem em condições constantes da casca de jabuticaba.

Na Figura 2 é possível visualizar que a umidade livre contida na amostra de casca de jabuticaba vai diminuindo ao longo do tempo até que se mantém constante. As amostras permaneceram expostas a circulação de ar por toda a casca, ocasionando a secagem, o que explica a umidade livre decrescente. No início, com o período decrescente na velocidade de secagem, tem-se a umidade crítica, que, de acordo com Marcinkowski (2006), corresponde ao teor de umidade a partir do qual a velocidade de migração de água do interior do produto até a sua superfície é menor do que a velocidade de retirada de água da superfície do produto através do ar de secagem. Tem-se neste caso uma umidade crítica de 1,93 (gH₂O g_{ss}⁻¹) e, em média, foram necessárias 9 horas para que as cascas de jabuticaba secassem até massa constante.

A Figura 3 ilustra a taxa de secagem em função da umidade livre da amostra de casca de jabuticaba, onde inscreva-se o ponto inicial (A), período da taxa constante de secagem (B-C) e a taxa decrescente (C-D).

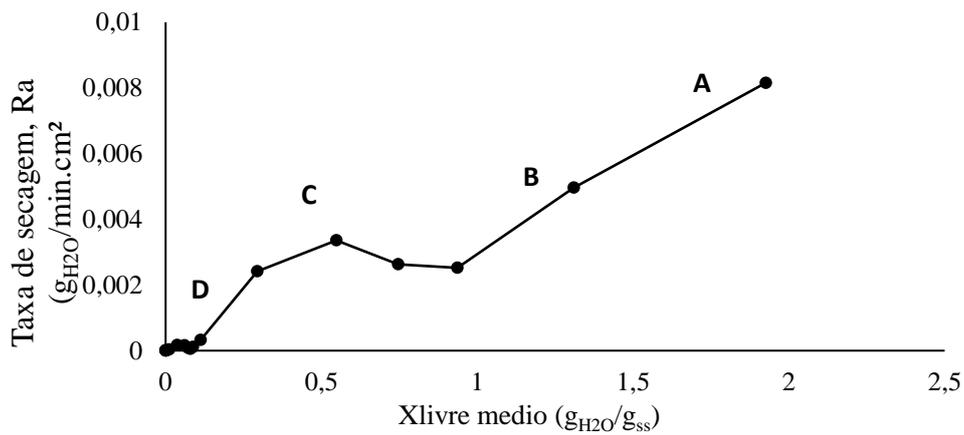


Figura 3. Representação da taxa de secagem.

Através da análise dos dados observa-se que no início do processo a remoção de umidade foi significativamente mais elevada quando comparada ao período final do processo. As curvas de taxa de secagem representam a variação do conteúdo de umidade do produto em relação ao tempo, ela resulta da derivação da curva de secagem em relação à quantidade de umidade e pode ser dividida em período de taxa constante de secagem e período de taxa decrescente de secagem (Park et al., 2007).

A partir dos dados obtidos da Figura 3, pode-se identificar o momento em que a velocidade se torna decrescente (C-D) para a secagem da casca de jabuticaba. Sendo a taxa de secagem de $0,00032 \text{ g}_{H_2O} \text{ min}^{-1} \cdot \text{cm}^{-2}$.

O modelo da 2ª Lei de Fick foi ajustado aos dados da secagem, sendo que a equação exponencial deste modelo é apresentada na Figura 4.

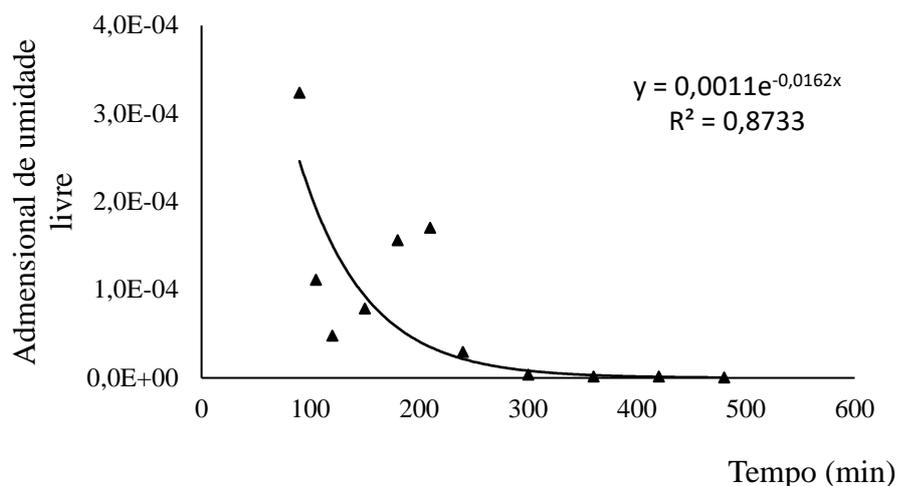


Figura 4. Cinética de secagem utilizando o modelo da 2ª Lei de Fick para casca de jabuticaba.

Através da 2ª Lei de Fick e dos valores gerados na equação das curvas da Figura 4, obtêm-se a constante de secagem (k), com valor de $-2,7 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}$, que ao ser aplicada na Equação 7, encontra-se a difusividade efetiva ($-D_{ef}$) da amostra, com o valor de $9,84 \times 10^{-12} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$. No estudo de secagem de jabuticaba *in natura*, Soares et al. (2014) obtiveram valores de difusividade efetiva da água da jabuticaba de $9,23 \times 10^{-11} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ e $1,56 \times 10^{-10} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$, nas temperaturas de 50 °C e 60 °C, respectivamente, valores superiores ao encontrado no presente estudo.

Composição proximal

Os valores encontrados nas análises de composição proximal da farinha da casca de jabuticaba são mostrados na Tabela 1.

Tabela 1. Composição proximal da farinha de casca de jabuticaba.

Análise	Resultado (g 100g⁻¹)
Umidade	5,3 ± 0,14
Cinzas	4,1 ± 0,16
Lipídeos	3,07 ± 0,06
Proteínas	7,97 ± 0,56
Fibras	13,77 ± 0,05
Carboidratos	65,78 ± 0,26

O teor de umidade da farinha foi de 5,30 g 100g⁻¹, dentro dos padrões exigidos pela RDC 263/2005, que estabelece um teor máximo de umidade de 15% para farinhas obtidas de frutos e sementes (Brasil, 2005). Segundo Selani et al. (2014), a baixa umidade diminui o risco de reações enzimáticas, não enzimáticas e contaminação microbiológica. Encontrou-se 3,07 g 100g⁻¹ de lipídeos na farinha de casca de jabuticaba, valor inferior ao encontrado por Ferreira et al. (2012), que obtiveram teores de lipídeos de 5,29 g 100g⁻¹ para farinha de casca de jabuticaba.

A farinha de casca de jabuticaba apresentou 4,10 g 100g⁻¹ de cinzas. O resultado obtido foi semelhante à pesquisa realizada por Vieites et al. (2011), que detectou a presença de 4,26 g 100g⁻¹ de cinzas na farinha de casca de jabuticaba. Os minerais são necessários para o desempenho das funções normais celulares, uma vez que, regulam a ativação de diversas enzimas, o equilíbrio ácido-base, a pressão osmótica, a atividade muscular e nervosa. (Vieites et al., 2011).

O teor de proteínas encontrado para a casca de jabuticaba no presente estudo de 7,97 g 100g⁻¹ está acima do valor relatado por Ferreira et al. (2012), que encontrou 5,23 g 100g⁻¹. De acordo com Boari-Lima et al. (2008) as cascas de jabuticaba são constituídas por proteínas e fibras alimentares, o que possibilita o seu aproveitamento para fabricação

de doces, podendo ser uma alternativa viável para a utilização dos resíduos que muitas vezes são descartados e não apresentam valor comercial.

