



**Série
Tecnologia**

Secador de camada fixa com ventilação forçada de ar para castanha-do-brasil com casca: uma alternativa para as comunidades extrativistas

Autores:

**Roberta Martins Nogueira
Virgínia de Souza `Álvares
Cleisa Brasil da Cunha Cartaxo**

Sinop - MT

**Roberta Martins Nogueira
Virgínia de Souza Álvares
Cleisa Brasil da Cunha Cartaxo**

**Secador de camada fixa com ventilação
forçada de ar para castanha-do-brasil
com casca: uma alternativa para as
comunidades extrativistas**

1ª Edição

**Editora
Fundação UNISELVA**



Cuiabá – Mato Grosso

© 2022 by Fundação UNISELVA

Direitos de Edição reservados aos Autores.

Todos os direitos reservados. Nenhuma parte desta publicação pode ser reproduzida, apropriada e estocada, por qualquer forma ou meio, sem autorização do detentor dos seus direitos de edição.

Ficha catalográfica elaborada pela Seção de Catalogação e Classificação da Biblioteca Regional da UFMT-Sinop

N778s Nogueira, Roberta Martins.

Secador de camada fixa com ventilação forçada de ar para castanha-do-brasil com casca: uma alternativa para as comunidades extrativistas / Roberta Martins Nogueira. - Sinop: Do Autor, 2022.

26p. (Série Tecnologia – MT Ciência.)

ISBN 978-65-86743-91-3

1. Pós-Colheita. 2. Secagem. 3. Qualidade. I. Virgínia de Souza Álvares. II. Cleisa Brasil da Cunha Cartaxo. III. Título.

CDU 630.0

Arte da capa e diagramação do livro: Roberta Martins Nogueira

Impresso no Brasil

AUTORES

Roberta Martins Nogueira. Eng^a. Agrícola e Ambiental, Mestre e Doutora Engenharia Agrícola - UFV. Pós-doutorado pela University of Minnesota-EUA. Professora da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), *Campus* Universitário de Sinop (CUS).

Virgínia de Souza Álvares. Eng^a. Agrônoma, Mestre e Doutora em Fitotecnia – UFV. Pesquisadora da Embrapa Acre, Rio Branco, Acre.

Cleísa Brasil da Cunha Cartaxo. Eng^a. Agrônoma, Mestre em Horticultura – UF. Pesquisadora da Embrapa Acre, Rio Branco, Acre.

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| A SECAGEM DA CASTANHA-DO-BRASIL | 1 |
| O EQUIPAMENTO | 6 |
| ENSAIOS DE VALIDAÇÃO DO SECADOR | 10 |
| CONCLUSÃO | 22 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 22 |

A SECAGEM DA CASTANHA-DO-BRASIL

A secagem é uma das etapas de maior importância para a manutenção da qualidade de um produto vegetal após sua colheita. Nesta etapa, a retirada da água presente nos tecidos vegetais faz com que as reações enzimáticas no produto e sua interação com microrganismos sejam reduzidas, minimizando sua deterioração. A água pode estar presente de forma livre, ocupando os poros internos da estrutura vegetal, ou ainda fazendo parte da constituição do produto, estando quimicamente ligada a compostos como carboidratos, fibras e outros. O teor de água livre dos produtos vegetais corresponde à sua umidade e ela está diretamente relacionada à possibilidade de deterioração (Silva, 2008).

O nível de umidade considerado seguro para o armazenamento, ou seja, aquele que minimiza as perdas, varia entre os diversos produtos vegetais e depende de sua composição.

Grãos, cereais e sementes possuem valores distintos de umidade considerada segura. Produtos com elevado teor de carboidratos tendem a ficar armazenados de forma segura com teores de umidade mais elevados do que aqueles observados para produtos ricos em óleos e graxas, que por sua característica hidrofóbica tendem a não reter água em sua estrutura química.

A castanha-do-brasil é um produto classificado no grupo das nozes, amêndoas e castanhas, que são os frutos secos, sementes ou grãos comestíveis, inteiros ou em pedaços, com cascas resistentes ou duras, podendo se apresentar sem a casca. Este grupo tem como características elevado teor de lipídeos e proteínas, com baixo teor de carboidratos em comparação com os grãos e cereais, o que se traduz em valores de umidade

seguros entre 1,5 a 5% b.u. (Prichavudhi e Yamamoto, 1987; Nejad et al., 2002; Silva e Marsaioli Jr., 2003).

Um dos principais problemas de qualidade e segurança da castanha-do-brasil é a contaminação por fungos toxigênicos e a produção de aflatoxinas. Por esta razão, alguns autores avaliaram teores de umidade e atividade de água em castanha, visando reduzir o crescimento de fungos toxigênicos e, conseqüentemente, prevenir a produção de aflatoxinas.

Neste sentido, Arrus et al. (2005a) demonstraram que as condições ambientais ótimas para a produção de aflatoxinas por *A. flavus* em castanha-do-brasil processada (amêndoa inteira, sem casca) e armazenada por 30 dias, foram de 97% de umidade relativa do ar e temperatura de 30°C.

Os autores também recomendaram os limites de 4,5% de umidade e de 0,68 de atividade de água para a amêndoa descascada, e de 5,0% de umidade e de 0,75 de atividade de água em castanhas com casca, mantidas sob as mesmas condições de temperatura durante os 30 dias de armazenamento visando à prevenção da produção de toxinas. Vale ressaltar que estes valores são ainda inferiores àqueles considerados seguros para o armazenamento de grãos e cereais, que podem ser maiores que 10% b.u. para produtos como milho, soja e outros (Silva, 2008).

Diversas são as tecnologias disponíveis para a secagem de produtos vegetais e esta etapa pode ser realizada com ar a temperatura ambiente, ar levemente aquecido ou até com altas temperaturas.

