



Universidade Federal do Amapá
Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação
Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais



EDIGLEI GOMES RODRIGUES

**SELÊNIO E COMPOSIÇÃO DE CASTANHA-DA-AMAZÔNIA EM
DIFERENTES MATRIZES E CONDIÇÕES DE SECAGEM NO SUL DO
AMAPÁ**

MACAPÁ – AP

2023

EDIGLEI GOMES RODRIGUES

**SELÊNIO E COMPOSIÇÃO DE CASTANHA-DA-AMAZÔNIA EM
DIFERENTES MATRIZES E CONDIÇÕES DE SECAGEM NO SUL DO
AMAPÁ**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais (PPGCA), sediado na Universidade Federal do Amapá (UNIFAP), como requisito para a obtenção do Título de Mestre em Ciências Ambientais.

Orientador: Dr. Marcelino Carneiro Guedes

MACAPÁ – AP

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca Central/UNIFAP-Macapá-AP
Elaborado por Maria do Carmo Lima Marques – CRB-2 / 989

R685s Rodrigues, Ediglei Gomes.
Selênio e composição de Castanha-da-Amazônia em diferentes matrizes e condições de secagem / Ediglei Gomes Rodrigues. - Macapá, 2023.
1 recurso eletrônico. 67 folhas.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Amapá, Programa de pós-graduação em Ciências Ambientais, Macapá, 2023.
Orientador: Marcelino Guedes Carneiro.

Modo de acesso: World Wide Web.
Formato de arquivo: Portable Document Format (PDF).

1. Bertholletia excelsa. 2. Castanha-do-Pará. 3. resex Cajari. I. Carneiro, Marcelino Guedes, orientador. II. Universidade Federal do Amapá. III. Título.

CDD 23. ed. – 660.28426

RODRIGUES, Ediglei Gomes. **Selênio e composição de Castanha-da-Amazônia em diferentes matrizes e condições de secagem.** Orientador: Marcelino Guedes Carneiro. 67 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de pós-graduação em Ciências Ambientais. Universidade Federal do Amapá, Macapá, 2023.

EDIGLEI GOMES RODRIGUES

**SELÊNIO E COMPOSIÇÃO DE CASTANHA-DA-AMAZÔNIA EM
DIFERENTES MATRIZES E CONDIÇÕES DE SECAGEM NO SUL DO
AMAPÁ**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais (PPGCA), sediado na Universidade Federal do Amapá (UNIFAP), como requisito para a obtenção do Título de Mestre em Ciências Ambientais.

Aprovada em 28 de fevereiro de 2023.

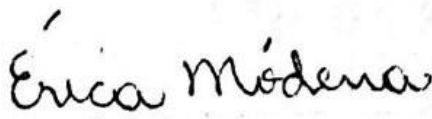
BANCA EXAMINADORA



Dr. Marcelino Carneiro Guedes - Embrapa/AP



Dra. Valéria Saldanha Bezerra - Embrapa/AP



Dra. Érica de Souza Modena/AP

Documento assinado digitalmente
gov.br ALEXANDRO CEZAR FLORENTINO
Data: 07/06/2023 17:51:17-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr. Alexandre Cezar Florentino - UNIFAP/AP

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me concedido saúde e discernimento, coragem, fé, força, especialmente espiritual, para suportar todas as adversidades, as lutas, que muitas vezes eram contra mim mesmo, e foi a Ele que recorri e por ter usado pessoas que realmente estenderam as mãos e me ajudaram nas horas mais difíceis e precisas, sem isso não conseguiria chegar até aqui.

Aos meus pais, Maria Ozenita e José Rodrigues, agradeço pelo incentivo, pelo apoio, pelas orações, pela educação que me deram e me proporcionaram ter, por todos os sacrifícios que fizeram e fazem para que eu tenha condições de seguir em frente, sempre.

A minha esposa Ocione, por todo o incentivo, força, amor, carinho e muita compreensão ao longo desse período, gratidão. Ao meu filho Caio, minha “fonte de energia”, foi e sempre será por você, todo o esforço, luta, superação, empenho e sacrifícios, obrigado filho.

Ao meu orientador Dr. Marcelino Carneiro Guedes, por toda a confiança, paciência, incentivo, ensinamentos, por sempre acreditar em mim, por todo apoio, principalmente, nos momentos mais difíceis ao longo desse processo.

A Dra. Ana Cláudia, que na reta final assumiu a condição de “coorientadora”, e não mediu nenhum esforço para que tudo desse certo, abdicou até mesmo do seu precioso tempo aos fins de semana só para me ajudar, minha eterna gratidão professora.

Aos meus amigos, Aldine, Anderson, Alcides, Daniele, Suellen e Sonia, obrigado pelo apoio e contribuição e, principalmente, por me fazerem entender que quando precisamos de ajuda, temos que pedir, pois, certamente, alguém vai ajudar. Vocês são sensacionais!

Aos membros da banca, pelo aceite e pelas valiosas contribuições verbais na apresentação e as observações no texto, que, certamente, serão importantes para o trabalho.

E por fim, mas não menos importante, ao contrário, aos meus amigos extrativistas da Resex Cajari, que sempre nos recebem e nos tratam com todo carinho. Ao grande amigo Carlos Aberto (Carlão), obrigado por todos os ensinamentos e pela amizade, você faz parte desse trabalho, se hoje sou Mestre, todos vocês contribuíram para isso, obrigado.

RESUMO

RODRIGUES, E. G. Selênio e composição de castanha-da-amazônia em diferentes matrizes e condições de secagem no sul do Amapá. 67 folhas. Dissertação – Departamento de Meio Ambiente e Desenvolvimento, Universidade Federal do Amapá, Macapá, 2023.

O Selênio (Se) é um elemento traço que desempenha papel importante no metabolismo humano. Nas últimas décadas, o interesse por esse elemento tem crescido, principalmente, pelo seu alto poder antioxidante que auxilia na prevenção de diversas doenças. Ele pode ser encontrado em vários tipos de alimentos, como na castanha-da-amazônia, considerada o alimento vegetal mais rico em Se. Nesta dissertação foi avaliada a variação de Se em castanha-da-amazônia oriunda de matrizes com diferentes capacidades de produção de frutos, e também sua composição centesimal em função da secagem e armazenamento. Em março de 2021 foram amostradas 55 castanheiras, em 3 comunidades do alto da reserva do Rio Cajari no sul do Amapá, coletando castanhas de 5 frutos (ouriços) de cada castanheira para análise de Se. As análises de Se foram feitas por meio de GFAAS (Espectrometria de Absorção Atômica) no laboratório de química analítica da UFPA. Também foi analisada a bromatologia e variação nutricional enquanto alimento proteico, no laboratório de alimentos da Embrapa Amapá, após variadas condições de secagem e armazenamento por 1 ano. Os resultados encontrados mostram que os maiores teores de Se nas amêndoas foram encontrados em castanheiras com menor produção de frutos. O teor médio de Se foi de 143 mg kg^{-1} , com variação de 33 a 544 mg kg^{-1} . Esses valores, inclusive os menores, são mais elevados do que aqueles encontrados em castanhas coletadas em outros estados da Amazônia, corroborando outros estudos que apontam que a castanha do Amapá tem mais Se. Não houve variações significativas na composição centesimal das amêndoas para as diferentes castanheiras. O componente que apresentou o maior CV foi o de carboidratos, com 16%. O teor médio de proteína foi de 13%, com variação de 11% a 15%. A confirmação de que a castanha da Resex Cajari tem teores mais elevados de Se pode ser um subsídio importante para indicação geográfica da castanha originada do Cajari. As amêndoas armazenadas nos próprios frutos durante 1 ano apresentaram teor de umidade e atividade de água muito superiores àquelas armazenadas na câmara fria e na sala do laboratório, além de mais carboidratos e menos lipídeos. Isso comprovou a eficiência do armazenamento das sementes nos ouriços para manter sua

viabilidade para produção de mudas de castanheiras. De um modo geral, não houve alterações significativas na composição centesimal e nutricional de castanhas que passaram pelos paióis de pré secagem e daquelas armazenadas em galpões dos compradores de castanha, comprovando que nessas condições é possível manter a qualidade da castanha fresca. Esses resultados podem subsidiar ações de comercialização, melhoramento e valorização de aspectos da cadeia produtiva da castanha que favoreçam sua qualidade enquanto alimento funcional. Em termos gerais, pretende-se com esta dissertação, trazer contribuições para discussão e implantação de uma política e mercado diferenciado de preço da castanha, em função de sua qualidade.

Palavras-chave: *Bertholletia excelsa*, castanha-do-pará, castanha-do-brasil, resex Cajari, “carne vegetal”.

ABSTRACT

RODRIGUES, E. G. Selenium and composition of Amazon nut in different matrices and drying conditions in the south of Amapá. 67 pages. Master Thesis – Department of Environment and Development, Federal University of Amapá, Macapá, 2023.

Selenium (Se) is a trace element that plays an important role in human metabolism. In recent decades, interest in this element has grown, mainly due to its high antioxidant power, which helps in the prevention of various diseases. It can be found in various types of food, such as the Amazon nut, considered the richest plant food in Se. In this dissertation, the variation of Se in Amazonian nuts from matrices with different fruit production capacities was evaluated, as well as its centesimal composition as a function of drying and storage. In March 2021, 55 Brazil nut trees were sampled, in 3 communities at the Rio Cajari reserve in southern Amapá, collecting brazil nuts from 5 fruits (ouriços) from each Brazil nut tree for Se analysis. Se analyzes were carried out using GFAAS (Atomic Absorption Spectrometry) in the analytical chemistry laboratory at UFPA. It was also analyzed the bromatology and nutritional variation as a protein food, in the food laboratory of Embrapa Amapá, after varying conditions of drying and storage for 1 year. The results found show that the highest levels of Se in almonds were found in chestnut trees with lower fruit production. The average Se content was 143 mg kg^{-1} , ranging from 33 to 544 mg kg^{-1} . These values, including the lowest ones, are higher than those found in nuts collected in other states of the Amazon, corroborating other studies that indicate that Amapá nuts have more Se. There were no significant variations in the centesimal composition of the almonds for the different Brazil nut trees. The component that presented the highest CV was carbohydrates, with 16%. The mean protein content was 13%, ranging from 11% to 15%. The confirmation that the nut from Resex Cajari has higher levels of Se can be an important subsidy for the geographical indication of the nut originating from Cajari. Brazil nuts stored in their own fruits for 1 year showed much higher moisture content and water activity than those stored in the cold chamber and in the laboratory room, in addition to having more carbohydrates and less lipids. This proved the efficiency of seed storage in fruits to maintain their viability for the production of Brazil nut tree seedlings. In general, there were no significant alterations in the centesimal and nutritional composition of the nuts that passed through the pre-drying warehouses and those stored in the warehouses of the nut buyers, proving that under these conditions it is possible to maintain the quality of the fresh nut. These results can support marketing

actions, improvement and enhancement of aspects of the nut production chain that favor its quality as a functional food. In general terms, the aim of this dissertation is to bring contributions to the discussion and implementation of a policy and differentiated market for the price of nuts, depending on their quality.