As fibras são importantes agentes que influenciam a microbiota do trato gastrointestinal de humanos. O teor de fibra bruta encontrado na farinha de casca de jaboticaba foi de $13,77 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$. Para um alimento ser considerado como fonte de fibras é necessário que o mesmo contenha, no mínimo, 3g de fibras por porção de 100g e, desta maneira, a farinha de casca de jaboticaba se enquadra nesta classificação. Vieites et al. (2011) verificou que as cascas de jaboticabas analisadas continham $15,26 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$ de fibra bruta e em trabalho feito por Ferreira et al. (2012), que desenvolveram cookies com casca de jaboticaba, foram encontrados valores de $15,25 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$. Ambos os trabalhos indicam a casca de jaboticaba como alimento fortificado com fibras.

O teor de carboidratos obtido no presente estudo de $65,79 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$ foi superior ao encontrado por Ferreira et al. (2012), que foi de $58,70 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$. Este alto teor de carboidratos mostra a possibilidade de incorporação desta farinha em produtos, como para enriquecimento de pães, biscoitos e outras receitas.

Vizzoto et al. (2013) afirmam que vários fatores podem interferir na composição físico-química do fruto como temperatura, a maturidade dos frutos, diferenças genéticas entre cultivares, condições ambientais e processamento.

Potencial antioxidante do extrato da casca de jaboticaba

O potencial antioxidante expresso em EC_{50} demonstrou a quantidade dos compostos estudados (farinha da casca da jaboticaba) foram necessários para reduzir em 50% a ação do radical DPPH. Valores de EC_{50} baixos indicam um potencial antioxidante maior. A jaboticaba apresentou elevada atividade antioxidante, com $0,0169 \text{ g } \text{g}^{-1}$ DPPH.

Reynertson (2007), encontrou para o extrato metanólico de jabuticaba um EC_{50} $3,5 \times 10^{-5} \text{ g ml}^{-1}$. Eibond, Reynertson, Luo, Basile e Kennelly, (2004) trabalhando com extrato metanólico purificado de jabuticaba, encontraram um valor de EC_{50} de $6,2 \times 10^{-6} \text{ g ml}^{-1}$. Sendo assim, observa-se que as diferenças encontradas podem estar relacionadas ao tipo de extração e ao solvente extrator.

A ação antioxidante de um composto está diretamente relacionada com os componentes bioativos presentes e depende da estrutura química e concentrações destes fitoquímicos no alimento (Barreira, 2010). De acordo com Rufino et al. (2010), a farinha da casca de jabuticaba apresenta excelente atividade frente ao radical DPPH, comparada a frutos com reconhecida atividade antioxidante, o que confirma a grande proporção de compostos antioxidantes na casca deste fruto.

O resultado encontrado para compostos fenólicos totais na farinha de casca de jabuticaba foi de $43,47 \text{ mgEAG g}^{-1}$. Reynertson (2007) mostrou que os frutos inteiros *M. cauliflora* continham $31,63 \text{ gEAG kg}^{-1}$ de peso seco, que é um valor elevado em comparação com o pó liofilizado de várias espécies de mirtilo de $12,00$ e $14,81 \text{ gEAG kg}^{-1}$ (Dai; Gupte; Gates; Mumper, 2009). Rufino et al., (2010) e Araújo et al., (2013) relataram $35,84 \text{ gEAG kg}^{-1}$ e $31,1 \text{ gEAG kg}^{-1}$, respectivamente, em estudo sobre caracterização química de casca de jabuticaba, empregando a mesma metodologia.

Encontrou-se inicialmente no extrato de casca de jabuticaba $24,95 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$ para antocianinas totais. O teor encontrado foi elevado. Teores superiores foram reportados por Silva et al. (2011), no qual o conteúdo de antocianinas totais nas cascas frescas variou entre $111,01 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$ e $239,27 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$ de casca de jabuticaba. Bobbio (2000) analisando o fruto do açazeiro extraído e quantificado pelo mesmo método descrito por Lees & Francis (1972), utilizado neste trabalho, encontraram $263 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$ de

antocianinas na casca do fruto fresco. Lima et al. (2002), utilizando essa mesma metodologia, encontraram $16,2 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$ de antocianinas totais em pitanga roxa, valor inferior ao encontrado no presente trabalho. As variações podem ocorrer em razão das diferentes condições de extração envolvidas, como solvente extrator, pH, tempo de extração e relação casca: solvente.

CARACTERIZAÇÃO DAS MICROCÁPSULAS

O extrato de casca de jabuticaba e as cápsulas de extrato de casca de jabuticaba obtidas pelo processo de secagem no spray dryer podem ser visualizadas na Figura 5 e 6, respectivamente.

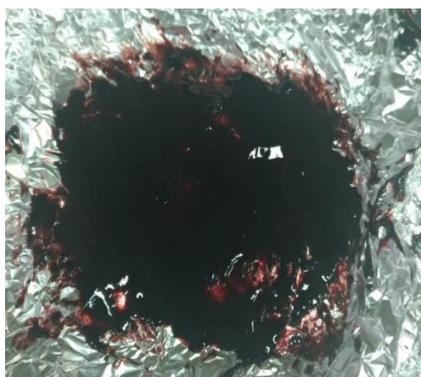


Figura 5. Extrato de casca de jabuticaba.

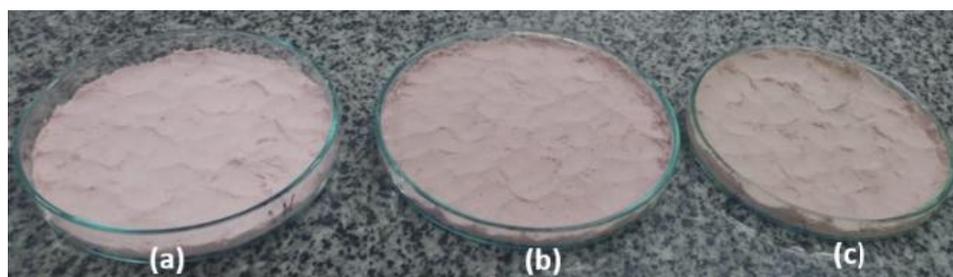


Figura 6. Cápsulas de extrato de casca de jabuticaba em diferentes materiais de parede: a) Maltodextrina b) Maltodextrina:Goma arábica c) Goma arábica.

Os resultados obtidos na caracterização das microcápsulas são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Caracterização das microcápsulas de extrato de casca de jabuticaba em matrizes de maltodextrina (MD), maltodextrina:goma arábica (MD:GA) e goma arábica (GA).

Teste	Atividade de água	Umidade (g. 100g ⁻¹)	Rendimento (%)	Solubilidade (%)	Molhabilidade (s)
MD	0,39±0,01 ^a	6,29±0,19 ^b	12,58	97,5±0,41 ^a	123±0,04 ^c
MD/GA	0,40±0,02 ^a	7,01±0,19 ^b	27,54	96,5±0,41 ^a	435±0,04 ^b
GA	0,40±0,03 ^a	8,03±0,24 ^a	36,05	96,0±0,82 ^a	2401±0,01 ^a

a, b... médias seguidas de mesmas letras nas colunas não diferem pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

Em relação aos resultados apresentados na Tabela 2 verifica-se que a análise de atividade de água e solubilidade não apresentaram diferença significativa ($p > 0,05$) entre os diferentes materiais de parede. Com relação aos resultados de umidade somente as cápsulas preparadas com goma arábica apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$) das demais cápsulas, para a análise de molhabilidade todas as amostras apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$) sendo as cápsulas preparadas com goma arábica com maior valor.