A interação do tipo de tecnologia presente no secador com o produto a ser seco é de extrema importância, sendo determinante para a manutenção da qualidade final deste. Por exemplo, alimentos ricos em lipídeos são propícios a rancidez oxidativa porque dispõem, em sua constituição, de ácidos graxos insaturados que tornam o sabor rançoso se

expostos a elevadas temperaturas (Casagrande et al., 2019).

No caso da castanha-do-brasil com casca, uma secagem acima de 50°C pode propiciar rachaduras no seu tegumento, ocasionando exudação do óleo e perda na qualidade final do produto (Nogueira, 2011).

Operações que vão desde a simples secagem em terreiro ou em armazéns, até o uso de secadores contínuos, podem ser empregadas para a castanha-do-brasil. Contudo sua escolha dependerá de condições econômicas, ambientais e tecnológicas adequadas para sua implementação.

A utilização de terreiros para a secagem é bastante difundida, tanto para a castanha-do-brasil quanto para outras espécies, como a castanha de caju. Porém a secagem em terreiros é extremamente dependente das condições climáticas e em regiões com alta pluviosidade, como é o caso da região amazônica, a prática pode se tornar de difícil execução (Nogueira, 2011).

Armazéns com fundo de tela têm sido utilizados para o manejo e a secagem da castanha-do-brasil com casca, conforme descrevem Álvares et al. (2019). Esta alternativa, embora seja uma evolução do processo convencional realizado pelos extrativistas em algumas regiões da Amazônia, e facilite o manuseio e o transporte do produto, não é suficiente para reduzir o teor de umidade das amêndoas de forma rápida, a fim de evitar a proliferação de fungos potencialmente produtores de aflatoxinas.

Dentre outras tecnologias que também têm sido testadas para uso com a castanha-do-brasil com casca estão os secadores solares (Pimenta et al., 2015) e secadores de camada fixa (Gonçalves et al., 2010; Nogueira, 2011).

A secagem em silo, com temperaturas variando de 35°C a 55°C pode ser aplicada com sucesso (Piagentini e Piza, 2007), dependendo do teor de umidade inicial do produto, a fim de evitar a proliferação de fungos

filamentosos totais e potencialmente produtores de aflatoxinas, principalmente se o silo for utilizado como armazenamento (Costa et al., 2016).

Para implementar uma tecnologia adequada para a secagem da castanha-do-brasil com casca, algumas peculiaridades da produção extrativista devem ser observadas, tais como:

- Na maioria dos estados produtores, a safra acontece na estação chuvosa da região, tendo início no mês de novembro, se prolongando até o mês de março (Simões, 2004). Excetuam-se a esta regra as castanhas originárias do estado de Roraima, que são produzidas entre maio e setembro (Maroccolo et al., 2021).
- A árvore é muito alta e a maturação do fruto (ouriço) culmina com o seu desprendimento da planta-mãe. Por isso, sua coleta é feita apanhando-os diretamente no solo.
- Os ouriços são frutos lenhosos, com massa variando de 500 g a 2000 g, que ao se desprenderem da planta-mãe em queda livre por dezenas de metros, se tornam um grande risco para a circulação de pessoas nos castanhais durante a época da safra (Calderari et al., 2013; Sonego et al., 2021).
- Pelas condições climáticas do período de safra e pelo risco que representam à integridade do extrativista, os ouriços permanecem no solo, sob intempéries e em contato com a microflora local por períodos que variam de poucos dias até meses, ressaltando-se que fungos produtores de aflatoxinas já podem ser encontrados nos ouriços sete dias após a coleta (Arrus et al., 2005b). A permanência dos frutos no chão antes da coleta aumenta o índice de aflatoxinas nas amêndoas (Botelho et al., 2019).

- Geralmente os castanhais ocorrem em aglomerados (Peres; Baider, 1997), mas a densidade total de castanheiras varia amplamente entre regiões, com valores que variam de, por exemplo, 1,8 indivíduos.ha⁻¹ no Acre até 11,2 indivíduos.ha⁻¹ no Amapá (Neves et al., 2016). A baixa concentração de indivíduos em uma determinada área pode ser uma desvantagem competitiva em termos de coleta pelas comunidades extrativistas, o que, juntamente com o fato da queda dos frutos ser em época chuvosa, pode aumentar ainda mais o tempo entre a queda dos frutos e sua coleta, permitindo com que estes fiquem muito tempo em contato com o solo.
- A baixa produtividade, inerente ao sistema extrativista de castanha-do-brasil, uma vez que a coleta é realizada de forma manual e com o uso de ferramentas rústicas e, muitas vezes, com a logística dificultada pela distância dos castanhais para as comunidades.

Ainda há que se destacar a infraestrutura escassa ou deficiente, nas comunidades, principalmente, no que diz respeito à oferta de energia elétrica e ao acesso aos centros de processamento e distribuição do produto. Em comunidades mais isoladas não há a oferta de energia elétrica ou, quando há, seu fornecimento é irregular e restrito, sendo produzida por conjuntos moto-geradores a óleo diesel, por exemplo. Desta forma, tecnologias para a secagem que dependam de ventiladores para forçar o ar aquecido a passar pelo produto podem ser empregadas, mas com ressalvas.

Além disto, a distância das comunidades extrativistas aos centros consumidores dificulta o acesso a materiais apropriados para a instalação de uma infraestrutura de secagem e armazenamento adequado ao manejo da castanha, como tijolos, cimento, aço, dentre outros.

Quando este acesso existe, geralmente o custo desses materiais é muito elevado, além da carência de mão-de-obra especializada para a execução de projetos em alvenaria ou serralheria (Nogueira, 2011).

Por todas estas questões, é notória a dificuldade de adaptação das tecnologias de secagem já existentes para outros produtos para a realidade da cadeia da castanha-do-brasil, principalmente, no que diz respeito à redução da manipulação do produto coletado pelo extrativista.