Keywords: *Bertholletia excelsa*; Pará nut; Brazil nut; resex Cajari; plant-based meat.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL.....	11
1.1.	Referencial Teórico.....	14
1.1.1.	Castanheira-da-amazônia (<i>Bertholletia excelsa</i> Bonpl.).....	14
1.1.2.	Produção de frutos da castanheira.....	17
1.1.3.	Secagem da castanha-da-amazônia.....	18
1.1.4.	Composição centesimal da castanha-da-amazônia	20
1.1.5.	Benefícios do selênio	20
1.1.6.	Selênio no ambiente.....	22
1.1.7.	Selênio nos alimentos	23
1.1.8.	Selênio na castanha-da-amazônia	24
2	PROBLEMA	26
3	HIPÓTESE	26
4	OBJETIVOS.....	26
4.1.	Geral.....	26
4.1.	Específicos	26
5	METODOLOGIA DETALHADA	27
5.1	Caracterização da área de estudo	27
5.2	Coleta e análise das amostras de castanha.....	29
5.3	Determinação do teor de Se na castanha-da-amazônia	32
5.4	Determinação da composição centesimal da castanha-da-amazônia	32
4.4.1.	Umidade.....	32
4.4.2.	Cinzas	32
4.4.3.	Lipídios	32
4.4.4.	Proteína	33
4.4.5.	Fibra.....	33

4.4.6.	Carboidratos	33
4.4.7.	Cálculo do Valor Energético Total	33
5.5	Análises laboratoriais complementares	33
4.5.1.	Atividade de água	33
4.5.2.	pH	33
4.5.3.	Acidez Total Titulável	33
5.6	Determinação dos minerais presentes na castanha-da-amazônia	33
4.6.1.	Cobre (Cu), ferro (Fe), zinco (Zn) e manganês (Mn)	34
4.6.2.	Fósforo (P)	34
4.6.3.	Cálcio (Ca).....	34
6	REFERÊNCIAS.....	34
7	ARTIGO SUBMETIDO À REVISTA BRASILEIRA DE CIÊNCIAS AMBIENTAIS.....	44
8	CONSIDERAÇÕES FINAIS	67

1 INTRODUÇÃO GERAL

A castanheira é uma espécie símbolo da Amazônia e apresenta diversas interações ecológicas e socioeconômicas em toda a região. Os estudos a ela relacionados são importantes para as Ciências Ambientais, especialmente, quando tratam de aspectos que envolvem a saúde humana e ambiental, como é o caso dos nutrientes e dos elementos benéficos, como o Se, presentes nas amêndoas da castanha-da-amazônia.

O Se é um elemento mineral que desempenha papel importante na vida humana, na animal e nas de outros organismos como, algas e bactérias. Foi descoberto pelo químico sueco Jons Jacob Berzelius em 1817, que o nomeou em homenagem à deusa grega da lua, Selene (RAYMAN, 2020). Por muito tempo, o Se recebeu pouca atenção e os estudos envolvendo, diretamente, esse elemento foram quase inexistentes. Mas, ao longo dos anos, e com mais estudos, principalmente, sobre os aspectos químicos, o Se deixou de ser considerado apenas como um elemento altamente tóxico e nocivo, passando a ser um elemento importante para a saúde. Estudos recentes comprovaram que pessoas que apresentaram maior teor de Se no cabelo foram menos acometidas pela COVID-19 e que o Se ajuda a prevenir o desenvolvimento do Alzheimer (ZHANG et al., 2020).

Na natureza, o Se pode ser encontrado na forma orgânica (selenometionina, selenocisteína e selenocistina) e inorgânica (selenato, seleneto e selenito). Como selenometionina e selenocisteína, é encontrado, predominantemente, em alimentos como o pão, cereais, nozes, carnes, peixes e outros frutos do mar. Em algumas plantas, o Se pode estar presente sob a forma de selenato, em até 50% da sua composição, como nas folhas de beterraba, nas de couve e nas de cebola (RAYMAN, 2008).

A absorção pelas plantas e a mobilidade do Se no solo dependem das condições edafoclimáticas, que determinam os parâmetros físicos e químicos (FORDYCE, 2003). Para algumas plantas superiores, em estudos de essencialidade, o Se tem se mostrado importante para o metabolismo da planta, mas sem ainda ter sido comprovada sua essencialidade (LYONS et al., 2009).

As nozes, de um modo geral, apresentam elevada quantidade de Se (CHANG et al., 1995; DUMONT et al., 2006), destacando-se a castanha-da-amazônia que nas últimas décadas vem ganhando cada vez mais notoriedade, despertando o interesse dos consumidores nacionais e internacionais.

A partir dos anos 90, os estudos voltados para as propriedades nutricionais demonstram que a castanha-da-amazônia é considerada um dos alimentos vegetais com maior concentração de Se. Os estudos de Kipp et al. (2015) mostram que uma amêndoa de castanha pode conter, aproximadamente, 400 mg/kg de Se, quantidade muito superior a outros tipos de castanhas. Por isso, atualmente, a castanha-da-amazônia é apontada como um dos alimentos funcionais mais consumidos globalmente.

Em um estudo que avaliou a quantidade de Se em castanhas-da-amazônia, em diferentes Estados da região (Mato-Grosso, Acre, Amapá e Amazonas), pesquisadores da Embrapa em parceria com a Universidade Federal de Lavras (Ufla), descobriram que as diferenças nos teores de Se entre plantas muito próximas pode chegar a mais de cinco vezes. Entre os Estados, a castanha-da-amazônia do Amapá se destacou com maior concentração de Se, de 20 a 82 mg kg⁻¹ e o Acre com menor, de 0,5 a 2 mg kg⁻¹ (SILVA JÚNIOR et al., 2016).

A variação no teor de Se entre as amêndoas de castanha-da-amazônia de uma mesma área, depende do local onde estão as castanheiras. Essa variação pode estar relacionada ao controle genético e à capacidade de cada genótipo absorver e acumular esse elemento, assim como à quantidade de Se nos solos da região (CHANG et al., 1995; DUMONT et al., 2006; PAREKH et al., 2008; SECOR; LISK, 1989).

Além do Se, a amêndoa da castanha-da-amazônia possui alto teor de proteínas com elevado valor biológico, fibras e lipídios essenciais (ômega 3 e 6) (PACHECO, 2007). A castanha também é fonte de vitamina E, fósforo, potássio, magnésio e cálcio (CHUNHIENG et al., 2004). Possui tocoferóis capazes de atuar contra doenças como o câncer, arteriosclerose e doenças inflamatórias. Possui ainda concentrações consideráveis de compostos fenólicos, carotenóides e outras vitaminas que agem no organismo como antioxidante, combatendo os radicais livres e prevenindo o envelhecimento precoce, auxiliando também na prevenção e tratamento de doenças

Na Amazônia, a castanha-da-amazônia é fonte de alimento para as comunidades tradicionais extrativistas que consomem principalmente o leite de castanha, especialmente no período da safra, que na região sul do Amapá é concentrada nos meses de janeiro a abril. É uma importante fonte de renda para essas comunidades, sendo considerado o segundo produto florestal não madeireiro (PFNM) de maior relevância econômica nessa região e altamente promissor.

O uso da castanha-da-amazônia e de seus derivados estabelece uma forte relação cultural da espécie com as comunidades extrativistas de toda a Amazônia. O consumo e a comercialização de seus produtos, favorece o desenvolvimento socioeconômico de famílias que obtêm sua renda oriunda desse recurso natural. Além de gerar trabalho e renda para milhares de famílias extrativistas, a coleta da castanha-da-amazônia ainda contribui para a manutenção da floresta em pé e, conseqüentemente, a conservação da espécie e do bioma Amazônico.

Embora a castanha-da-amazônia seja considerada um dos PFNM mais importante para a região, haja vista seu alto potencial de comercialização e consumo em virtude de suas propriedades, muitas etapas que melhoram e agregam valor ao produto ainda não são realizadas. Isso ocorre em função de fatores como a deficiência de infra-estrutura, a falta de energia elétrica regular, a necessidade de recurso financeiro imediato e, principalmente, devido a comercialização ser feita por atravessadores que não pagam preço diferenciado pela castanha manejada com melhor qualidade. Parte da comercialização da castanha-da-amazônia é feita ainda no castanhal, ou seja, a castanha é comprada antes da coleta. Dessa forma são suprimidas algumas fases como: lavagem, seleção e secagem; que são importantes no processo de qualidade e valoração do produto.

A secagem é uma das principais etapas dessa cadeia, e carece cada vez mais de atenção e melhorias. Consiste na eliminação da água, por evaporação, com transferência de calor e massa e envolve três meios de transferência de calor: convecção, condução e radiação (BARRONCAS, 2020). A secagem visa, além de diversificar e modificar os produtos já disponíveis, proporcionar um alimento com características preservadas por longos períodos, ainda que armazenados em temperatura ambiente (ALVES; NICOLETI, 2016). Além disso, facilita o manuseio e o transporte do produto e diminui a proliferação de fungos e outros microrganismos.

Em se tratando de proliferação de fungos, é importante ressaltar que é comum em castanha-da-amazônia, sem o processo adequado de secagem, o aparecimento de fungos produtores de aflatoxinas. Essas micotoxinas causam danos à saúde humana e animal e dificultam a comercialização do produto, especialmente para o mercado externo que exige cada vez mais, qualidade e baixos índices de contaminações.

Na região sul do Amapá a castanha-da-amazônia é um dos principais meios de subsistência, geração de renda e fonte de alimento para milhares de famílias tradicionais.

Nessa região, o extrativismo da castanha gera renda para mais de 600 famílias, principalmente no assentamento PAE Maracá e na Resex Cajari (FILOCREÃO, 2007).