A atividade de água (A_w) é um dos parâmetros mais importantes para a estabilidade química, microbiológica e vida comercial dos alimentos, pois é a medida do grau em que a água está ligada ao alimento e está indisponível para a atividade química e microbiológica (Rahman; Labuza, 2007). No presente estudo encontrou-se valores de 0,37 a 0,38.

Os valores de A_w encontrados no presente estudo são desejáveis, uma vez que valores de atividade de água inferiores a 0,60 favorecem a estabilidade microbiológica das microcápsulas (Jay, 2005).

Os valores encontrados de A_w foram similares aos determinados por Silva et. al. (2013), de 0,33 e 0,39 em amostra de própolis encapsulada com goma arábica. Porrarud e Pranee (2010) encontraram valores semelhantes, de A_w 0,28 a 0,30, em microcápsulas

de clorofila com parede de maltodextrina/goma arábica. Valores de A_w de 0,20 a 0,28 também foram encontrados por Augusta (2011) ao microencapsular com maltodextrina 10 DE, pela técnica de pulverização, o corante extraído da casca de jambo.

A atividade de água (A_w) está relacionada a outros fatores como: a temperatura, a exposição à luz e ao oxigênio, à estabilidade e ao tempo de armazenamento de alimentos (Fennema, 2010).

A umidade final de um produto é um parâmetro muito importante para conhecermos o grau de perecibilidade de um produto. As médias dos valores de umidade para todos os testes constam na Tabela 2. Os dados mostram que os valores de umidade de todos os testes apresentaram-se elevados, pois para um bom processo de secagem por atomização, a umidade não deve apresentar valores maiores que 5% para garantir um prolongamento maior da vida útil do produto (Masters, 1985).

Tosoni (2015) encontrou resultados similares ao encapsular extrato de framboesa, sendo 7,3% e 8,0% para goma arábica e maltodextrina, respectivamente. Cai e Corke (2000) encontraram valores de umidade entre 1,95 e 6,98% ao empregar temperaturas do ar de secagem 150 e 210°C para encapsular betacianina com maltodextrinas. Já Loksuwan (2007) encontrou valores de umidade entre 2,00 e 6,00% ao encapsular β -caroteno com amido de mandioca. Ersus e Yurdagel (2007) obtiveram valores de umidade entre 2,74 e 3,42% ao encapsular antocianinas em matrizes de maltodextrina, empregando temperaturas de secagem de 160 a 200°C.

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 2 observa-se que o menor rendimento obtido para a encapsulação foi para a maltodextrina com 12,58% e maior para a goma arábica com 36,05%, enquanto que o ensaio utilizando goma arábica combinada com maltodextrina teve rendimento de 27,54%. Resultados semelhantes foram obtidos

por Pante (2014) ao encapsular polpa de amora preta utilizando goma arábica como material de parede (32,09%) e maltodextrina (25,90%). Souza (2013) ao encapsular os subprodutos de uvas tintas utilizando maltodextrina, obteve rendimento na faixa de 27,04 a 38,79%, resultado superior ao encontrado no presente trabalho.

Segundo Goula (2005) o rendimento pode ser influenciado pelas condições de secagem no spray dryer, como temperatura do ar de secagem de entrada, concentração dos compostos de interesse e tipo de agente encapsulante, vazão da alimentação da mistura, vazão de ar comprimido e vazão do ar de secagem.

A solubilidade de pós é uma característica muito importante pois ela está relacionada a dispersibilidade e propriedades de reconstituição e ressalta o bom resultado na escolha do material de parede (COSTA et al., 2013).

Observando os resultados apresentados na Tabela 2 verifica-se que todos os testes apresentaram alta solubilidade, variando de 96 a 97,5%, não diferindo significativamente ($p > 0,05$) entre si. Essa característica é positiva para o uso de pigmentos de casca de jaboticaba em alimentos líquidos.

Silva (2011) encontrou valores muito altos de solubilidade (98,27 – 96,06%) para encapsulados de pigmentos de resíduos de jaboticaba quando utilizado maltodextrina em diferentes concentrações como material de parede (10 – 30% massa/massa H₂O). Cano-Chauca et al. (2005), na avaliação da solubilidade de suco de manga em pó com o uso de diferentes carreadores, visualizaram que a solubilidade em água de pós contendo somente maltodextrina e goma arábica tiveram valores superiores a 90%, em concordância com o presente estudo. Da mesma maneira, Tonon (2009), ao avaliar a solubilidade em água de pós produzidos com maltodextrina e goma arábica observaram que esta foi muito elevada, com valores acima de 94%.

Além disso, Cano-Chauca et al. (2005) enfatizam que tratamentos com maltodextrina propiciam elevado grau de solubilidade, e por esta e outras propriedades físicas favoráveis, este é um dos carreadores mais utilizados em spray drying. Segundo Rosa et al. (2003), a solubilidade dos produtos atomizados depende, entre outros fatores, da temperatura do ar de secagem. Quanto maior a temperatura, maior o tamanho das partículas, o que promove uma maior solubilidade do pó.

A molhabilidade é um fator muito importante para o estudo da microencapsulação pois é este parâmetro que indica o tempo de reconstituição dessa microcápsula em água.

Observou-se que as microcápsulas utilizando maltodextrina apresentaram o menor valor para molhabilidade, sendo 123 s enquanto que o teste com apenas goma arábica apresentou o maior valor, com 2400 s. Para o teste utilizando maltodextrina combinada com goma arábica encontrou-se 435 s.

Processos de microencapsulação utilizando secagem por atomização com temperaturas de entrada de ar muito elevadas podem causar a formação de uma camada rígida, dificultando a difusão de água pelo material de parede, reduzindo assim a molhabilidade (Chegini & Ghobadian, 2007). Outro motivo que explica os altos valores de molhabilidade no ensaio utilizando goma arábica é o fato do tamanho das partículas serem muito pequenos, o que reduz a formação de interstícios na sua estrutura, acarretando um tempo muito grande de molhabilidade (Vissoto et al., 2006).

Bae & Lee (2008) citaram que uma possibilidade de tempos elevados para molhabilidade pode estar relacionado com o material hidrofóbico na superfície das partículas o que dificultaria penetração da água na partícula. Os autores também observaram que a redução do tempo de molhabilidade para os testes com maltodextrina em relação as amostras com goma arábica, pode ser devido as características hidrofílicas

da maltodextrina, ou seja, houve maior interação com a água pelas moléculas de maltodextrina que provavelmente contribuiu para uma maior ocorrência de grupos hidrofílicos nas partículas, reduzindo o tempo de instantaneização pela maior interação com a água.

Frascareli (2010) ao estudar a microencapsulação de óleo de café observou uma tendência na redução dos valores de molhabilidade das microcápsulas quando adicionados maltodextrina em amostras com goma arábica, obtendo-se 872 s para goma arábica e 506 s para maltodextrina combinada a goma arábica.

Fazendo uma correlação entre solubilidade e molhabilidade, obteve-se o valor de -0,8311, sendo uma correlação negativa significativa, mostrando que as variáveis são inversamente proporcionais, ou seja, quanto maior a solubilidade da amostra menor o tempo de molhabilidade.

A Tabela 3 mostra os resultados obtidos para eficiência da encapsulação e retenção de antocianinas das cápsulas de extrato de casca de jabuticaba em matrizes de maltodextrina e goma arábica.

Tabela 3. Eficiência da Encapsulação (%) e Retenção de Antocianinas (%) das cápsulas de extrato de casca de jabuticaba em matrizes de maltodextrina (MD) e maltodextrina: goma arábica (MD:GA) e goma arábica (GA).