As severas intempéries, típicas dessa região, o baixo poder aquisitivo das comunidades envolvidas, a falta de um preço diferenciado pela qualidade do produto na maioria das regiões e a necessidade da conservação ambiental do bioma Amazônico devem nortear o emprego de tecnologias para a manutenção da qualidade do produto.

Com base nos pontos apresentados, esta publicação relata o resultado do trabalho de desenvolvimento de um modelo de secador de camada fixa para a castanha-do-brasil com casca, operando com ar aquecido indiretamente, utilizando sistema de exaustão forçada do ar aquecido, de modo a criar uma condição homogênea de temperatura ao longo do secador.

O EQUIPAMENTO

O secador de camada fixa por convecção forçada de ar na câmara plenum para secagem em lotes, possui capacidade estática variando de 200 a 300 L, o que corresponde a um volume de 11 a 17 latas¹ de castanha,

¹ Uma lata é a medida de volume característica para a castanha-do-brasil utilizada na Amazônia, correspondente a 18 L ou a, aproximadamente, 10 kg de castanha.

produção média diária de um coletor (Nogueira e Álvares, 2012).

O equipamento é composto de:

1. Fornalha;
2. Trocador de calor;
3. Chaminé;
4. Câmara plenum;
5. Exaustor;
6. Câmara de secagem.

Os detalhes internos do secador projetado podem observados na Figura 1.

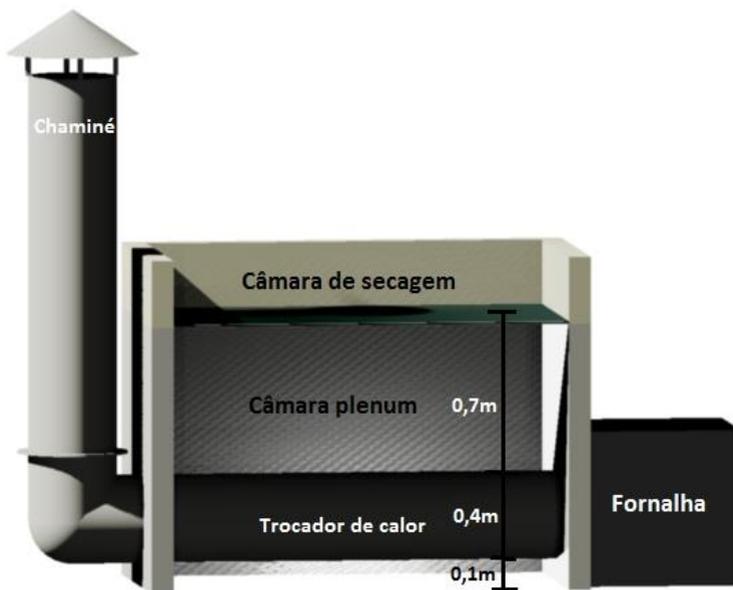


Figura 1 – Esquema do secador de camada fixa com convecção forçada do ar, para secagem de castanha-do-brasil. Fonte: Roberta Martins Nogueira

O secador utilizado para os testes e validação foi construído em chapas de aço, incluindo a fornalha. As paredes da fornalha foram construídas em formato “sanduíche”, com seu interior preenchido por lã de rocha, para reduzir a perda de calor pelas paredes. Vale ressaltar que outros materiais podem ser empregados em sua construção, como alvenaria de tijolos.

Na Figura 2 pode-se observar o equipamento construído para a realização dos testes e validação.

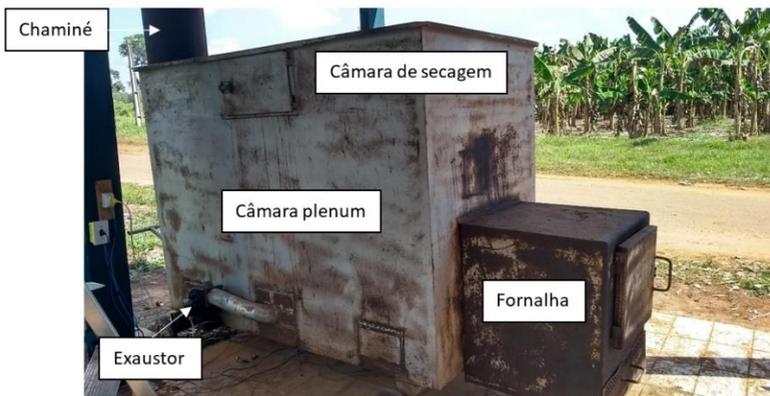


Figura 2 – Secador de camada fixa para a castanha-do-brasil, indicando suas partes. Foto: Roberta Martins Nogueira

O secador foi projetado para operar com uma camada de 0,1 a 0,2 m de castanha-do-brasil com casca dentro da câmara de secagem. Assim, a altura total da câmara de secagem foi de 0,3 m para permitir o revolvimento do produto.

Considerando-se a capacidade de secagem do equipamento, a câmara de secagem foi construída com 1,0 m x 2,0 m, totalizando 2 m² de área. A câmara de secagem foi separada da câmara plenum com o uso de tela galvanizada (Figura 3).



Figura 3 – Vista inferior da tela galvanizada que separa a câmara de secagem da câmara plenum. Foto: Roberta Martins Nogueira

Considerando-se que a fornalha foi instalada na parte frontal do secador, onde estava localizada a porção inicial do tubo trocador de calor, e que a movimentação dos gases quentes da combustão ocorre por tiragem natural da chaminé, há uma tendência de que as castanhas que estejam na parte frontal do secador recebam mais calor do que aquelas que estão na parte traseira, mais próximas à chaminé. Esta variação de temperatura foi corrigida com a instalação do exaustor na câmara plenum (Figura 4), que aumentou o coeficiente convectivo do ar em contato com o trocador de calor, melhorando a troca térmica e, conseqüentemente, a homogeneização da temperatura.