Um dos objetivos de criação da Resex Cajari, uma Unidade de Conservação – UC de uso sustentável, foi a valorização e a promoção do uso dos recursos naturais ali existentes, incluindo a castanheira-da-amazônia. É uma região que possui alto potencial produtivo desse PFNM, tornando essa espécie uma das principais fontes de renda e sustento das famílias. Além de garantir subsídios financeiros, a castanheira-da-amazônia está diretamente inserida na alimentação dessas famílias que a consomem, tanto na forma *in natura*, quanto incorporada a outros alimentos, principalmente de origem animal. O leite da castanha, extraído de maneira artesanal, é um exemplo disso.

Assim, estudos e pesquisas sobre fatores que podem influenciar o teor de Se em amêndoas de castanha-da-amazônia, são necessários para subsidiar novas pesquisas e estratégias de comercialização, considerando a qualidade da castanheira-da-amazônia como alimento funcional. Essa dissertação visa contribuir para ampliar as amostragens e confirmar se a castanha do Cajari realmente apresenta maior teor de Se, com resultados e informações que possam contribuir, com estudos de valor nutricional da castanha-da-amazônia e sua importância na alimentação, como uma rica fonte de Se e outros nutrientes essenciais para o equilíbrio nutricional. É importante salientar ainda que, a determinação do teor de Se por castanheira, se caracteriza como um importante atributo a ser utilizado no processo de seleção de matrizes para o melhoramento genético, servindo também para auxiliar as autoridades competentes sobre a quantidade ideal de ingestão diária de amêndoas, em função da presença do Se.

1.1. Referencial Teórico

1.1.1. Castanheira-da-amazônia (Bertholletia excelsa Bonpl.)

Bertholletia excelsa Bonpl. pertence à divisão Angiosperma, classe Dicotiledônea, ordem Myrtiliflorae, família Lecythidaceae. A espécie é popularmente conhecida no Brasil como: castanheira, castanha-do-pará, castanha-do-brasil, castanha-da-amazônia, entre outros. É considerada de grande porte, podendo atingir 60 metros de altura. O diâmetro medido a 1,30 m do solo (DAP) pode chegar até três metros e a idade, até 731 anos (PERES et al., 2003; SALOMÃO, 2009).

Na região Amazônica, a castanha-da-amazônia se destaca como um dos produtos florestais não madeireiros (PFNM) de origem extrativista de maior importância cultural, social e econômica, sendo considerada uma árvore símbolo da região. É amplamente distribuída em toda a Amazônia, podendo ser encontrada em vários países da América do Sul, como: Venezuela, Colômbia, Peru, Bolívia, Suriname, Guiana e Guiana Francesa. Porém, as maiores concentrações estão na Amazônia brasileira (PERES et al., 2003; ZUIDEMA, 2003).

A espécie é encontrada principalmente em solos de baixa fertilidade, com maior ocorrência em terras altas e de características argilosas e argilo-silicosas, em áreas com os tipos climáticos Aw, Am e Af de acordo com a classificação de Köppen, mas concentra-se especialmente em locais com Aw ou Am. Prepondera em áreas com precipitação média variando de 1400 a 2800 mm/ano e em regiões com déficit hídrico de 2-5 meses (SPERA et al., 2018).

A castanheira é considerada uma espécie, predominantemente, neotropical, que tende a florescer durante a estação seca e o início da floração varia de acordo com a região. Normalmente, esse processo acontece entre os meses mais secos; agosto a novembro. Entretanto em algumas regiões, como no leste da Amazônia, a floração tem início ainda no final da estação chuvosa em setembro podendo se estender até fevereiro, com maior intensidade entre os meses de outubro e dezembro (CHAVES, 2007).

Essa variação é relatada por alguns autores em trabalhos na região Amazônica. No Pará, em estudo sobre fenologia reprodutiva e polinização (MAUÉS, 2002), observou que a floração mais intensa ocorreu de setembro a dezembro. Em outro estudo sobre fenologia reprodutiva em Rondônia, (VIEIRA, 2009) constatou que as árvores da castanha-da-amazônia floresceram de setembro a janeiro, com maior intensidade de floração nos meses de novembro a janeiro, com mais de 80% das árvores em plena floração.

Em Roraima, Tonini (2011) relata que a maior intensidade de floração se deu nos meses de fevereiro e abril, com 90% das árvores com floração. O processo de desenvolvimento e maturação dos frutos decorre em aproximadamente 15 meses, (VIEIRA, 2009). Assim, durante a floração e o desenvolvimento dos frutos novos, a árvore ainda apresenta os frutos velhos e quase maduros, sendo comum encontrar frutos de diferentes estágios de desenvolvimento em uma mesma planta durante todo o ano.

A castanheira é uma espécie de polinização cruzada e hermafrodita (O'MALLEY et al, 1988), com síndrome de polinização melitófila (WADT et al, 2015). Sua morfologia floral restringe a entrada de insetos visitantes, permitindo que apenas aqueles com força física e tamanho corporal compatíveis com a estrutura da flor atuem como polinizadores, pois a estrutura da flor é dura, sendo que apenas um inseto grande consegue entrar na estrutura interna para coletar pólen (MAUÉS, 2002). Os principais visitantes e polinizadores da castanheira são as abelhas dos gêneros *Bombus*, *Centris*, *Xylocopa* e *Epicharis*, além de algumas espécies de *Euglossinae*, conhecidas como 'abelhas grandes' (MAUÉS, 2002; CAVALCANTE et al, 2012). A floração ocorre no início da estação chuvosa, período em que ocorre a maior abundância de néctar e pólen (MAUÉS, 2002). A frutificação é dependente da atividade de polinizadores naturais (CAVALCANTE et al, 2012) e a formação de frutos ocorre apenas quando há acasalamento entre árvores.

Os frutos popularmente conhecidos como ouriços contêm sementes grandes e não se abrem espontaneamente, a casca é espessa, lenhosa, dura, de cor castanha, repleta de resina. Cada fruto pode conter de 10 a 25 sementes (PROJETO SENTINELAS DA FLORESTA, 2016), angulosas, agudas, próximo a triangulares, transversalmente rugosas, estreitamente comprimidas.

As sementes, são conhecidas como castanhas, apresentam casca dura e rugosa e abrigam amêndoas comestíveis conhecidas mundialmente como castanha-do-brasil, nozes do Brasil ou castanha-do-pará, (CAMARGO et al., 2010; WADT et al., 2005). Em razão da sua ocorrência por toda a extensão da Amazônia em países da América do Sul, como: Venezuela, Colômbia, Peru, Bolívia, Suriname, Guiana e Guiana Francesa (PERES et al., 2003; ZUIDEMA, 2003), vem-se trabalhando para que a nomenclatura castanha-da-amazônia se torne padrão.

A dispersão da espécie é por Zoocoria, ou seja, realizada por meio de animais (SCOLES et al., 2016). No caso da castanha-da-amazônia o principal dispersor é a cutia (*Dasyprocta* spp.), que consome algumas sementes e enterra outras, para consumir posteriormente. Muitas dessas sementes são abandonadas e germinam dando origem a uma nova castanheira (FELZKE, 2007).

A castanheira é uma espécie protegida por Lei (Decreto Federal nº 1282 de 19 de outubro de 1994). Apesar de estar presente em todos os nove países amazônicos (Brasil, Peru, Colômbia, Equador, Bolívia, Guiana, Suriname, Venezuela e Guiana Francesa), ainda é

considerada uma espécie vulnerável pela União Mundial para a Natureza (IUCN) e está na lista oficial da flora nacional ameaçada de extinção, sendo seu corte proibido.

1.1.2. Produção de frutos da castanheira

A castanheira é uma espécie que produz frutos anualmente, no entanto, o número de frutos produzidos por uma mesma árvore varia a cada ano. A produção de castanha de *Bertholletia* é a variável ecológica mais importante de interesse econômico (WADT; KAINER; GOMES-SILVA, 2005).

Cymerys et al. (2005) afirmam que é difícil estimar a produção de uma castanheira, porque o número de ouriços varia muito entre os anos e entre árvores da mesma população. Os autores também relatam que o tamanho da árvore, geralmente, está relacionado com a sua produção. No entanto, essa relação não pode ser considerada uma regra, pois existem árvores grandes que não produzem nenhum ouriço.

Em castanhais nativos com mais de 50 anos, a produtividade varia de 0,16 a 0,55 hectolitros por hectare, enquanto, nos enxertados, pode alcançar cerca de 3 hectolitros por hectare aos 6 anos (CHAVES, 2007). Vários estudos, relacionados à produção de castanhas na região Amazônica evidenciam essas variações que ocorrem anualmente, não somente entre árvores e populações, mas também entre regiões Kainer et al. (2006) e Neves; Wadt; Guedes (2016).

No Pará, foi detectado que a produção de frutos variava de 1 a 172 frutos por árvore, com produção média de 29 frutos/castanheira (SALOMÃO et al., 2006). Em Roraima, em um estudo sobre a estrutura e produção de duas populações nativas de castanheiras, o número máximo de frutos encontrados por Tonini; Costa; Kaminski (2008) foi de 155. No entanto, 47% dos indivíduos produziram até 10 frutos, 35% produziram entre 10 a 50 frutos, 13% entre 50 e 100 e apenas 4% produziram mais de 100 frutos. Os autores ainda relatam que as duas populações de *B. excelsa* apresentaram diferenças de densidade, porém, não apresentaram diferenças estatísticas significativas na produção média de frutos (23 frutos).

Essa variação na produtividade de castanheiras pode ter relações com diversos fatores, que ainda precisam ser mais bem estudados. Zuidema (2003), em um estudo sobre a ecologia e manejo da castanheira, aponta que diversos fatores como: tamanho da árvore, a posição da copa e da árvore, infestação de cipós, variação temporal, fatores climáticos,

fatores genéticos, condições do solo, interações com os polinizadores e interações com os predadores de fruto (quando o fruto está ainda na árvore), possuem relação com a variação da produção de frutos.

Com relação ao tamanho da árvore, estudando fatores que afetam a produção de frutos, autores verificaram que diâmetro da árvore explicou mais de 50% da variação da produção de frutos (KAINER; WADT; STAUDHAMMER, 2007; WADT et al., 2005).

Ivanov; Fleig; Tonini, (2018), avaliando influência da precipitação e textura, alagamento e profundidade do solo na produção de sementes em castanhais nativos de Roraima, observaram que, castanheiras crescendo em solos franco argilo-arenosos e argilo-arenosos profundos apresentam maior produção de sementes de castanha. As árvores que crescem em solos argilo-arenosos profundos e franco-argilosos e argilo-arenosos rasos apresentaram produção média e as que cresciam em solos argilosos rasos apresentaram as menores produções.