Teste	Eficiência da Encapsulação (%)	Retenção de Antocianinas (%)
MD	47,53 ± 0,71 ^c	52,63 ± 1,2 ^c
MD:GA	56,11 ± 0,51 ^b	69,96 ± 0,03 ^b
GA	60,27 ± 0,14 ^a	81,59 ± 0,43 ^a

a, b... médias seguidas de mesmas letras nas colunas não diferem pelo teste de Tukey (p < 0,05).

Verifica-se na Tabela 3 que os resultados de eficiência de encapsulação e retenção de antocianinas apresentaram diferença significativa (p < 0,05) sendo os maiores valores para as cápsulas produzidas com GA, seguida da MD:GA e por último a MD.

Com o valor de antocianinas do extrato de casca de jabuticaba e com a quantidade de antocianinas superficial e total das cápsulas de maltodextrina, maltodextrina : goma arábica e goma arábica, calculou-se a eficiência de encapsulação (EE) e a retenção de antocianinas (RT), sendo que os valores encontrados estão apresentados na Tabela 3, tendo como eficiência 47,53% para maltodextrina, 56,11% para goma arábica com maltodextrina e 60,27% para goma arábica, e para retenção 52,63%, 69,96% e 81,59%, respectivamente. A eficiência de encapsulação mostra a quantidade de antocianinas que estão efetivamente encapsulados, ou seja, as antocianinas que estão protegidos pela matriz encapsulante descontando as que se encontram na superfície da partícula, enquanto que na retenção de antocianinas avalia-se a quantidade de antocianinas presentes na partícula, independente da sua localização, podendo estar na superfície da cápsula ou no seu interior. A eficiência depende, dentre outros fatores, da afinidade entre o material de parede e a substância a ser encapsulada.

A eficiência do processo de encapsulação foi maior para a amostra preparada com goma arábica e menor para a amostra preparada com maltodextrina. Valores similares foram encontrados por Rosa (2012) na encapsulação de extratos fenólicos de amora-preta com β -ciclodextrina e hidrogel, respectivamente, 52% e 46,5%. Mendes (2012) obteve eficiência de 46,14% ao encapsular urucum com goma arábica e Barbosa, Borsarelli e Mercadante (2005) reportaram eficiência de 54% para bixina encapsulada com maltodextrina.

A Tabela 4 apresenta os parâmetros de cor para o extrato de casca de jabuticaba e para as cápsulas obtidas do processo de secagem utilizando maltodextrina e goma arábica como materiais de parede.

Tabela 4. Parâmetros de cor a^* , b^* , L^* , C , h e ΔE para o extrato de casca de jabuticaba (ECJ) e para as cápsulas em matrizes de maltodextrina (MD) e maltodextrina : goma arábica (MD:GA) e goma arábica (GA).

Teste	a^*	b^*	L^*	C	H	ΔE
ECJ	4,09±0,01 ^d	1,24±0,01 ^d	15,3±0,24 ^d	4,27±0,05	16,87±0,02	
MD	13,19±0,06 ^a	3,58±0,07 ^c	77,74±0,26 ^a	13,66±0,07	15,19±0,27	63,14±0,39
MD/GA	12,08±0,07 ^b	5,18±0,02 ^b	66,15±0,18 ^b	13,14±0,07	23,21±0,12	51,79±0,41
GA	9,12±0,06 ^c	7,46±0,04 ^a	65,08±0,33 ^c	11,97±0,24	39,27±0,04	50,41±0,41

a, b... médias seguidas de mesmas letras nas colunas não diferem pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

Verifica-se na Tabela 4 que os resultados para os parâmetros de cor a^* , b^* e L^* apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$). Com relação ao parâmetro a^* todos os ensaios apresentaram valores positivos, variando de 4,09 a 13,19, indicando cor tendendo para o vermelho, o que é esperado, já que se trata de amostras provenientes de extrato de casca de jabuticaba, que é rica em antocianinas, que é um pigmento responsável pela coloração vermelha, azul e violeta em diferentes frutos e flores. Já para a coordenada b^* , tanto o extrato de casca de jabuticaba quanto as cápsulas obtidas com maltodextrina e goma arábica tenderam para o amarelo, justificadas pelos valores positivos encontrados.

Em relação a luminosidade (L^*) das cápsulas observa-se que todas apresentaram maior claridade, justificadas pelos valores elevados, sendo que o ensaio utilizando apenas goma arábica como material de parede foi o que apresentou menor valor, indicando assim uma amostra mais escura em relação às demais amostras, enquanto que a amostra utilizando maltodextrina obteve o maior valor, indicando uma amostra mais clara.

Comparando as cápsulas com o extrato de casca de jabuticaba, observou-se que o extrato apresentou valores baixos para L^* , o que mostra uma amostra escura.

Calculou-se os valores de ΔE de todas as amostras em relação ao extrato. De acordo com Obón et al. (2009), valores de $\Delta E^* < 1,5$ são considerados pequenos, indicando que a amostra é quase idêntica à original, por observação visual. Para $1,5 \leq \Delta E^* \leq 5$, a diferença de cor já pode ser distinguida, e esta diferença torna-se evidente para $\Delta E^* > 5$. Assim, vê-se que todas as amostras apresentaram grande diferença em relação ao extrato, sendo o teste utilizando maltodextrina o que apresentou a maior diferença.

CONCLUSÃO

Desta forma, pode-se concluir que a casca de jabuticaba apresenta elevado potencial antioxidante, com valores significativos de compostos fenólicos e antocianinas. Em relação a cinética de secagem observa-se que o processo de secagem da casca de jabuticaba foi eficiente, pois encontrou-se uma umidade de equilíbrio próximo de zero. O comportamento das curvas do adimensional de umidade e da taxa de secagem obtidos no presente estudo foram compatíveis com a maior parte das matérias-primas vegetais e alimentícias, sendo que os parâmetros de difusividade efetiva da secagem, estão próximos aos valores mencionados por outros autores. Na obtenção das microcápsulas, em todos os ensaios obteve-se microcápsulas com baixa atividade de água e umidade. O rendimento variou de 12,58% a 36,05%, sendo o ensaio utilizando apenas goma arábica, como material de parede, o que obteve maior rendimento. Todos os ensaios apresentaram alta solubilidade. Em relação a eficiência da encapsulação e retenção de antocianinas observou-se que o ensaio utilizando apenas goma arábica foi o que obteve os maiores valores. Na análise de cor viu-se que os pós resultantes apresentaram diferença em relação ao extrato. O ensaio utilizando goma arábica como material de parede foi o que

apresentou as melhores características para aplicação, como baixa atividade de água, alta retenção, eficiência e solubilidade. Assim, esses resultados indicam uma possibilidade de utilização dessas microcápsulas como corante em produtos alimentícios, como uma forma de obter benefícios e agregar valor ao produto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AOAC - Association of Official Analytical Chemists. 1995. Official methods of analysis of the Association of the Analytical Chemists. 16th ed. Washington.

AOAC - Association of Official Analytical Chemists. 2000. Official methods of analysis of the Association of the Analytical Chemists. 17th ed. Virginia.

Araújo, C. L. R. 2013. Composição química, potencial antioxidante e hipolipidêmico da farinha da casca de *Myrciaria Cauliflora* (jaboticaba). 139p. (Dissertação de Mestrado em Química Orgânica) - Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina (MG).

Augusta, I. M. 2011. Extração e secagem da casca de jambo vermelho (*Syzygium malaccensis*, (L.) Merryl et Perry) para obtenção de corante. 137 f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Programa de Pós- Graduação de Processos Químicos e Bioquímicos, Rio de Janeiro.