Figura 4 – Detalhe da instalação do exaustor na câmara plenum. Foto: Roberta Martins Nogueira

ENSAIOS DE VALIDAÇÃO DO SECADOR

Para validação do equipamento na secagem da castanha-do-brasil com casca, em condições similares à operação que ocorre nas propriedades extrativistas, foram utilizadas castanhas oriundas de comunidades extrativistas do Estado do Acre, do município de Brasiléia –AC, que não receberam nenhum tipo de pré-tratamento após o processo de coleta.

Após a coleta tradicional (coleta e quebra dos ouriços na floresta), as castanhas foram embaladas em sacos de ráfia e transportadas até o Centro de Pesquisa Agroflorestal do Estado do Acre (EMBRAPA Acre).

As castanhas recebidas foram lavadas, por imersão, de modo a permitir a remoção da sujidade aderida à casca, bem como a separação das castanhas podres ou chochas, sadias, por diferença de densidade (Figura 5).

A etapa de lavagem é de grande importância para o processo de produção de amêndoas que serão submetidas à secagem artificial, pois

facilita a secagem do produto. Neste caso, a sujidade aderida à casca dificulta a secagem, criando uma barreira à saída da água do interior das amêndoas. Além disso, os lotes de produto submetidos à lavagem prévia tendem a ter melhor qualidade sanitária, considerando-se que as amêndoas podres e chochas não estarão em contato com as amêndoas saudáveis durante a secagem. Desta forma, a lavagem pode ser considerada uma primeira etapa de seleção de qualidade do produto, embora em alguns estados amazônicos esta prática não seja utilizada de forma rotineira devido à distância de fontes de água de qualidade.



Figura 5 – Lavagem das castanhas em casca, antes de serem submetidas à secagem. Foto: Roberta Martins Nogueira

A lavagem das amêndoas por imersão foi realizada por um período de 30 minutos, de modo a permitir a efetividade do processo. Para isto, as castanhas foram colocadas em uma caixa d'água com capacidade de 500

litros e adicionada água potável até o nível em que todas as amêndoas estivessem em contato com a água.

Na figura 5 é possível também observar que a água utilizada após a lavagem do produto possui uma coloração escura, demonstrando sua efetividade na remoção da sujidade, que acompanha as amêndoas colhidas no sistema tradicional.

Posteriormente, as castanhas foram retiradas da caixa de imersão com o auxílio de uma peneira e colocadas no equipamento para serem submetidas à secagem.

Foram realizados 3 ensaios de secagem durante a etapa de validação do processo com ventilação forçada. Em cada teste foram utilizados cerca de 180 kg de castanhas com casca (aproximadamente 17 latas), próximo à capacidade máxima de secagem do equipamento, que é definida pela altura máxima da camada, de 15 cm (Figura 6)



Figura 6 – Camada de castanha-do-brasil depositada na câmara de secagem do secador. Foto: Roberta Martins Nogueira

Durante o processo de secagem, que teve duração de oito horas e trinta minutos, o calor foi produzido pela combustão de lenha e o sistema operou durante todo o tempo com o exaustor criando convecção forçada no interior da câmara plenum.

As amêndoas foram revolvidas a cada 1 hora, de modo a quebrar as camadas de secagem, homogeneizando a umidade do produto e permitindo que todas as amêndoas tivessem contato com o ar mais aquecido na base da câmara de secagem. O revolvimento foi realizado de forma manual, com o auxílio de uma enxada devidamente higienizada.

O processo de secagem foi acompanhado pela retirada de amostras para a determinação de umidade e atividade de água a cada 30 minutos, desde o início até o final do período avaliado.

A umidade das amostras foi determinada pelo método de estufa a 90 °C por 6 horas (Carneiro et al., 2018). Já a atividade de água (aW) foi determinada em medidor portátil, modelo Pawkit, marca Decagon.

Resultados da validação

Os resultados para o teor de umidade das amêndoas com casca configuram a curva de secagem do produto no secador em questão e pode ser observada na Figura 7.

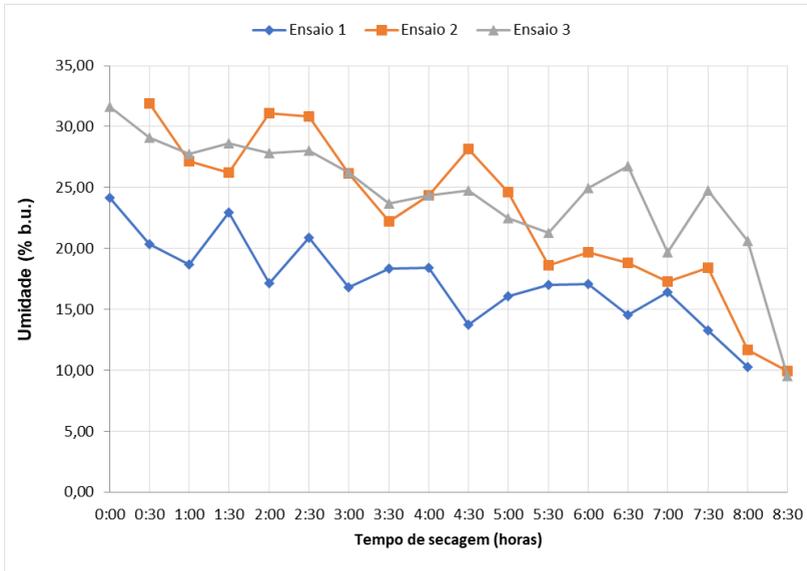


Figura 7 – Curvas de secagem para a castanha-do-brasil com casca, obtidas durante os ensaios de validação do secador. Rio Branco, Acre.