Na região sul do Amapá, na área da Resex Cajari, em um trabalho realizado por Aparício (2011), foi observado que a produção da castanheira possui associação com os atributos químicos do solo, principalmente a acidez. Também apresenta relação direta com a área basal e número de indivíduos de espécies circundantes. Em outros estudos sobre atributos químicos do solo relacionados à produção de frutos de castanheiras no Acre, Kainer et al. (2007) observaram correlação negativa com o teor de fósforo (P) e correlação positiva com a capacidade de troca de cátions (CTC). Os resultados também apontam redução significativa na produção de frutos com a redução da precipitação em anos de seca prolongada. Zuidema (2003), aponta redução na produção para uma população de castanha-da-amazônia, no ano de 1998, período sob influência do fenômeno El Niño, que reduziu drasticamente a precipitação na Bolívia.

Avaliando a variação temporal na produção de castanha-da-amazônia associada a variáveis climáticas, incluindo o forte El Niño de 2015/2016 (PASTANA et al., 2021) observaram que em 2017 houve uma queda drástica na produção de castanha-da-amazônia em toda a região amazônica, com um total de 21.651 toneladas, 37% abaixo da média de 10 anos (2010-2019).

1.1.3. Secagem da castanha-da-amazônia

Entre todas as etapas da cadeia produtiva da castanha-da-amazônia, a secagem se caracteriza como o principal processo, aquele que representa o maior desafio. De acordo com (GARCIA et al., 2004) o processo de secagem está diretamente relacionado ao controle de qualidade do produto. Esta etapa reduz alterações físicas e nutricionais no produto e a probabilidade de perdas, principalmente, na fase pós-coleta, decorrentes da infestação de microrganismos. Bitencourt (2020) ressalta que é fundamental a secagem de castanha-da-amazônia, que se encontram naturalmente com alto teor de umidade, para evitar colonização por fungos produtores de aflatoxinas.

COSTA (2012) afirma que, a aflatoxina produzida pelos fungos *Aspergillus flavus*, *A. parasiticus* e *A. nomius*, provoca perdas na produtividade e na qualidade da castanha-da-amazônia, sendo uma das principais causas de restrições ao comércio internacional. Geralmente, as contaminações das castanhas provenientes do Brasil ultrapassam os limites exigidos pelos países importadores.

Devido à contaminação com aflatoxinas e/ou deterioração microbiológica parcial ou total, é imprescindível que as sementes destinadas ao armazenamento não apresentem teor de água acima do recomendado (SILVA et al., 2016). Para o armazenamento seguro, o teor de água na castanha-da-amazônia após a coleta deve ser abaixo de 13% (CAC/RPC, 2006).

Embora se tenha conhecimento das recomendações para a secagem da castanha-da-amazônia, o que se vê em toda a região da Amazônia brasileira, não excetuando a região do sul do Amapá, onde se pratica o extrativismo da castanha, é um processo de secagem, predominantemente, artesanal.

Na Resex Cajari, no sul do Amapá, a exemplo de outras regiões da Amazônia, predomina a prática de comercialização da castanha por meio de atravessadores. Esses personagens ainda atuam nessa região como os antigos “patrões”. No período da entressafra, em que muitos extrativistas enfrentam dificuldades financeiras, o atravessador acaba sendo o socorro desses extrativistas, que recorrem a ele para fazerem empréstimos. Os extrativistas que detém o conhecimento do potencial de produção de suas áreas, oferecem parte ou toda a produção como garantia de pagamento, antes mesmo da coleta. Esse tipo de relação comercial acontece na maioria das comunidades amazônicas que trabalham com o extrativismo da castanha, e é uma situação que obriga o extrativista a vender a castanha para seu credor.

Quando começa a safra, o extrativista faz a coleta, mede a produção em barricas (equivale a 6 latas de 18 litros), embala em sacos de fibra e entrega ao comprador, ainda na área do castanhal. Essa relação comercial é muito comum nessa região, uma vez que, é usada como estratégia pelos atravessadores, para pagar um valor menor aos extrativistas, pois usam a quantidade extra colocada na barrica para descontar possíveis perdas e quebras futuras ao longo da cadeia, mesmo para castanhas de alta qualidade.

Esse tipo comercialização, é um dos gargalos da cadeia produtiva e comercial da castanha nessa região, no entanto, para o extrativista, vender a castanha antes da coleta é muito conveniente, porque diminui o trabalho com transporte e outras etapas como: lavagem, seleção e secagem das sementes. Essas etapas são importantes no processo de produção *in natura* da castanha e agregam valor do produto junto ao mercado, porém, como os produtores não vendem diretamente para o consumidor ou para as indústrias, não faz tanta diferença, uma vez que o extrativista não recebe nenhum acréscimo de valor, ainda que realize essas etapas.

1.1.4. Composição centesimal da castanha-da-amazônia

A composição centesimal de um alimento exprime, de forma básica, o valor nutritivo ou o valor calórico, bem como a proporção de componentes em que aparecem, em 100g de produto considerado, os grupos homogêneos de substâncias do alimento (SOAVE et al., 2002). Por meio da composição centesimal é possível conhecer os componentes dos alimentos (carboidratos, proteínas, lipídios, vitaminas e minerais), o que possibilita a avaliação de suas características físico-químicas e sensoriais (MOREIRA, 2021).

Em uma revisão de literatura realizada por Chang et al. (2016) é mencionado que numerosos compostos fenólicos (ácidos fenólicos e flavonóides) são encontrados e quantificados em castanha-da-amazônia (*in natura* e/ou torrada) e em seus subprodutos. Esses compostos fenólicos são bioacessíveis e biodisponíveis em humanos, com vários benefícios para a saúde, incluindo antioxidante, antiinflamatório, prebiótico, antimicrobiano, quimiopreventivo e hipocolesterolêmico.

1.1.5. Benefícios do selênio

Em 1957, K. Schwarz e C.M. Foltz, em um trabalho com levedura de cerveja, destacaram o papel biológico e nutricional do Se. Os autores comprovaram que o Se presente na levedura da cerveja diminuía a incidência de necrose hepática em ratos. A partir daí

passou a ser reconhecido que o Se, em baixas concentrações, possui propriedades benéficas (LETAVAYOVÁ; VLČKOVÁ; BROZMANOVÁ, 2006).

O Se é um elemento traço importante para o ser humano, está envolvido em vários processos biológicos importantes, atua em diversas funções metabólicas relacionadas com a prevenção de várias doenças. No sistema imunológico, age reduzindo infecções virais, na proteção contra doenças cardiovasculares, atuando também no metabolismo do hormônio da tireóide, além de possíveis estresses oxidativos ou condições inflamatórias (RAYMAN, 2012).

Outros estudos também destacam que o Se desempenha funções como: proteção antioxidante, controle do sistema imunológico, regulação do potencial redox da vitamina C e de outras moléculas, (PERES et al., 2003), incluem ainda a participação na conversão do T4 em T3, a proteção contra a ação nociva de metais pesados e xenobióticos, a redução dos riscos de doenças crônicas não transmissíveis e o aumento da resistência do sistema imunológico (PACHECO, 2014). Também há ações e concentração de selenoproteínas específicas, tais como: a glutathiona peroxidase e selenoproteína P (SePP), que agem para reduzir o estresse oxidativo, inflamação e danos no DNA, reduzindo o risco de desenvolvimento de câncer.

O Se é necessário para a produção de enzimas fundamentais na neutralização de radicais livres (GPX) e na proteção contra a peroxidação lipídica de membranas celulares e subcelulares (CUNHA; CUNHA, 1998). Por ser um elemento traço essencial para as funções normais do corpo, pode ser encontrado na forma inorgânica, metálica (Se^0) ou oxianions como selenito ($\text{SeO}(\text{OH})_2$) e selenato ($\text{SeO}_2(\text{OH})_2$), e também na forma orgânica, selenocisteína (Sec) e selenometionina (SeMet), sendo análogos dos aminoácidos sulfurados cisteína e metionina (ALMONDES KGS et al. 2010).

Grande parte das funções biológicas do Se são desempenhadas por meio de selenoproteínas, contendo selenocisteína. Muitas selenoproteínas atuam como enzimas antioxidantes (PAPP et al., 2007). A atividade antioxidante do selenoproteínas no sistema nervoso central está bem estabelecida e níveis mais baixos de Se têm sido associados a danos cerebrais (FANG et al., 2013). Burk; Hill (2009) afirmam que o Se desempenha funções nos sistemas nervoso e antioxidante do cérebro, com diversas ações que auxiliam na fisiologia normal do cérebro, por isso sua deficiência pode causar lesões cerebrais irreversíveis.

1.1.6. Selênio no ambiente

Embora o Se seja um elemento químico relativamente escasso na natureza, é rotineiramente presente no solo. Na crosta terrestre, participa com 800 ppb em peso, (RIZZO, 2007). A atmosfera representa a maior fonte natural de Se para a superfície terrestre, via deposição seca e úmida. Supõe-se que o ambiente marinho seja a maior fonte de Se para a atmosfera. Na natureza o Se surgiu a partir de processos biogeoquímicos e geofísicos, sendo liberados das estruturas cristalinas das rochas pela ação do intemperismo (ALMEIDA; CACURO, 2019).

Em um estudo sobre o Se no meio ambiente, foi detectado que as crescentes atividades antropogênicas têm aumentado a liberação do Se de suas fontes naturais (rochas e solos), tornando-o disponível principalmente para o meio ambiente aquático (SEIXAS; DO KEHRIG, 2007). Conseqüentemente, o Se torna-se disponível também para o homem, uma vez que a principal via de exposição tanto do homem quanto dos organismos aquáticos ao Se é pela dieta alimentar (SEIXAS e KEHRIG, 2007).

A presença do Se no ambiente é oriunda das fontes naturais, e de atividades antropogênicas como as indústrias de refino de cobre, produtoras de vidro e de equipamentos eletrônicos, mineração ou processos metalúrgicos, queima de carvão e de petróleo e processos de combustão em grande escala (AMBIENTAL, 2018). As águas de drenagem, efluentes, plantas de beneficiamento de carvão, refinarias, uso em fertilizantes, mineração de fosfatos e outros metais são responsáveis pela redistribuição deste no ambiente (SEIXAS e KEHRIG, 2007).