Bae, E. K.; Lee, S. J. 2008. Microencapsulation of avocado oil by spray drying using whey protein and maltodextrina. *Journal of Microencapsulation*, v. 25, n.8, p. 549-560.

- Barbosa, M. I. M. J.; Borsarelli, C. D.; Mercadante, A. Z. 2005. Light stability of spray-dried bix encapsulated with different edible polysaccharide preparations. *Food Research International*, v. 38, p. 989-994.
- Barreira, J.C.M. 2010. Caracterização biológica, química e nutricional de *Castanea sativa* Miller e *Prunus dulcis* (Miller) D.A.Webb. Tese de doutoramento, Faculdade de Farmácia da Universidade do Porto.
- Brand-Wiliams, W.; Cuvelier, M.E.; Berset, C. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Food Science and Technology*, v.28, p.25-30.
- Brasil. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC n. 263, 22 de setembro de 2005. Regulamento técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 23 set.*
- Boari Lima, A. J.; Corrêa, A. D.; Alves, A. P. C.; Abreu, C. M. P.; Dantas Barros, A. M. 2008. Caracterização química do fruto jabuticaba (*Myrciaria cauliflora*Berg) e de suas frações. *Archivos latinoamericanos de nutrición*, Caracas, v. 58, n. 4, p. 416-421.
- Bobbio, F.O. 2000. Identificação e quantificação das antocianinas do fruto de açazeiro (*Euterpeoleracea*) mart. *Revista da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos*. V.20, n.3; p. 388-390.
- Cai, Y. Z.; Corke, H. 2000. Production and properties of spray-dried *Amaranthus* betacyanin pigments. *Journal of Food Science*, v. 65, n. 6, p. 1248-1252.
- Cano-Chauca, M.; Stringheta, P. C.; Ramos, A. M.; Cal-Vidal, J. 2005. Effect of the carriers on the microstructure of mango powder spray drying and its functional

- characterization. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, v. 6, n. 4, p. 420-428.
- Cavalcanti, R. N.; Veggi, P. C.; Meireles, M. A. A. 2011. Supercritical fluid extraction with a modifier of antioxidant compounds from jaboticaba (*Myrciaria cauliflora*) byproducts: economic viability. *Procedia Food Science*, 1, 1672-1678.
- Chegini, G. R.; Ghobadian, B. 2007. Spray dryer parameters for fruits juice drying. *World Journal of Agricultural Science*, v. 3, n.2, p. 230-236.
- Costa, J. M. G. 2013. Eficiência de diferentes encapsulantes e condições operacionais de secagem por atomização na produção e aplicação de micropartículas de bioaroma de queijo suíço. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos). Departamento de Ciência dos Alimentos, UFLA. Lavras-MG.
- Crank, J. *The mathematics of diffusion*. 2. ed. Oxford: S.I. Clarendon Press, 1975. 414p.
- Dai, J.; Gupte, A.; Gates, L.; Mumper, R. J. 2009. A comprehensive study of anthocyanin-containing extracts from selected blackberry cultivars: extraction methods, stability, anticancer properties and mechanisms. *Food and Chemical Toxicology*, Oxford, v. 47, n. 4, p. 837–847.
- Del-Valle, E. M. M. 2004. Cyclodextrins and their uses: a review. *Process Biochemistry*, Amsterdam, v. 39, p. 1033- 1046.
- Dossiê alimentos desidratados. 2013. *Revista Food Ingredients Brasil – FI*. N 26, P 58-71. Disponível em: <http://www.revista-fi.com/materias/338.pdf>
- Eibond, L.S.; Reynertson, K.A.; Luo, X.; Basile, M.J.; Kennely, E.J. 2004. Anthocyanin antioxidants from edible fruits. *Food Chemistry*, v. 84, p.23-28.

- Ersus, S.; Yurdagel, U. 2007. Microencapsulation of anthocyanin pigments of black carrot (*Daucus carota* L.) by spray drier. *Journal of Food Engineering*, v. 80, n. 3, p. 805-812.
- Fennema, Owen R. *Química de Alimentos de Fennema*. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.
- Ferreira, A. E.; Ferreira, B. S.; Lages, M. M. B.; Rodrigues, V. A. F.; Thé, P. M. P.; Pinto, N. A. V. D. 2012. Produção, caracterização e utilização da farinha de casca de jabuticaba em biscoitos tipo cookie. *Alim. Nutr.*, Araraquara, v. 23, n. 4, p. 603-607, out./dez.
- Frascareli, E. C. 2010. Microencapsulação de óleo de café através de secagem por atomização: avaliação das propriedades da emulsão e do tipo de material de parede sobre as características do pó. Dissertação (Mestre em Engenharia de Alimentos). 153 f. Faculdade de Engenharia de Alimentos (FEA), Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas.
- Fuchs, M. Turchiuli, C.; Bohin, M.; Cuvelier, M. E.; Ordonnaud, C., Peyrat-Maillard, M. N; Dumoulin, E. 2006. Encapsulation of oil in powder using spray drying and fluidised bed agglomeration. *Journal of Food Engineering*, Essex, v. 75, n. 1, p. 27–35.
- Goula, A. M.; Adamopoulos, K. G. 2005. Spray drying of tomato pulp in dehumidified air: 1. The effect on product recovery. *Journal of Food Engineering*, v. 66, p. 25-34.
- Hertog, M.G.L.; Hollman PCH, Katan MB, Kromhout D. 1993. *Nutr. Cancer*, v.20, p.21-29.
- Jay, J. M. 2005. *Microbiologia de Alimentos*. 6 ed. Artmed, 712p.

- Lees, D.H.; Francis, F. G. 1972. Standardization of pigment analysis in cranberries. Hortoscience, v. 7, p. 83-83.
- Lima, V. L. A. G.; Mélo, E. A.; Lima, D. E. S. 2002. Fenólicos e carotenoides totais em pitanga roxa. Scientia Agricola, Piracicaba, v. 59(3), 447-450.
- Loksuwan, J. 2007. Characteristics of microencapsulated [beta]-carotene formed by spray drying with modified tapioca starch, native tapioca starch and maltodextrin. Food Hydrocolloids, v.21, n.5-6, p.928-935.
- Masters, K. 1985. Spray Drying: An introduction to principles, operation practice and application. Leonard Hill Books, London.
- Mendes, L. G. 2012. Microencapsulação do corante natural de urucum: uma análise da eficiência da goma do cajueiro como material de parede. 2012. 132 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.
- Obón, J. M.; Castellar, M. R.; Alacid, M.; Fernandez-Lopez, J. A. 2009. Production of a red-purple food colorant from *Opuntia stricta* fruits by spray drying and its application in food model systems. Journal of Food Engineering, v. 90, n. 4, p. 471-479.
- Oliveira, A. L. 2003. Caracterização tecnológica de jabuticabas Sabará provenientes de diferentes regiões de cultivo. Ver. Bras. Frutic. V. 25, p. 397-400.
- Pante, G. C. 2014. Desenvolvimento, encapsulação e caracterização da polpa integral de amora-preta (*Rubus sp.*) aplicada em frozen yogurt. 52 f. Trabalho de Conclusão de Curso. Tecnologia em Alimentos. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão.
- Park, K.J., Antonio, G.C., Oliveira, R.A., Park, K.J.B. 2007. Apostila de conceitos de