Os lotes de castanha que foram utilizados para os ensaios de validação chegaram com umidade inicial variando de 24,13% a 31,66% b.u (Figura 7). Estes valores de umidade são considerados típicos para a etapa de coleta, podendo até encontrar valores maiores que os apresentados.

Costa et al. (2016) encontraram valores médios de 26,91% de umidade para castanha-do-brasil com casca recém-coletadas no Acre. Já Álvares et al. (2019), para o mesmo local, obtiveram valores de 34,02% a 29,20% para castanhas com casca, oriundas de ouriços com 0 a 60 dias após a queda das árvores.

Nota-se que as curvas de secagem, principalmente nos períodos iniciais, apresentam comportamento de instabilidade no teor de umidade, com valores mais baixos seguidos de valores mais altos, o que pode ser

explicado pela dificuldade de homogeneização da umidade do produto, característico da tecnologia de secagem em camada fixa (Silva, 2008). Contudo, ao se encaminhar para o final da secagem, o comportamento de queda é observado, demonstrando que, ao longo do processo, o revolvimento foi capaz de reduzir as diferenças geradas ao longo das frentes de secagem observadas na camada de produto.

Ao final do processo de secagem, a umidade do produto variou de 9,54% a 10,25% b.u., demonstrando sua capacidade de reduzir a umidade a um nível mais seguro para o armazenamento.

Este comportamento também foi observado quando se analisou a umidade das amêndoas descascadas, oriundas das amostras de castanhas com casca retiradas do secador.

Esta análise é importante para demonstrar a capacidade do equipamento de realmente remover a água de todo o produto e não apenas da casca, que está localizada na parte mais periférica da amêndoa. Na Figura 8 é possível observar o comportamento da umidade no interior do produto, pela determinação da umidade na amêndoa, após retirada da casca.

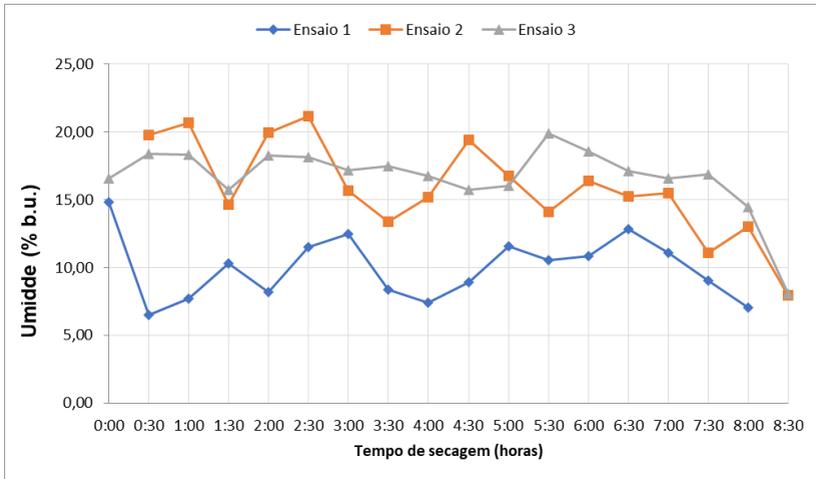


Figura 8 – Curva de secagem para as amêndoas, sem casca, oriundas de amostras de castanha-do-brasil com casca.

A umidade inicial das amêndoas sem casca variou de 14,79% a 16,59% b.u., com redução, durante o processo de secagem, para valores que variaram de 7,02% a 8,03% b.u. (Figura 8). Estes valores corroboram a eficácia do processo em reduzir a umidade a níveis mais seguros para o armazenamento. Em termos proporcionais, houve redução no teor de umidade das castanhas com casca de 61% a 68% e das amêndoas de 52% a 53%.

O comportamento de redução e aumento subsequente do valor obtido para a umidade durante o processo de secagem das amêndoas (Figura 8) segue a mesma tendência para as castanhas com casca, corroborando o que se observou na Figura 7, como resultado da desuniformidade da umidade, comum em sistemas de secagem por camada fixa.

Mesmo a umidade tendo papel crucial na efetividade das etapas de pré-processamento, como é o caso da secagem, a segurança no armazenamento só é determinada a partir da atividade de água (a_w) do produto, que efetivamente indica se o meio analisado tem ou não condições de crescimento para a vida microbiana.

O crescimento de bactérias que podem deteriorar o produto é inibido em a_w inferiores a 0,90. A maioria das leveduras não cresce em atividade de água abaixo de 0,85 e o desenvolvimento fúngico é inibido em a_w abaixo de 0,70. Com poucas exceções, um alimento com atividade de água inferior a 0,60, é considerado desidratado (Labuza, 1980).

Em cada etapa é necessário definir qual parâmetro de segurança será implementado. Para longos períodos de armazenamento, bem como para situações em que o produto não sofrerá mais nenhum processamento, é preciso garantir que a a_w esteja abaixo de 0,60.

Contudo, no caso da secagem como etapa de pré-processamento, que precede o armazenamento das amêndoas em casca, a quebra, a secagem das amêndoas e a embalagem, valores de atividade de água que inibam o crescimento bacteriano e reduzam o crescimento fúngico são desejáveis.

Para castanha-do-brasil, Arrus et al. (2005a) estabeleceram os limites de a_w de 0,68 em castanhas inteiras descascadas e de 0,75 em castanha inteira com casca, visando o controle da produção de aflatoxinas.

Estas condições foram identificadas pelos autores como condições limítrofes para a produção de aflatoxinas por fungos *Aspergillus flavus*, em níveis tão baixos quanto $4 \mu\text{g.kg}^{-1}$, conforme antigos limites estabelecidos pela Comissão Europeia (2001).