No solo, o Se existe em várias formas inorgânicas: como Se elementar (Se^0), seleneto (Se^{2-}), selenito (SeO_3^{2-}), selenato (SeO_4^{2-}) e em formas orgânicas, como, por exemplo, a selenometionina. A forma predominante de Se no solo depende diretamente da acidez desse solo e da sua interação com o oxigênio. O Se elementar e os compostos de Se, como o selenito de sódio, podem ser metilados por microrganismos e em seguida volatilizados para a atmosfera (AMBIENTAL, 2018).

O Se possui uma distribuição desigual sobre a crosta terrestre, o que resulta em regiões com níveis naturais de Se no solo muito variável. Globalmente a concentração de Se no solo é de 50-200 mg/kg. No entanto, alguns solos rochosos e mais ácidos, têm uma concentração muito menor, como é o caso dos solos da Europa, Nova Zelândia,

Iugoslávia, Tasmânia, Islândia, Finlândia, Grã-Bretanha e algumas áreas da China, (NÓBREGA, 2015).

No Brasil, as informações sobre os valores de Se no solo são escassos, e particularmente, na região Amazônica. Determinações analíticas de Se no solo são praticamente inexistentes na região, com exceção de alguns trabalhos utilizando coletas em pontos localizados em áreas de produção agrícola (SILVA JÚNIOR, 2016).

A disponibilidade desse elemento no solo possui ligação direta com as diferenças geográficas e outros fatores como: o uso de adubos e quantidade de matéria orgânica, isso decorre na variação substancial no teor de Se nos alimentos. Para as plantas, essa disponibilidade é controlada pela sorção, dessorção, precipitação, dissolução, formação de complexos orgânicos, inorgânicos e metilação de compostos voláteis (SILVA JÚNIOR, 2016). Ainda nesse estudo o autor relata que grande parte do Se ingerido por animais e humanos é proveniente do solo, onde são cultivadas as plantas que absorvem este elemento. O autor ressalta ainda que a maioria das doenças humanas relacionadas ao Se são resultantes de concentrações altas ou baixas desse elemento nos solos.

1.1.7. Selênio nos alimentos

O Se apresenta-se nos alimentos de diversas formas, principalmente em vegetais, nos quais ocorre em mais de 15 formas diferentes, por isso sua absorção por meio da alimentação é a melhor forma de obtenção deste mineral (FARIA; KARP, 2015). As plantas absorvem o Se do solo e sua quantidade nos alimentos, de origem vegetal, varia de acordo com a presença, ou não, no solo. Na planta, o Se é convertido para a forma orgânica, gerando compostos metilados de baixo peso molecular, além de selenometionina e selenocisteína (COMINETTI, DUARTE, 2017). As autoras afirmam ainda que, a selenometionina é a principal fonte de compostos de Se presente em produtos vegetais como grãos, legumes e leguminosas. SHALTOUT et al. (2011) comentam que, diferentes tipos de alimentos, como materiais biológicos e laticínios, são fontes importantes de Se na dieta humana e sua absorção depende de sua forma química.

No trabalho de Cominetti; Duarte (2017), é relatado que a castanha-da-amazônia e o rim bovino são consideradas as melhores fontes de Se. Carne bovina, frango, peixe e ovos, além de serem ricos em proteínas, também apresentam quantidades importantes de Se e em muitos países são a principal fonte alimentar deste mineral. Nesse estudo, os autores

também destacam que em geral as frutas e verduras são considerados alimentos pobres em Se, com exceção daqueles que são chamados de “acumuladores de Se” como: alho, mostarda-indiana, brócolis, couve-de-bruxelas, couve-rábano, couve-flor, repolho, cebola e alguns cogumelos, que podem fornecer quantidades importantes do mineral quando consumidos adequadamente.

Em um estudo desenvolvido por Ferreira et al. (2002), com o objetivo de determinar os teores de Se em alimentos consumidos no Brasil, os autores apontam que, os alimentos de origem animal apresentam maiores concentrações de Se que os de origem vegetal, frutas e cereais. Dos alimentos analisados destacam-se: contrafilé (9,7 µg/100g) e fígado bovino (7,3 µg/100g), fígado de frango (44 µg/100g), sardinha enlatada em molho de tomate (80,9 µg/100g), atum sólido em lata (52,5 µg/100g), camarão vermelho (25 µg/100g) e merluza filé (28,3 µg/100g), gema de ovo (34 µg/100g), requeijão cremoso (9,9 µg/100g), queijo minas frescal (13 µg/100g), farinha de trigo integral (13,6 µg/100g). Entre as frutas, a concentração ficou entre 0,0 - 0,9 µg/100g; com destaque para a manga e o maracujá amarelo.

A biodisponibilidade de Se em carnes é alta, principalmente, pelo fato de as formas predominantes serem a selenometionina e a selenocisteína. No caso de peixes, o conteúdo do mineral geralmente é significativo, porém, a interação com metais pesados, principalmente o mercúrio, reduz a biodisponibilidade, uma vez que pode ocorrer a ligação entre ambos, formando complexos insolúveis (COMINETTI, DUARTE, 2017).

A forma dominante de Se em alimentos afeta a sua aceitabilidade pelo corpo, ou seja, seu aproveitamento e sua disponibilidade para proteossíntese e produção de compostos Se-metilados (RAYMAN, 2008). A absorção das formas orgânicas é de 90-95%, enquanto a absorção das formas inorgânicas é inferior em cerca de 10% (PIECZYŃSKA; GRAJETA, 2015)

1.1.8. Selênio na castanha-da-amazônia

A castanha-da-amazônia é uma semente oleaginosa da região Amazônica com altas concentrações em Se (COLPO, 2014), sendo reconhecida mundialmente como a maior fonte Natural de Se de origem vegetal. A castanha é uma amêndoa que oferece vários benefícios essenciais ao corpo humano, como: combate ao envelhecimento celular, promoção da saúde do coração, auxílio na prevenção de câncer, na manutenção da saúde

do cérebro, redução da pressão alta, sendo também uma excelente fonte de energia para o organismo.

Sancanari et al. (2019) relatam que os fitoquímicos extraídos da castanha-da-amazônia apresentam atividades antioxidantes e antiproliferativas, principalmente atribuídos à combinação desses fitoquímicos com o Se. Estudos para determinar os níveis dos teores de Se presentes em amêndoas de castanha-da-amazônia apresentam resultados bastante divergentes entre si. De acordo com Duarte et al. (2019), as concentrações de Se na castanha-da-amazônia dependem da concentração desse elemento no solo e podem variar de 8 até 252,3 mg/g.

Barclay; Macpherson; Dixon (1995), em um trabalho que avaliou o teor médio de Se em 700 amostras de 100 tipos de alimentos, constataram que a maior concentração de Se ocorreu em castanha-da-amazônia, com valores de até 2,54 mg kg⁻¹. Dumont et al. (2006) ao avaliar 250 g de castanha-da-amazônia sem casca, adquiridas em um mercado na Bélgica, porém, oriundas da Bolívia, encontraram valores médios de 5,1 mg kg⁻¹ de Se. Em outras amostras com casca (450 g) obtidas em um supermercado nos EUA e originadas do Brasil, os valores chegaram a 49,9 mg kg⁻¹ de Se.

Em um estudo sobre análise de especiação de Se, (DA SILVA; MATAVELI; ZEZZI ARRUDA, 2013), encontraram valor médio igual a 54,8 mg kg⁻¹, em amostras obtidas em Campinas (SP). Martins et al. (2012) avaliando a associação dos níveis de radioatividade, Se e aflatoxina em castanhas-da-amazônia sem casca, na cidade de Manaus (AM) em 30 amostras, da safra de 2009, destinado à exportação, encontraram uma concentração média de 22,7 mg kg⁻¹ de Se.

No trabalho de Pacheco, (2007), foram detectadas variações entre 8,5 mg kg⁻¹ e 69,7 mg kg⁻¹, nos teores de Se, com registro dos maiores valores obtidos na região Leste da Amazônia (Pará, Amapá e Norte do Maranhão). Os valores mais baixos foram encontrados em castanha da região Oeste da Amazônia (Acre, Rondônia, Roraima e parte do Leste do Amazonas).

Silva Júnior et al., 2017, encontraram variações <0,5 a 146,6 mg kg⁻¹, com maiores concentrações nas amostras do Amazonas e do Amapá (medianas de 66,1 e 51,2 mg kg⁻¹, respectivamente), e Roraima com (mediana de 10,2 mg kg⁻¹). As menores

concentrações foram nas amostras do Acre e do Mato Grosso (medianas de 3,0 e 2,4 mg kg⁻¹, respectivamente).

2 PROBLEMA

A variação nos teores de Se e a composição centesimal das amêndoas de castanhas-da-amazônia possui relação com o processo de secagem da castanha e com a capacidade de produção de frutos pelas castanheiras?

3 HIPÓTESE

A composição centesimal e o teor de Se em amêndoas de castanha-da-amazônia produzidas por castanheiras nativas do sul do Amapá, são alterados com o processo de secagem e em função da produção de frutos pelas castanheiras. As castanheiras mais produtivas apresentam menores teores de Se nas castanhas devido ao efeito de diluição dos nutrientes. O armazenamento das castanhas nos próprios frutos das castanheiras, mantém a umidade e a qualidade das sementes para germinação e produção de mudas. Após secagem em armazéns utilizados pelos compradores locais de castanha e em paióis de pré-secagem dos castanheiros, há alteração nas porcentagens dos grupos da composição centesimal, devido à perda de umidade e concentração dos solutos na massa da castanha. Como essa secagem é realizada em temperaturas inferiores a 60 graus, a qualidade da castanha é mantida, pois não ocorre desnaturação das proteínas e volatilização do Se, o que poderia acontecer em temperaturas superiores que diminuiria a concentração desses atributos.

4 OBJETIVOS

4.1. Geral

Avaliar o teor de Se, a composição centesimal e nutricional em amêndoas de castanha produzidas por castanheiras-da-amazônia nativas da região sul do Amapá, Amazônia oriental.

4.1. Específicos

1. Avaliar se a quantidade dos teores de Se e a composição centesimal de amêndoas de castanhas-da-amazônia frescas está diretamente relacionada com a capacidade de produção de frutos pelas castanheiras.

2. Analisar as alterações nas amêndoas da castanha-da-amazônia mantidas nos frutos e armazenadas em câmara fria e sala com temperatura ambiente, por 1 ano.
3. Verificar alterações na composição centesimal e qualidade nutricional de amêndoas de castanhas-da-amazônia armazenadas em galpão e após diferentes condições de secagem das amêndoas no campo.