- processo e equipamentos de secagem, Campinas, CT&EA – Centro de Tecnologia e Engenharia Agroindustrial.
- Pitalua, E.; Jimenez, E. J.; Vernon-Carter, C. I. 2010. Antioxidative activity of microcapsules with beetroot juice using gum Arabic as wall material. *Food and Bioproducts Processing*, v.88, p. 253-258.
- Porrarud, S.; Pranee, A. 2010. Microencapsulation of Zn-chlorophyll pigment from Pandan leaf by spray drying and its characteristic. *International Food Research Journal*, v. 17, pp. 1031-1042.
- Rahman, M.S.; Labuza, T.P. 2007. Water activity and food preservation. In: RAHMAN, M.S. *Handbook of Food Preservation*. 2 ed. New York:.. p. 447-476.
- Ré, M. I. Microencapsulation by spray drying. *Drying Technology*, Philadelphia, v. 16, n. 6, p. 1195-1236, 1998. Disponível em < <http://dx.doi.org/10.1080/07373939808917460> > Acesso em 20 de junho de 2018.
- Reynertson, K. A. 2007. Phytochemical analysis of bioactive constituents from edible Myrtaceae fruits. New York: Thesis-Graduate Faculty in Biology—City University of New York.
- Marcinkowski. 2006. Estudo da cinética de secagem, curvas de sorção e predição de propriedades termodinâmicas da proteína texturizada de soja.
- Matté, G. M., Rosa, S. 2003. A tecnologia da microencapsulação através das microesferas de quitosana. *Revista Iberoamericana de Polímeros*, v. 14, n. 5.
- Rosa, C. G. 2012. Microencapsulação de extratos metanólicos de amora-preta (*Rubus Fruticosus*) e ácido gálico. 112f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Agroindustrial. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

- Rufino, M. S. M.; Alves, R. E.; Brito, E. S.; Jimenez, J. P.; Calixto, F. S.; Filho, J. M. 2010. Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. *Food Chemistry*, v. 121, p. 996- 1002.
- Selani, M. M.; Brazaca, S. G. C.; Dias, C. T. S.; Ratnayake, W. S.; Flores, R. A.; Bianchini, A. 2014. Characterization and potential application of pineapple pomace in an extruded product for fibre enhancement. , *Food Chemistry* London, v. 163, p. 23-30.
- Silva, B. M. 2004. Quince (*Cydonia oblonga* Miller) Fruit (Pulp, Peel and Seed) and Jam: antioxidant activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 52, n. 15, p. 4705-4712.
- Silva, M. C. 2011. Aproveitamento do resíduo do despulpamento da jabuticaba (*Myrciaria cauliflora*) para obtenção de pigmento com propriedades funcionais. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos). Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos (FZEA), Pirassununga-SP.
- Silva, W.P., Silva, C.M.D.P.S., Gomes J.P. 2013. Drying description of cylindrical pieces of bananas in different temperatures using diffusion models *Journal of Food Engineering.*, 117 (3), pp. 417-424.
- Silva, F. C ; Fonseca, C. R.; Alencar, S. M ; Thomazini, M. ; Balieiro, J. C. C.; Pittia, P. Favaro-Trindade, C. S. 2013. Assessment of production efficiency, physicochemical properties and storage stability of spray-dried propolis, a natural food additive, using gum Arabic and OSA starch-based carrier systems. *Food and bioproducts processing*. v. 9, n. 1, p. 28–36.

- Singleton, V. L.; Rossi, J. A. 1965. Colorimetry of phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, v. 16, n. 3, p. 144-158.
- Soares, D. S. C.; Costa, D. G.; Santos, J. T. S.; Abud, A. K. S.; Nunes, T. P.; Oliveira Júnior. 2014. The use of performance indicators for evaluating models of drying jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* L.): Page, Midilli, and Lewis. *International Journal of Biological, Biomolecular, Agricultural, Food and Biotechnological Engineering*, v. 8, n. 2.
- Souza, V. B. 2013. Aproveitamento dos subprodutos de vinificação de uva Bordô (*Vitis labrusca*) para obtenção de pigmentos com propriedades funcionais. 2013. 123 f. Dissertação (Mestrado Ciências da Engenharia de Alimentos), Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga.
- Tonon, R. B. 2009. Secagem por atomização do suco de açaí. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos). 242f. Faculdade de Engenharia de Alimentos, UNICAMP.
- Tosoni, S. F.; Rodrigues, V. C. 2013. Características físico-químicas e antioxidantes de própolis microencapsulada com diferentes tipos de materiais de parede. 2013. 37 f. Trabalho de Curso (Tecnologia em Alimentos), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão.
- Tosoni, N.F. 2015. Encapsulação e caracterização do extrato aquoso de framboesa (*Rubus idaeus*) para aplicação como corante. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia de Alimentos), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão.
- Vieites, R. L.; Daiuto, E. R.; Moraes, M. R.; Neves, L. C.; Carvalho, L. R. C. 2011. Caracterização físico-química, bioquímica e funcional da jabuticaba armazenada

sob diferentes temperaturas. Revista Brasileira de Fruticultura, v. 33, n. 2, p. 362-375.

Vissoto, F. Z.; Montenegro, F. M.; Santos, J. M.; Oliveira, S. J. R. 2006. Avaliação da influência dos processos de lecitinação e de aglomeração nas propriedades físicas de achocolatado em pó. Ciências e Tecnologia de Alimentos, Campinas, v.26, n.3, p.666-671.

Vizzoto, M.; Araújo, V. F.; Pereira, M.C.; Bialves, T. s.; Visogno, G. K. 2013. Compostos fenólicos e atividade antioxidante de diferentes cultivares e seleções de mirtilo dos grupos highbush e rabboteye. Congrega Urcamp. 11º Jornada de Pós Graduação e Pesquisa.

ANEXOS

INSTRUÇÕES PARA AUTORES – REVISTA ACTA AMAZONICA

Como parte do processo de submissão, os autores devem verificar a conformidade da submissão em relação a todos os itens listados a seguir. Submissões que não estejam de acordo com as normas são devolvidas aos autores.

1. O tamanho máximo de um arquivo individual deve ser 2 MB.
2. O manuscrito deve ser acompanhado de uma carta de submissão indicando que: a) os dados contidos no trabalho são originais e precisos; b) que todos os autores participaram do trabalho de forma substancial e estão preparados para assumir responsabilidade pública pelo seu conteúdo; c) a contribuição apresentada à Revista não foi previamente publicada e nem está em processo de publicação, no todo ou em parte em outro veículo de divulgação. A carta de submissão deve ser carregada no sistema da Acta Amazonica como "documento suplementar".
3. **Os manuscritos devem ser escritos em inglês.** A veracidade das informações contidas numa submissão é de responsabilidade exclusiva dos autores.
4. A extensão máxima para artigos e revisões é de 30 páginas (ou 7500 palavras, excluindo a folha de rosto), dez páginas (2500 palavras) para Notas Científicas e cinco páginas para outros tipos de contribuições.
5. Os manuscritos formatados conforme as Instruções aos Autores são enviados aos editores associados para pré-avaliação. Neste primeiro julgamento são levados em consideração a relevância científica, a inteligibilidade do manuscrito e o escopo no contexto amazônico. Nesta fase, contribuições fora do escopo da Revista ou de pouca relevância científica são rejeitadas. Manuscritos aprovados na pré-avaliação são enviados para revisores (pelo menos dois), especialistas de instituições diferentes daquelas dos autores, para uma análise mais detalhada.
6. A aprovação dos manuscritos está fundamentada no conteúdo científico e na sua apresentação conforme as Normas da Revista.
7. Os manuscritos que necessitam correções são encaminhados aos autores para revisão. A versão corrigida deve ser encaminhada ao Editor, via sistema da Revista, no prazo de DUAS semanas. Uma carta de encaminhamento deve ser também carregada no sistema da Revista, detalhando as correções efetuadas. Nessa carta, recomendações não

incorporadas ao manuscrito devem ser explicadas. Todo o processo de avaliação pode ser acompanhado no endereço, <http://mc04.manuscriptcentral.com/aa-scielo>.