Considerando que os Limites Máximos Tolerados de aflatoxinas, previstos pelas normas atuais, são da ordem de $10 \mu\text{g.kg}^{-1}$ a $20 \mu\text{g.kg}^{-1}$ (Comissão Europeia, 2010; Agência Nacional..., 2011, Kluczkovski et al.

(2020) reportaram não haverem observado a presença do contaminante em amêndoas de castanha-do-brasil com $a_w < 0.9$.

Na Figura 9 é possível observar o comportamento da atividade de água para a castanha com casca, determinada em intervalos de 30 minutos durante todo o período de secagem.

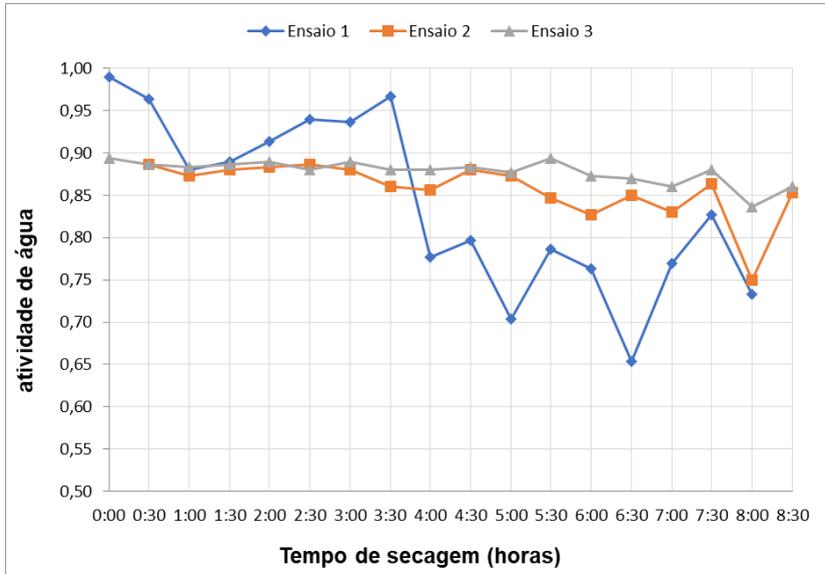


Figura 9 – Atividade de água para a castanha-do-brasil com casca, amostrada durante o processo de secagem em secador por camada fixa com ventilação forçada.

No ensaio 1, a atividade de água reduziu de 0,99 (inicial) para 0,73 (final) durante o processo de secagem. Já nos ensaios 2 e 3 os valores finais de atividade de água ficaram em 0,85 e 0,86, respectivamente.

Com base nestes dados é possível afirmar que os três ensaios garantiram níveis de atividade de água que inibem o crescimento

bacteriano, reduzem o crescimento fúngico e controlam a produção de aflatoxinas, conforme propõem achados de Kluczkovski et al. (2020).

Neste sentido, esta redução por si só, já constitui importante avanço nas práticas visando a manutenção da qualidade da castanha, nas condições de produção extrativista onde os fatores ambientais e a indisponibilidade de infraestrutura física e logística são limitantes.

Na Figura 10 são apresentados os resultados obtidos para a atividade de água das amostras de castanha-do-brasil submetidas aos ensaios de secagem e descascadas posteriormente, de modo a avaliar a efetividade do processo na remoção da água interna.

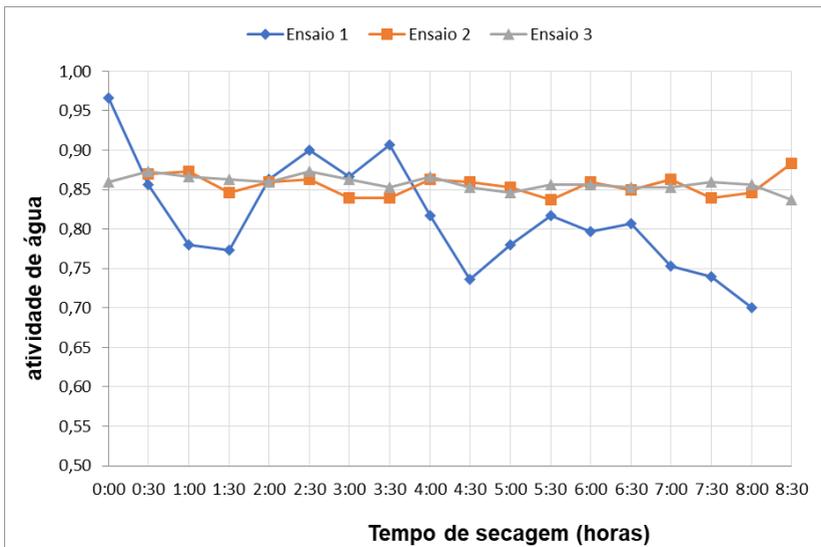


Figura 10 - Atividade de água em amêndoa de castanha-do-brasil (castanha sem casca), amostrada durante o processo de secagem em secador por camada fixa.

A atividade de água obtida para as amostras sem casca variou de 0,97 (valor máximo inicial) a 0,70 (valor mínimo final), o que reforça a informação sobre a eficiência do sistema em reduzir os níveis de água interna, contribuindo para aumentar a segurança sanitária no armazenamento do produto, antes do beneficiamento.

Além das análises quanto à efetividade do equipamento na redução da umidade e da atividade de água do produto, também se registrou a temperatura em diferentes pontos no secador, de modo a verificar a homogeneidade do fluxo de calor entre a massa de castanhas.

Um secador com temperaturas homogêneas confere uma melhor condição de secagem e melhor qualidade final dos lotes processados.

Na Figura 11 é possível observar o esquema de pontos de tomada de temperatura.



Figura 11 – Esquema de posição dos termopares instalados no secador.