5 METODOLOGIA DETALHADA

5.1 Caracterização da área de estudo

A região do estudo está situada na Reserva Extrativista do Rio Cajari (Resex Cajari), com área de 501.771 ha, localizada no extremo sul do Estado do Amapá (Brasil, 1990). Dividida em Alto, Médio e Baixo Cajari, a Resex é uma Unidade de Conservação de uso sustentável, estando inserida no Sistema Nacional das Unidades de Conservação da Natureza BRASIL (2000).

A Resex é descrita como uma área utilizada por populações extrativistas tradicionais, cujo modo de vida baseia-se no extrativismo e, complementarmente, na agricultura de subsistência e na criação de animais de pequeno porte. Essas reservas têm como objetivos básicos: proteger os meios de vida e a cultura dessas populações, e assegurar o uso sustentável dos recursos naturais da unidade (Brasil, 2000). A Unidade engloba territórios dos municípios de Laranjal do Jari, Mazagão e Vitória do Jari. Sua gestão é de responsabilidade do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) e de um conselho gestor, que tem caráter deliberativo (Figura 1).

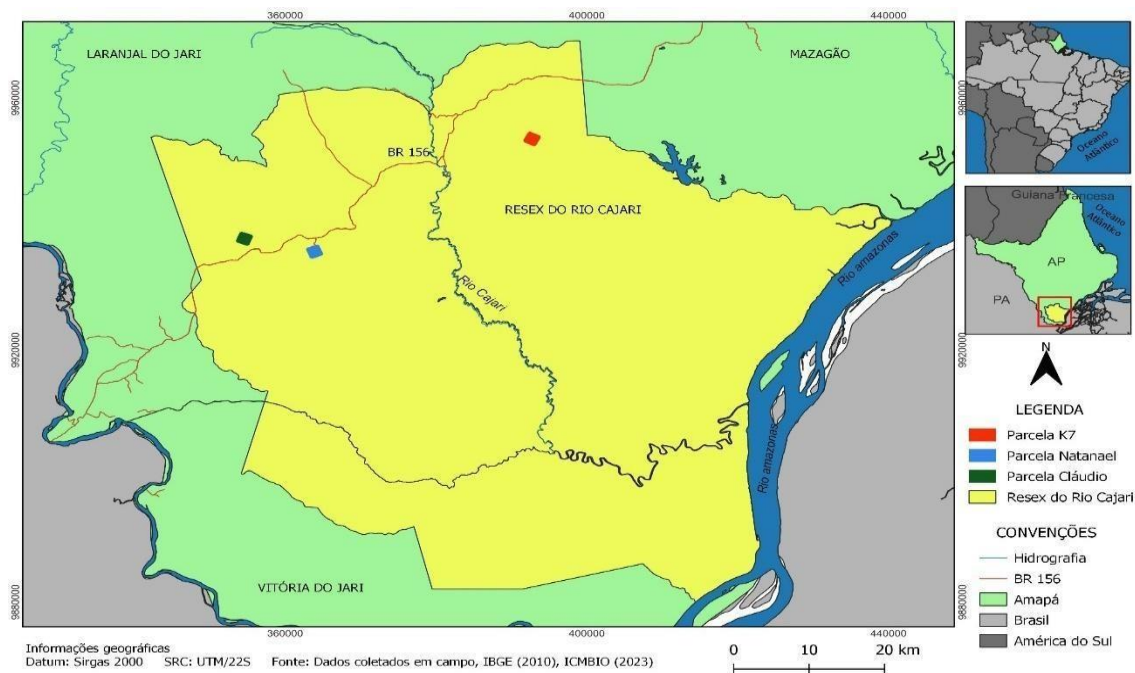


Figura 1 - Mapa de localização da Resex do Rio Cajari, sul do Amapá e das parcelas onde foram realizadas as coletas de frutos das castanheiras-da-amazônia. Fonte: Gonçalves, 2023.

O clima da região da Resex Cajari situa-se na transição de clima tropical de savana (Aw) para tropical de monção (Am), segundo a classificação de Köppen. Apresenta temperatura média anual acima de 25 °C, com mínima de 18 °C e máxima de 31,5 °C. A precipitação anual gira em torno de 2.300 mm, com concentração no período entre dezembro e junho. Os meses menos chuvosos (precipitação < 100 mm por mês) são setembro, outubro e novembro (SOUZA; CUNHA, 2010).

Na região há ocorrência de Latossolos Amarelo e Vermelho Amarelo, com ou sem ocorrência de concrecionário laterítico e uma mancha de Argissolo, na face norte, atingindo altitudes em torno de 150 metros (SANTOS et al., 2015). Apresentam textura entre média e argilosa, fertilidade natural baixa, concreções e vulnerabilidade à erosão, (IBAMA, 2007).

A vegetação da área é composta por floresta ombrófila densa e ombrófila aberta, conforme o sistema fisionômico-ecológico (IBGE, 2012), bem como áreas de transição savana-floresta (NEVES; WADT; GUEDES, 2016). As florestas são constituídas por uma vegetação exuberante, com grandes concentrações de castanhais, os quais foram fundamentais para criação da Unidade de Conservação. (OLIVEIRA JUNIOR et al., 2021) ressaltam que, à primeira vista, a exuberância das florestas poderia evidenciar a existência de solos férteis, no entanto, os solos são de baixa fertilidade natural. O ciclo

biológico solo-planta-solo é que mantém a vegetação devido ao acúmulo, decomposição e incorporação de detritos orgânicos ao solo, fornecendo os elementos nutritivos necessários às plantas por meio da ciclagem de nutrientes. Esse ciclo biogeoquímico conserva os nutrientes, evitando a lixiviação e mantendo os mesmos em constante reciclagem.

5.2 Coleta e análise das amostras de castanha

Em março de 2021, ouriços de 55 castanheiras localizadas em 3 comunidades, com diferentes capacidades de produção, foram coletados. Essas castanheiras têm sua produção de frutos/sementes monitoradas desde 2010 e são classificadas como castanheiras de alta, média e baixa produção. De cada castanheira foram coletados 10 frutos (ouriços), totalizando 550 frutos amostrados em todas as castanheiras.

Todos os ouriços foram transportados para o Laboratório de Sementes, da Embrapa Amapá. Cinco ouriços de cada castanheira (metade do que foi coletado) foram mantidos inteiros, com todas as sementes em seu interior. Esses frutos foram identificados, de acordo com as matrizes, colocados em sacos plásticos fechados e mantidos em temperatura ambiente por 12 meses.

Os outros 5 ouriços de cada castanheira foram abertos para retirada de todas as sementes. As sementes foram identificadas, de acordo com as matrizes, lavadas e expostas em papel toalha para a retirada do excesso de água.

Dos 5 ouriços abertos de cada matriz foram retiradas duas amostras de, aproximadamente, 1 L de castanhas com casca, para obtenção do teor de Se e da composição centesimal. Para a análise do teor de Se, as amostras foram enviadas para o Laboratório de Química Analítica da Universidade Federal do Pará. Para a análise da composição centesimal, as amostras foram levadas ao Laboratório de Alimentos da Embrapa – AP.

O restante das amêndoas, após a retirada das amostras para as análises laboratoriais, foi dividida em duas partes. Uma parte foi colocada em bandejas plásticas e levadas para a câmara fria (15°C) do Laboratório de Sementes, da Embrapa – AP e a outra parte foi acondicionada em bandejas e deixadas na bancada do Laboratório de Sementes da Embrapa – AP, sem controle de temperatura, tendo o aparelho de ar condicionado ligado, esporadicamente.

No mês de março de 2022, a equipe voltou à Resex do Cajari para a segunda amostragem do estudo, sem levar em consideração as matrizes, já que essa amostragem não foi realizada no interior do castanhal. Nessa ocasião, foram coletadas amostras de castanhas com casca antes de serem colocadas no paiol de pré secagem e depois de passarem pelo menos 3 dias no paiol. Também foram coletadas castanhas que estavam em galpões de armazenamento dos intermediários que compram a castanha, lá estocadas por, aproximadamente, um mês.

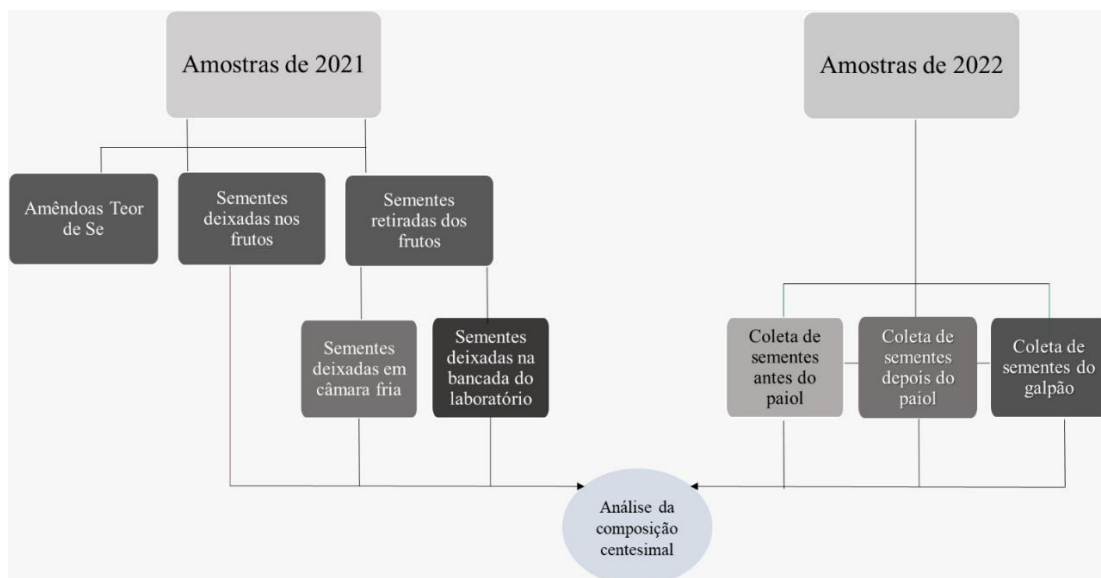


Figura 2 - Fluxograma da amostragem de castanhas-da-amazônia coletadas na Resex-Cajari, sul do Amapá, nos anos de 2021 e 2022.