8. Seguir estas instruções para preparar e carregar o manuscrito:

a. Folha de rosto (Title page): Esta página deve conter o título, nomes (com último sobrenome em maiúscula), endereços institucionais completos dos autores e endereço eletrônico do autor correspondente. Os nomes das instituições não devem ser abreviados. Usar um asterisco (*) para indicar o autor correspondente.

Carregar este arquivo selecionando a opção: "Title page"

b. Corpo do manuscrito (main document). O corpo do manuscrito deve ser organizado da seguinte forma: Título, Resumo, Palavras-Chave, Introdução, Material e Métodos, Resultados, Discussão, Conclusões, Agradecimentos, Bibliografia Citada, Legendas de figuras e Tabelas. Além do “main document” em inglês, o manuscrito deve ter “Título, Resumo e Palavras-chave” em português ou espanhol.

Carregar este arquivo como "Main document".

c. Figuras. São limitadas a sete em artigos. Cada figura deve ser carregada em arquivo separado e estar em formato gráfico (JPG ou TIFF). Deve ser em alta qualidade e com resolução de 300 dpi. Para ilustrações em bitmap, utilizar 600 dpi.

Carregar cada um destes arquivos como "Figure".

d. Tabelas. São permitidas até cinco tabelas por artigo. Utilizar espaço simples e a função "tabela" para digitar a tabela. As tabelas devem ser inseridas ao final do corpo do manuscrito (main document), após as legendas das figuras.

9. As Notas Científicas são redigidas separando os tópicos: Introdução, Material e Métodos, Resultados, Discussão e Conclusões em parágrafos, mas sem incluir os títulos das seções. Os outros tópicos da Nota Científica devem seguir o formato do artigo completo. São permitidas até três figuras e duas tabelas. Carregar as diferentes partes do manuscrito como descrito no Item 8.

10. Nomes dos autores e endereço institucional completo, incluindo endereço electrónico DEVEM ser cadastrados no sistema da Revista no ato da submissão.

11. **IMPORTANTE:** Os manuscritos não formatados conforme as Normas da Revista NÃO são aceitos para publicação.

FORMATO E ESTILO

12. Os manuscritos devem ser preparados usando editor de texto (e.g. doc ou docx), utilizando fonte "Times New Roman", tamanho 12 pt, espaçamento duplo, com margens de 3 cm. As páginas e as linhas devem ser numeradas de forma contínua. Para tabelas ver Item 8d.

13. Título. Justificado à esquerda, com a primeira letra maiúscula. O título deve ser conciso evitando-se o uso de nomes científicos.

14. Resumo. Deve conter até 250 palavras (150 palavras no caso de Notas Científicas). Iniciar o Resumo com uma breve introdução, logo a seguir informar os objetivos de forma clara. De forma sucinta informar a metodologia, os resultados e as conclusões enfatizando aspectos importantes do estudo. O resumo deve ser autossuficiente para a sua compreensão. Os nomes científicos das espécies e demais termos em latim devem ser escritos em itálico. Siglas devem ser evitadas nesta seção; porém, se necessárias, o significado deve ser incluído. Não utilizar referências bibliográficas no resumo.

15. Palavras-chave. Devem ser em número de quatro a cinco. Cada palavra-chave pode conter dois ou mais termos. Porém, não devem ser repetidas palavras utilizadas no título.

16. Introdução. Enfatizar o propósito do trabalho e fornecer, de forma sucinta, o estado do conhecimento sobre o tema em estudo. Especificar claramente os objetivos ou hipóteses a serem testados. Esta seção não deve exceder de 35 linhas. Não incluir resultados ou conclusões e não utilizar subtítulos na Introdução. Encerrar esta seção com os objetivos.

17. Material e Métodos. Esta seção deve ser organizada cronologicamente e explicar os procedimentos realizados, de tal modo que outros pesquisadores possam repetir o estudo. O procedimento estatístico utilizado deve ser descrito nesta seção. O tipo de análise estatística aplicada aos dados deve ser descrita. Procedimentos-padrão devem ser apenas referenciados. As unidades de medidas e as suas abreviações devem seguir o Sistema Internacional e, quando necessário, deve constar uma lista com as abreviaturas utilizadas. Equipamento específico utilizado no estudo deve ser descrito (modelo, fabricante, cidade e país de fabricação, entre parênteses). Por exemplo: "A fotossíntese foi determinada usando um sistema portátil de trocas gasosas (Li-6400, Li-Cor, Lincoln, NE, USA)". Material testemunho (amostra para referência futura) deve ser depositado em uma ou mais coleções científicas e informado no manuscrito. NÃO utilizar sub-subtítulos nesta seção. Utilizar negrito, porém não itálico ou letras maiúsculas para os subtítulos.

18. Aspectos éticos e legais. Para estudos que exigem autorizações especiais (e.g. Comitê de Ética/Comissão Nacional de Ética em Pesquisa - CONEP, IBAMA, SISBIO, CNPq, CNTBio, INCRA/FUNAI, EIA/RIMA, outros) informar o número do protocolo e a data de aprovação. É responsabilidade dos autores o cumprimento da legislação específica relacionada a estes aspectos.

19. Resultados. Os resultados devem apresentar os dados obtidos com o mínimo julgamento pessoal. Não repetir no texto toda a informação contida em tabelas e figuras. Não apresentar a mesma informação (dados) em tabelas e figuras simultaneamente. Não utilizar sub-subtítulos nesta seção. Algarismos devem estar separados de unidades. Por exemplo, 60 °C e NÃO 60° C, exceto para percentagem (e.g., 5% e NÃO 5 %).

Unidades: Utilizar unidades e símbolos do Sistema Internacional e simbologia exponencial. Por exemplo, cmol kg^{-1} em vez de meq/100g; m s^{-1} no lugar de m/s. Use espaço no lugar de ponto entre os símbolos: m s^{-1} e não m.s^{-1} ; use “-” e não “-” para indicar número negativo. Por exemplo: -2 no lugar de -2. Use kg e não Kg; km no lugar de Km.

20. Discussão. A discussão deve ter como alvo os resultados obtidos. Evitar mera especulação. Entretanto, hipóteses bem fundamentadas podem ser incorporadas. Apenas referências relevantes devem ser incluídas.

21. Conclusões. Esta seção (um parágrafo) deve conter uma interpretação sucinta dos resultados e uma mensagem final que destaque as implicações científicas do trabalho.

22. Agradecimentos devem ser breves e concisos. **Incluir agência(s) de fomento.** NÃO abreviar nomes de instituições.

23. Bibliografia Citada. Pelo menos 70% das referências devem ser artigos de periódicos científicos. As referências devem ser preferencialmente dos últimos 10 anos, evitando-se exceder 40 citações. Esta seção deve ser organizada em ordem alfabética e deve incluir apenas citações mencionadas no manuscrito. Para referências com mais de dez autores, relacionar os seis primeiros seguido de *et al.* Nesta seção, o título do periódico NÃO deve ser abreviado.

Observar os exemplos abaixo:

a) Artigos de periódicos:

Villa Nova, N.A.; Salati, E.; Matsui, E. 1976. Estimativa da evapotranspiração na Bacia Amazônica. *Acta Amazonica*, 6: 215-228.