Foram tomados dados de temperatura nos 8 pontos posicionados, conforme o esquema mostrado na Figura 11. Os dados de temperatura foram coletados em intervalos de 5 minutos, durante todo o período de secagem, nos 3 ensaios realizados. Na tabela 01 pode-se observar os valores médios para os 8 pontos de tomada de temperatura, nos 3 ensaios.

Tabela 01 – Valores médios para as temperaturas (°C) nos 8 pontos de tomada de dados instalados no secador

| Temperatura | Fornalha | Trocador de calor início | Trocador de calor meio | Trocador de calor fim | Chaminé | Câmara de secagem início | Câmara de secagem meio | Câmara de secagem fim |
|-------------|----------|--------------------------|------------------------|-----------------------|---------|--------------------------|------------------------|-----------------------|
| Ensaio 1 | 378,68 | 92,14 | 90,89 | 90,07 | 84,21 | 41,24 | 44,46 | 40,97 |
| Ensaio 2 | 401,12 | 96,56 | 95,78 | 96,91 | 87,11 | 43,09 | 45,90 | 41,32 |
| Ensaio 3 | 392,32 | 90,77 | 88,89 | 87,43 | 81,67 | 39,12 | 41,57 | 42,02 |

Com base nos resultados mostrados na Tabela 01, pode-se observar que o equipamento apresentou um comportamento de distribuição de temperatura homogênea, nos três ensaios de validação a que foi submetido.

A temperatura média da fornalha demonstra condições adequadas para a combustão da lenha

O conjunto de temperaturas que representa o sistema de troca de calor e exaustão (trocador de calor e chaminé), auxiliado pela ação do ventilador, demonstra que o sistema foi eficaz para garantir a homogeneidade na transferência de calor, bem como o movimento desejável dos gases de exaustão, adequando as temperaturas no interior do secador ao propósito da secagem do produto.

Por fim, o conjunto de temperaturas da câmara de secagem, obtidas no interior da massa de castanha-do-brasil durante o processo de

secagem, demonstra que o secador é capaz de fornecer a temperatura adequada para remoção da umidade do produto, sem expô-lo a temperaturas extremas, preservando, assim, sua qualidade. Temperaturas do ar de secagem menores que 45 °C são seguras para evitar problemas como rachaduras na casca e alterações na fração lipídica (Nogueira, 2011).

CONCLUSÃO

O processo de secagem de castanha-do-basil em camada fixa, utilizando ventilação forçada de ar, é capaz de promover a redução de umidade e atividade de água do produto para níveis seguros. Este processo visa a prevenção de contaminações microbiológicas e química e demonstra grande potencial para ser escalonado para os sistemas extrativistas de castanha-do-brasil, principalmente em áreas em que esta atividade econômica encontra os desafios de logística, de comercialização e de falta de tecnologia desenvolvida para o produto.

O equipamento demonstra alta capacidade de ser aplicado em comunidades extrativistas, principalmente quando se observa o seu baixo custo de construção, facilidade de operação e flexibilidade, já que pode ser aplicado na secagem de outros produtos agrícolas e/ou extrativistas, como grãos, sementes e até mesmo frutas ou vegetais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Resolução de Diretoria Colegiada – RDC nº 07, de 18 de fevereiro de 2011. **Diário Oficial da União**, n. 46, 09 de mar. 2011.

ÁLVARES, V. S.; LEITE, F. M. N.; MADRUGA, A. L. S.; SOUZA, J. M. L.; COSTA, D. A. Monitoramento da cadeia produtiva de castanha-do-brasil quanto à contaminação por coliformes e fungos em três castanhais no Acre. **Anais do VII Seminário Anual de Cooperação UFAC/UF.** Universidade Federal do Acre, Rio Branco, Acre. pg. 211 – 217, 2019. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/161269/1/22789.pdf>. Acesso em: 10 jun 2022.

ARRUS, K. Aflatoxin production by *Aspergillus flavus* in Brazil nuts. **Journal of Stor. Prod. Research**, v.41, p.513-527, 2005a.

ARRUS, K.; BLANK, G.; CLEAR, R.; HOLLEY, R. A.; ABRAMSON, D. Microbiological and aflatoxin evaluation of Brazil nut pods and the effects of unit processing operations. **J. Food Prot.** 68, 1060–1065. 2005b.

BOTELHO, S. C. C.; TONINI, H.; TARDIN, A. B. B. **Manejo e pós-colheita da castanha-do-brasil.** In.: Farias Neto, A. et al. (editores técnicos). Embrapa Agrossilvipastoril: primeiras contribuições para o desenvolvimento de uma Agropecuária Sustentável. Brasília, DF: Embrapa. 33p. 2019.

CALDERARI, T. O.; IAMANAKA, B. T.; FRISVAD, J. C.; PITT, J. I.; SARTORI, D.; PEREIRA, J. L.; FUNGARO, M. H. P.; TANIWAKI, M. H. The biodiversity of *Aspergillus* section Flavi in brazil nuts: From rainforest to consumer. **International Journal of Food Microbiology**, 160 (2013) 267–272

CARNEIRO, J.S.; NOGUEIRA, R.M.; MARTINS, M.A.; VALLADÃO, D.M.S.; PIRES, E.M. The oven-drying method for determination of water content in Brazil nut. **Bioscience Journal**. v. 34, n. 3, p 595-602, 2018.

CASAGRANDE, J.; BRANCO, C. S.; NICOLETTO, B. B. Análise da rancidez oxidativa em castanhas do Brasil em diferentes condições de armazenamento. **Revista Brasileira de Obesidade, Nutrição e Emagrecimento**, v. 13, n. 81, p. 816-817, 2019.

COMISSÃO EUROPEIA. Regulamento da Comissão (CE) N° 466/2001 de 08 de março de 2001. **J. Of. Com. Europeias**, L77:1-13. 2001.