Em cada paiol e galpão de armazenamento de castanhas com cascas (Figura 3) foram coletadas 3 amostras de, aproximadamente, 1 L cada. Durante a amostragem foram medidas a temperatura e a umidade relativa do ar dentro dos secadores, utilizando um termo-higrômetro digital, com capacidade para registrar os valores máximos e mínimos.



Figura 3 - A: coleta de amostras no galpão de armazenamento da castanha a granel usado por compradores locais; B: paiol solar usado para pré-secagem da castanha-da-amazônia pelos extrativistas, na Resex Cajari, sul do AP. Fonte: A; B: Marcelino Guedes (2022).

As castanhas que passaram por diferentes condições de pré-secagem e armazenamento foram descascadas, com auxílio de um descascador de castanha manual (Figura 4) para obtenção das amêndoas, que foram enviadas para as análises da composição centesimal e nutricional.



Figura 4 – Descascador manual usado no Laboratório de Sementes da Embrapa AP para descascar as castanhas-da-amazônia utilizadas no estudo.

5.3 Determinação do teor de Se na castanha-da-amazônia

As análises para determinar o teor de Se nas amêndoas de castanhas-da-amazônia, foram realizadas por meio de GFAAS (Espectrometria de Absorção Atômica com correção de fundo Zeeman e lâmpada EDL para Se; AAnalyst™ 800 AAS, Perkin Elmer). Foi usada uma solução padrão contendo 1 g Se kg⁻¹ (Pureza de 98%, Fluka, Buchs, Suíça) para preparar a curva de calibração para a determinação de Se por GFAAS. Os dados foram descritos com base no peso seco (DW), sendo expressos em mg kg⁻¹.

Para essa análise foram pesadas, individualmente, 3 castanhas para calcular o peso médio de cada uma para a obtenção do teor individual de Se das amêndoas. Após a pesagem, as amêndoas foram moídas em moinho elétrico e retirado 0,5 g de cada amostra para realizar a digestão, em triplicata.

A digestão consistiu em pegar 6 ml de uma mistura composta por ácido nítrico (HNO₃ 65%) e ácido perclórico (HClO₄, 69,72%). Esse extrato ficou em repouso durante a noite em temperatura ambiente e o processo de digestão foi realizado na manhã seguinte, após um descanso de 16 horas. Para a digestão das amostras, foi utilizado bloco de digestão metálico, com temperatura inicial de 50°C, aumentando gradativamente em 50 °C a cada 30 min, até completar 2 h de digestão (temperatura final de 200 graus). Por fim, após a digestão, o extrato foi mantido por 15 minutos em temperatura ambiente para esfriar e, em seguida, foram adicionados 10 ml de água deionizada em cada extrato. O volume final foi colocado em recipientes de 30 ml, e armazenado em temperatura de 5°C até a análise.

As análises foram realizadas seguindo adaptação das metodologias descritas por SILVA JUNIOR et al., 2017 e MALAVOLTA, VITTI, OLIVEIRA (1997).

5.4 Determinação da composição centesimal da castanha-da-amazônia

4.4.1. Umidade

Secagem em estufa a 105°C até peso constante, segundo metodologia (IAL, 2008).

4.4.2. Cinzas

Determinada gravimetricamente em mufla a 550°C/4h (IAL, 2008; NOGUEIRA & SOUZA, 2005),

4.4.3. Lipídios

Determinado em aparelho Soxhlet com éter de petróleo sob refluxo durante 4 horas (SILVA & QUEIROZ, 2002; SOUZA & NOGUEIRA, 2005).

4.4.4. *Proteína*

Determinada por meio do Método Kjeldahl. O teor de proteína bruta foi calculado multiplicando-se o nitrogênio total pelo fator 5,46 (%N x 5,46) (IAL, 2008; SOUZA & NOGUEIRA, 2005).

4.4.5. *Fibra*

Determinada gravimetricamente por meio do resíduo remanescente de digestão ácida e alcalina. (SILVA & QUEIROZ, 2002; SOUZA e NOGUEIRA, 2005).

4.4.6. *Carboidratos*

Calculados por diferença (100 g – gramas totais de umidade, proteínas, lipídios e cinzas), segundo a Resolução RDC n° 360, de 23 de dezembro de 2003 (BRASIL, 2003).

4.4.7. *Cálculo do Valor Energético Total*

Foi obtido aplicando-se os fatores de Atwater 4 – 9 – 4 kcal/g para os valores de proteínas, lipídios e carboidratos totais, respectivamente; segundo ANDERSON et al. (1988) e a Resolução RDC n° 360, de 23 de dezembro de 2003 (BRASIL, 2003).

5.5 Análises laboratoriais complementares

4.5.1. *Atividade de água*

Determinada por meio de medida direta em aparelho digital (NOVASINA, modelo Lab Touch – aw), com controle interno de temperatura a 25 °C.

4.5.2. *pH*

A medida foi realizada utilizando um potenciômetro digital (Bel Engineering, modelo W3b), previamente calibrado com soluções tampão pH 4 e 7.

4.5.3. *Acidez Total Titulável*

Determinada por titulação com NaOH 0,1N previamente padronizada (IAL, 2008).

5.6 Determinação dos minerais presentes na castanha-da-amazônia

4.6.1. Cobre (Cu), ferro (Fe), zinco (Zn) e manganês (Mn)

Determinados por espectrometria de absorção atômica com chama (Thermo Scientific iCE 3000 Séries) de amostra previamente decomposta por via seca e solubilizada com ácido clorídrico e ácido nítrico (SILVA e QUEIROZ, 2002; IAL, 2008).

4.6.2. Fósforo (P)

Por complexação do fósforo com vanado-molibdato de amônio e determinação por espectrofotometria na região do visível, segundo metodologia IAL (2008).

4.6.3. Cálcio (Ca)

Determinação por titulação complexométrica com EDTA (IAL, 2008). A análise dos minerais micronutrientes presentes nas amêndoas de castanha-da-amazônia foi realizada em junho do ano de 2022 no laboratório da Embrapa/AP. Foi utilizado o Espectrofotômetro de Absorção Atômica Thermo Scientific iCE 3000 Series (Figura 5).



Figura 5 – Análise de elementos minerais em amêndoas de castanhas-da-amazônia no laboratório da Embrapa Amapá.

6 REFERÊNCIAS

ALMEIDA, J. C. DE; CACURO, T. A. Selênio em uma perspectiva geral: Aspectos ambientais e biológicos. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento, v. 05, n. 10, p. 149-163, 2019.

ALMONDES, K. G. de S.; LEAL, G. V. S.; COZZOLINO, S. M. F.; PHILIPPI, S. T.; RONDÓ, P. H. C. O papel das selenoproteínas no câncer. Revista da Associação Médica Brasileira, v. 56, n. 4, p. 484-488, 2010.

ALVES, T. P.; NICOLETI, J. F. Influência Das Variáveis De Processo Sobre a Secagem Osmo-Convectiva De Pimentão Verde. *Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial*, v. 10, n. 1, p. 2022-2037, 2016.

AMBIENTAL, D. DE T. H. E S. Ficha de Informação Toxicológica. CETESB, v. 0, 2018.

ANDERSON, L. A. et al. *Nutrição*. Rio de Janeiro: Guanabara. c. 10, p. 179-187, 1988.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 269. Regulamento Técnico sobre a Ingestão Diária Recomendada (IDR) de proteína, vitaminas e minerais. Brasília, 2005.

APARÍCIO, W. C. D. S. Estrutura da vegetação em diferentes ambientes na Resex do Rio Cajari. Universidade Federal Rural de Recife - Programa de pós-graduação em Ciências Florestais (Tese) v. 1, p. 150, Recife, 2011.

AREANE MENDONÇA PACHECO, V. M. S. Selênio e aflatoxinas em castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa* H.B.K.) e qualidade de produtos derivados. Universidade Federal de Santa Catarina - Programa de pós-graduação em Ciência dos alimentos (Tese-Doutorado), Santa Catarina, 2007.

BARCLAY, M. N. I.; MACPHERSON, A.; DIXON, J. Selenium Content of a Range of UK Foods. *Journal of Food Composition and Analysis*, v. 8, n. 4, p. 307-318, 1995.

BARRONCAS, J. S. A secagem no processamento da castanha-do-Brasil como ferramenta de prevenção da contaminação por aflatoxinas. Universidade Federal do Amazonas - Programa de pós-graduação em Ciências Farmacêuticas (Dissertação-Mestrado). 61 f. p. 12-26, Manaus-AM, 2020.

BATISTA, A. P. B Modelagem do crescimento e produção de frutos da castanheira da amazônia. Universidade Federal de Lavras - Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal (Tese - Doutorado)130 f. Lavras-MG, 2018.

BITENCOURT, M. A. F. Isotermas de dessecção, secagem e caracterização nutricional das amêndoas de castanha-do-brasil da Região Amazônica. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia – Campus Rio Verde, Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos (Dissertação - Mestrado), p. 63, Rio Verde-GO, 2020.

BRAGA, E. T. M. Diversidade morfológica e produção de *Bertholletia excelsa* H.B.K. (LECYTHIDACEAE) no sudeste do estado do Acre. Universidade Federal do Acre - Programa de pós-graduação em Ecologia e Manejo de Recursos Naturais (Dissertação - Mestrado), p. 60, Rio Branco-AC, 2007.

BRASIL. Lei 9985/00 que institui o Sistema Nacional de Unidade de Conservação da Natureza. Brasília, 2000.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA. Resolução RDC nº 360, de 23 de dezembro de 2003. Regulamento Técnico sobre Rotulagem Nutricional de Alimentos Embalados. Diário Oficial da União, Brasília, D.F., 2003.

BURK, R. F.; HILL, K. E. Selenoprotein P — Expression, functions, and roles in mammals. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - General Subjects*, v. 1790, n. 11, p. 1441-1447, 2009.

BEHR, C. S. Efeito de uma dieta enriquecida com castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa* L.) no estado nutricional relativo ao selênio de idosos não institucionalizados. Universidade Federal de São Paulo - Faculdade de Ciências Farmacêuticas da USP (Dissertação - Mestrado) p. 99, São Paulo-SP, 2004.

CAC/RPC. Code of practice for the prevention and reduction of aflatoxin contamination in tree nuts. CAC/RCP 59-2005, Rev. 1 – 2006.

CAMARGO, F. F.; COSTA, R. B.; RESENDE, M. D. V.; ROA, R. A. R.; RODRIGUES, N. B.; SANTOS, L. V.; FREITAS, A. C. A. Variabilidade genética para caracteres morfométricos de matrizes de castanha-do-brasil da Amazônia Mato-grossense. *Acta Amazonica*, v. 40, n. 4, p. 705-710, 2010.