Artigos de periódicos que não seguem o sistema tradicional de paginação:

Ozanne, C.M.P.; Cabral, C.; Shaw, P.J. 2014. Variation in indigenous forest resource use in Central Guyana. *PLoS ONE*, 9: e102952.

b) Dissertações e teses:

Ribeiro, M.C.L.B. 1983. *As migrações dos jaraquis (Pisces: Prochilodontidae) no rio Negro, Amazonas, Brasil*. Dissertação de Mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/ Fundação Universidade do Amazonas, Manaus, Amazonas. 192p.

c) Livros:

Steel, R.G.D.; Torrie, J.H. 1980. *Principles and procedures of statistics: a biometrical approach*. 2da ed. McGraw-Hill, New York, 1980, 633p.

d) Capítulos de livros:

Absy, M.L. 1993. Mudanças da vegetação e clima da Amazônia durante o Quaternário. In: Ferreira, E.J.G.; Santos, G.M.; Leão, E.L.M.; Oliveira, L.A. (Ed.). *Bases científicas para estratégias de preservação e desenvolvimento da Amazônia*. v.2. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, Amazonas, p.3-10.

e) Citação de fonte eletrônica:

CPTEC, 1999. Climanalise, 14: 1-2 (www.cptec.inpe.br/products/climanalise). Acesso em 19/05/1999.

f) Citações com mais de dez autores:

Tseng, Y.-H.; Kokkotou, E.; Schulz, T.J.; Huang, T.L.; Winnay, J.N.; Taniguchi, C.M.; *et al.* 2008. New role of bone morphogenetic protein 7 in brown adipogenesis and energy expenditure. *Nature* 454:1000-1004.

23. Citações de referências no texto. As referências devem seguir ordem cronológica. Para duas ou mais referências do mesmo ano citar conforme a ordem alfabética.

Exemplos:

a) Um autor:

Pereira (1995) ou (Pereira 1995).

b) Dois autores:

Oliveira e Souza (2003) ou (Oliveira e Souza 2003).

c) Três ou mais autores:

Rezende *et al.* (2002) ou (Rezende *et al.* 2002).

d) Citações de anos diferentes (ordem cronológica):

Silva (1991), Castro (1998) e Alves (2010) ou (Silva 1991; Castro 1998; Alves 2010).

e) Citações no mesmo ano (ordem alfabética):

Ferreira *et al.* (2001) e Fonseca *et al.* (2001); ou (Ferreira *et al.* 2001; Fonseca *et al.* 2001).

FIGURAS

25. Fotografias, desenhos e gráficos devem ser de alta resolução, em preto e branco com alto contraste, numerados sequencialmente em algarismos arábicos. NÃO usar tonalidades de cinza em gráficos de dispersão (linhas ou símbolos) ou gráficos de barra. Em gráfico de dispersão usar símbolos abertos ou sólidos (círculos, quadrados, triângulos, ou losangos) e linhas em preto (contínuas, pontilhadas ou tracejadas). Para gráfico de barra, usar barras pretas, bordas pretas, barras listradas ou pontilhadas. Na borda da área de plotagem utilizar uma linha contínua e fina, porém NÃO usar uma linha de borda na área do gráfico. Em figuras compostas cada uma das imagens individuais deve ser identificada com uma letra maiúscula posicionada no canto superior direito, dentro da área de plotagem.

26. Evitar legendas desnecessárias na área de plotagem. Nos títulos dos eixos ou na área de plotagem NÃO usar letras muito pequenas (< tamanho 10 pt). Nos eixos usar marcas de escala internas. NÃO usar linhas de grade horizontais ou verticais, exceto em mapas ou ilustrações similares. O significado das siglas utilizadas deve ser descrito na legenda da figura. Cada eixo do gráfico deve ter o seu título e a unidade. Evitar muitas subdivisões nos eixos (cinco a seis seriam suficientes). Em mapas incluir escala e pelo menos um ponto cardeal.

27. As figuras devem ser elaboradas de forma compatível com as dimensões da Revista, ou seja, largura de uma coluna (8 cm) ou de uma página 17 cm e permitir espaço para a legenda. As ilustrações podem ser redimensionadas durante o processo de produção para adequação ao espaço da Revista. Na figura, quando for o caso, a escala deve ser indicada por uma barra (horizontal) e, se necessário, referenciadas na legenda da figura. Por exemplo, barra = 1 mm.

28. Citação de figuras no texto. As figuras devem ser citadas com letra inicial maiúscula, na forma direta ou indireta (entre parêntesis). Por exemplo: Figura 1 ou (Figura 1). Na legenda, a figura deve ser numerada seguida de ponto antes do título. Por exemplo:

"Figura 1. Análise...". Definir na legenda o significado de símbolos e siglas usados. Figuras devem ser autoexplicativas.

29. Figuras de outras autorias. Para figuras de outras autorias ou publicadas anteriormente, os autores devem informar explicitamente no manuscrito que a permissão para reprodução foi concedida. Carregar no sistema da Revista (não para revisão), como documento suplementar, o comprovante outorgado pelo detentor dos direitos autorais.

30. Adicionalmente às figuras inseridas no sistema em formato TIFF ou JPG, os gráficos preparados usando Excel ou SigmaPlot podem ser carregados como arquivos suplementares (selecionando a opção Not for review).

31. Ilustrações coloridas. Fotografias e outras ilustrações devem ser preferencialmente em preto e branco. Ilustrações coloridas são aceitas, mas o custo de impressão é por conta dos autores. Sem custo para os autores, podem ser usadas ilustrações em preto e branco na versão impressa e coloridas na versão eletrônica. Nesse caso, isso deve ser informado na legenda da figura. Por exemplo, adicionando a sentença: " this figure is in color in the electronic version". Esta última informação é para os leitores da versão impressa.

Os autores podem ser convidados a enviar uma fotografia colorida, para ilustrar a capa da Revista. Nesse caso, não há custos para os autores.

TABELAS

32. As tabelas devem ser organizadas e numeradas sequencialmente com algarismos arábicos. A numeração e o título (legenda) devem estar em posição superior à tabela. A tabela pode ter notas de rodapé. O significado das siglas e dos símbolos utilizados na tabela (cabeçalhos, etc.) devem ser descritos no título. Usar linhas horizontais acima e abaixo da tabela e para separar o cabeçalho do corpo da tabela. Não usar linhas verticais.

33. As tabelas devem ser elaboradas em editor de texto (e.g. doc ou docx) e não devem ser inseridas no texto como imagem (e.g. no formato JPG).

34. A citação das tabelas no texto pode ser na forma direta ou indireta (entre parêntesis), por extenso, com a letra inicial maiúscula. Por exemplo: Tabela 1 ou (Tabela 1). Na legenda, a tabela deve ser numerada seguida de ponto antes do título: Por exemplo: "Tabela 1. Análise...". Tabelas devem ser autoexplicativas.

INFORMAÇÕES

ADICIONAIS

1. A Acta Amazonica pode efetuar alterações de formatação e correções gramaticais no

manuscrito para ajustá-lo ao padrão editorial e linguístico. As provas finais são enviadas aos autores para a verificação. Nesta fase, apenas os erros tipográficos e ortográficos podem ser corrigidos. Nessa etapa, NENHUMA alteração de conteúdo pode ser feita no manuscrito. Se isso for necessário o manuscrito deve retornar ao processo de avaliação.

2. A Acta Amazonica não cobra taxas para publicação. Além disso, não há pagamento de taxa para submissão e avaliação de manuscritos. Informações adicionais podem ser obtidas por e-mail acta@inpa.gov.br. Para informações sobre um determinado manuscrito, deve-se fornecer o número de submissão.

3. As assinaturas da Acta Amazonica podem ser pagas com cheque ou vale postal. Para o exterior, a assinatura institucional custa US\$ 100,00 e a assinatura individual US\$ 75,00.

Para contato: acta@inpa.gov.br.

Tel.: (55 92) 3643-3643 ou fax: (55 92) 3643-3029.