COMISSÃO EUROPEIA. Regulamento da Comissão (UE) N° 165/2010 de 26 de fevereiro de 2010. **J. Of. Com. Europeias**, L 50: 8-12. 2010

COSTA, D. A.; ÁLVARES, V. S.; NOGUEIRA, R. M.; KUSDRA, J. F.; MACIEL, V. T.; MIQUELONI, D. P. **Quality of brazil nuts stored in forced aeration silos**. Revista Ceres, Viçosa, v. 63, n.3, p. 305-314, mai/jun, 2016. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/145911/1/26097.pdf>. Acesso em: 10 jun 2022.

GONÇALVES, R. C.; ÁLVARES, V. S.; CARTAXO, C. B. C.; WADT, L. H. O.; SOUZA, J. M. L.; LIMA, A. C.; COSTA, D. A.; GIACOMELLI, M.; MAGALHÃES, K. S.; MADRUGA, A. L. S. **Secador estacionário a ar aquecido forçado artificialmente: inovação tecnológica na secagem de sementes de castanheira-da-amazônia (*Bertholletia excelsa*)**. (Comunicado Técnico, 174). Embrapa Acre, Rio Branco, Acre. 4 pg. 2010. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/30874/1/COT-174.pdf>. Acesso em 10 jun 2022.

KLUCZKOVSKI, A. M.; DA SILVA, A. C. P.; BARRONCAS, J.; LIMA, J.; PEREIRA, H.; MARIOSA, P.; VINHOTE, M. L. Drying in brazil nut processing as tool for prevention of contamination by aflatoxins. **Journal of Agricultural Studies**, vol.8, n.4, p.70-81, 2020.

LABUZA, T.P. The effect of water activity on reaction kinetics of food deterioration. **Food Technology**, Chicago, v.34, n.4, p.36-41, 1980.

MAROCÇOLO, J. F.; WADT, L. H. O.; DINIZ, J. D. A. S.; SILVA, K. E. O protagonismo de organizações indígenas na estruturação da cadeia produtiva da castanha-da-amazônia no estado de Roraima, Amazônia brasileira. **Interações**, Campo Grande, MS, v. 22, n. 1, p. 19-35, jan./mar. 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/inter/a/vyMNTwSK4F6xZmJb4b7RW5L/>. Acesso em: 10 jun 2022.

NEJAD, M. K.; TABIL, L. G.; MORTAZAVI, A.; KORDI, A. S.; NAKAHEI, M.; NIKKHO, M. Effect of Drying Methods on Quality of Pistachio Nuts. Saskatoon, Saskatchewan, CANADA : ASAE/CSAE North-Central Intersectional Meeting. MBSK 02-213 2002.

NEVES, E. S.; WADT, L. H. O.; GUEDES, M. C. Estrutura populacional e potencial para o manejo de *Bertholletia excelsa* (Bonpl.) em castanhais nativos do Acre e Amapá. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 44, n. 109, p. 19 – 31, mar., 2016.

NOGUEIRA, R.M. **Secagem da castanha-do-brasil em condições de floresta e carbonização do resíduo do fruto da castanheira**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa (Tese de Doutorado). 2011.

NOGUEIRA, R. M.; ÁLVARES, V. S. **Secador à Alta Temperatura por Convecção Natural: solução para a pré-secagem da castanha-do-brasil no campo**. Rio Branco: Embrapa Acre, 2012. 6 p. (Embrapa Acre. Comunicado Técnico, 182).

PERES, C. A.; BAIDER, C. Seed dispersal, spatial distribution and population structure of Brazilnut trees (*Bertholletia excelsa*) in southern Amazonia. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v. 13, n. 4, p. 595-616, 1997.

PIAGENTINI, A.; PIZA, J. T. **Manual de Orientação Técnica para Beneficiamento de Macadâmia**. Espírito Santo do Pinhal - SP: PINHALENSE - Máquinas Agrícolas, 2007.

PIMENTA, A. V.; RODRIGUES, E. C.; SILVA, O.; AGUIAR, O. R.; GUEDES, M. C. Uso de paiol e secador solar para agregação de valor e secagem de castanha-da-Amazônia (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) na Resex Cajari, Amapá. **II Encontro Latino Americano de Universidades Sustentáveis**. Porto Alegre, RS, 2015. 12p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/139212/1/CPAF-AP-2015-Uso-de-polpa-e-secador-solar.pdf>. Acesso em: 10 jun 2022.

PRICHAVUDHI, K.; YAMAMOTO, H. Y. Effect of Drying Temperature on Chemical Composition and Quality of Macadamia Nuts. s.l.: CMS Yearbook, 1987.

SILVA, F.A.; MARSAIOLI Jr., A. Aspecto Econômico de um Processo de Secagem de Amêndoas de Castanha do Brasil (*Bertolletia Excelsa*) Assistida a Microondas. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, n 5, v. 2, 2003.

SILVA, J. S. Secagem e Armazenagem de Produtos Agrícolas. 2. ed.

Viçosa: Aprenda Fácil, v. 1, 2008. 560 p.

SIMÕES, A. V. Impactos de Tecnologias Alternativas e do Manejo da Castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa*, HUMB. & BONPL., 1908) no Controle da Contaminação por Aflatoxinas em Sua Cadeia Produtiva. Manaus: Universidade Federal do Amazonas (Dissertação de mestrado). 2004.

SONEGO, M.; MADIA, M.; EDER, M.; FLECK, C.; PESSAN, L. A. Microstructural features influencing the mechanical performance of the Brazil nut (*Bertholletia excelsa*) mesocarp. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*. v. 116, 2021.



UFMT

**Universidade Federal de Mato Grosso
Campus Universitário de Sinop**

**Pró-Reitoria de Cultura, Extensão e Vivência
PROCEV**



Acre