CAVALCANTE, M. C.; OLIVEIRA, F. F.; MAUÉS, M. M. e FREITAS, B. M. Exigências de polinização e comportamento de forrageamento de potenciais polinizadores de castanheiras (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) cultivadas na Floresta Amazônica Central. *Psique (Stuttg.)* v. 2, p. 1-9, 2012.

CHANG, J. C.; ALASALVAR, C.; BOLLING, B. W. e SHAHIDI, F. Selenium content of Brazil nuts from two geographic locations in Brazil. *Chemosphere*, v. 30, n. 4, p. 801-802, 1995.

CHANG, S. K., ALASALVAR, C., BOLLING, B. W., & SHAHIDI, F. Nuts and their co-products: The impact of processing (roasting) on phenolics, bioavailability, and health benefits - A comprehensive review. *Journal of Functional Foods*, v. 26, p. 88-122, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2016.06.029>.

CHAO, W.; RAO, S.; CHEN, Q.; ZHANG, W.; LIAO, Y.; YE, J.; CHENG, S.; YANG, X. e XU, F. Advances in Research on the Involvement of Selenium in Regulating Plant Ecosystems. *Plants*, v. 11, p. 2712, 2022. <https://doi.org/10.3390/plants11202712>

CHAVES, N. Dossiê Técnico - Cultivo da castanha-do-brasil. p. 23, 2007.

CHUNHIENG, T.; GOLI, T.; PIOMBO, G.; PIOCH, D.; BROCHIER, J.; MONTET, D. Recent analysis of the composition of Brazil nut *Bertholletia excelsa*. *Recent Analysis of the*. v. 280, n. 2, p. 91-98, 2004. (a)

CHUNHIENG, T.; GOLI, T.; PIOMBO, G.; PIOCH, D.; BROCHIER, J.; MONTET, D. Recent analysis of the composition of Brazil nut: *Bertholletia excelsa*. *Bois et Forêts Des Tropiques*, Montpellier, France, v. 280, p. 91-98, 2004. (b)

CLEMENT, C. R. et al. Use of AFLPS to distinguish landraces of pejibaye (*Bactris gasipaes*) in brazilian Amazonia. *Scientia Agricola*, v. 59, n. 4, p. 743-753, 2002.

COLPO, E. Efeitos metabólicos do consumo da castanha do Brasil (*Bertholletia excelsa*) em humanos saudáveis. Universidade Federal de Santa Maria - Programa de pós-graduação em Bioquímica Toxicológica (Tese - Doutorado) 67 f., Rio Grande do Sul, 2014.

COMINETTI, C.; DE BORTOLI, M. C.; GARRIDO, A. B.; COZZOLINO, S. M. F. Brazilian nut consumption improves selenium status and glutathione peroxidase activity and reduces atherogenic risk in obese women. *Nutrition research*, v. 32, n. 6, p. 403–407, 2017.

COSTA, D. A. Qualidade da castanha-do-brasil após o uso de secador de ar por convecção natural. Dissertação - Programa de Pós-graduação em Agronomia Universidade Federal do Acre, p. 110, 2012.

COMINETTI, C. e DUARTE, G. B. S. Funções plenas Reconhecidas de Nutrientes - Série de publicações ILSI Brasil : funções plenamente reconhecidas de nutrientes. ILSI Brasil-Internacional Life Sciences Institute do Brasil, v. 8, p. 331-332, 2017.

CUNHA, D. F.; CUNHA, S. F. C. Microminerais. In: OLIVEIRA, J. E. D.; MARCHINI, J. S. (Org). Ciências Nutricionais. Sarvier, 1ª ed. p. 150. São Paulo, 1998.

CYMERYS, M. e SHANLEY, P. Castanheira *Bertholletia excelsa* H.&B. In: SHANLEY, P.; MEDINA, G. (Eds.). Frutíferas e Plantas Úteis na Vida Amazônica. Belém PA: CIFOR, AMAZON, p. 61-73, 2005.

DA SILVA, E. G.; MATAVELI, L. R. V.; ZEZZI ARRUDA, M. A. Speciation analysis of selenium in plankton, Brazil nut and human urine samples by HPLC–ICP-MS. *Talanta*, v. 110, p. 53-57, 2013.

DUARTE, G. B. S; REIS, B. Z.; ROGERO, M. M.; VARGAS-MENDEZ, E.; JÚNIOR, F. B.; CERCATO, C. e COZZOLINO, M. F. S. Consumption of Brazil nuts with high selenium levels increased inflammation biomarkers in obese women: A randomized controlled trial. *Nutrition*, v. 63-64, p. 162-168, 2019.

DUMONT, E.; PAUW. L.; VANHAECKE, F. e CORNELIS, R. Speciation of Se in *Bertholletia excelsa* (Brazil nut): A hard nut to crack? *Food Chemistry*, v. 95, n. 4, p. 684-692, 2006.

EL MEHDAWI, A. F.; QUINN, C. F. e PILON-SMITS, E. A. H. Selenium hyperaccumulators facilitate selenium-tolerant neighbors via phytoenrichment and reduced herbivory. *Current Biology*, v. 21, p. 1440-1449, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2011.07.033>

COLPO, E. Efeitos metabólicos do consumo da castanha do Brasil (*Bertholletia excelsa*) em humanos saudáveis. *Bioquímica toxicológica*, v. 2014, p. 1-67, 2014.

FANG, K. M.; Cheng, F. C.; Huang, Y. L.; Chung, S. Y.; Jian Z. Y.; Lin, M. C. Trace element, antioxidant activity, and lipid peroxidation levels in brain cortex of gerbils after cerebral ischemic injury. *152*, 66-74, 2013.

FARIA, L. DE A.; KARP, F. H. S. Selênio: um elemento essencial ao homem e aos animais e benéfico às plantas. *Horticultura brasileira*, v. 149, n. 12, p. 17-22, 2015.

FELZKE, L. F. A economia da castanha na etnia Gavião: da dádiva ao mercado. In: Walterlina Brasil. (Org.). *Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente em Rondônia*. 1ed.Porto Velho: Edufro, v. 1, p. 209-221, 2007.

FERREIRA, E.; SANTOS, M. N. F.; MORAIS, L.; LAMARÃO, M. L. N.; RIBEIRO-COSTA, R. M. e SILVA-JÚNIOR, J. O. C. Characterization physicist-chemistry almond, residue and composition fatty acid majority of the oil brute of Brazil nut (*Bertholletia excelsa*). *Brazilian Journal of Food and Nutrition*, v. 17, n. 2, p. 203-208, 2006.

FERREIRA, K. S.; GOMES, J. C.; BELLATO, C. R.; JORDÃO, C. P. Concentrações de Se em alimentos consumidos no Brasil. *Revista Panamericana de Salud Publica/Pan American Journal of Public Health*, v. 11, n. 3, p. 172-177, 2002.

FILOCREÃO, A. S. M. Agroextrativismo e capitalismo na Amazônia: as transformações recentes no agroextrativismo do sul do Amapá. Universidade Federal do Pará - Programa de pós-graduação em Desenvolvimento Sustentável em Trópico Úmido (Tese - Doutorado). Belém, 2007.

FORDYCE, F. M. Selenium Deficiency and Toxicity in the Environment. In O. Selinus (Ed.), *Essentials of Medical Geology*. Dordrecht: Springer. p. 375-416, 2013. https://doi.org/10.1007/978-94-007-4375-5_16

FREITAS, J. B. e NAVES, M. M. V. Composição química de nozes e sementes comestíveis e sua relação com a nutrição e saúde. *Revista de Nutrição*, v. 23, p. 269-, 2010.

GARCIA, D. C.; SOUZA, A. C.; BARROS, A.; PESKE, S. T. e MENEZES, N. L. A secagem de sementes. *Ciência Rural*, v. 34, n. 2, p. 603-608, 2004.

GORDIN, C. R. B. et al. Temperaturas e disponibilidades hídricas do substrato na germinação de sementes de niger. *Bioscience Journal*, v. 30, n. 3, p. 112–118, 2014.

GORDIN, C. R. B. et al. Disponibilidade hídrica do substrato e teor de água da semente na germinação de niger. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 45, n.3, p. 312-318, 2015. <https://doi.org/10.1590/1983-40632015v4535337>

HARVEY, M. A. et al. Distribution and chemical form of selenium in *Neptunia amplexicaulis* from Central Queensland, Australia. *Metallomics*, v. 12, ed. 4, p. 514 - 527, 2020. <https://doi.org/10.1039/c9mt00244h>

IAL. *Métodos Físico-Químicos para Análise de Alimentos*. 1a edição, p. 1020, 2008.

IBGE, 2012. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Manual técnico da vegetação brasileira*: 1-271. IBGE (Manuais Técnicos em Geociências, 1), Rio de Janeiro.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. *Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz*. v. 1: *Métodos químicos e físicos para análise de alimentos*, 4. ed. São Paulo:, 2005. p. 98-99.

IVANOV, G. B. et al. Fatores edafoclimáticos relacionados à produção de sementes em castanhais nativos de Roraima. *Pesquisa Florestal Brasileira*, v. 38, 2018.

KAINER, K. A. et al. Liana loads and their association with *Bertholletia excelsa* fruit and nut production, diameter growth and crown attributes. *Journal of Tropical Ecology*, v. 22, n. 2, p. 147-154, 2006.

KAINER, K. A. et al. Explaining variation in Brazil nut fruit production. *Forest Ecology and Management*, v. 250, n. 3, p. 244-255, 2007.

KIPP, A. P. et al. Revised reference values for selenium intake. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, v. 32, p. 195-199, out. 2015.

KOPPEN, W. *Grundriss der Klimakunde: Outline of climate science*. Berlin: Walter de Gruyter, 1931.

LETAVAYOVÁ, L. et al. Selenium: From cancer prevention to DNA damage Toxicology. Elsevier, 3 out. 2006.

LI, H. F. et al. Selenium uptake, translocation and speciation in wheat supplied with selenate or selenite. *New Phytol*, v. 178, ed. 1, p. 92-102, 2008. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2007.02343.x>

LOPES, B. *COMPOSIÇÃO NUTRICIONAL E BENEFÍCIOS PARA A SAÚDE*. Seropédica RJ 2021.

LOPES, B. *Composição nutricional e benefícios para a saúde - Instituto de Tecnologia Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Dissertação castanhas da amazônia*:. Seropédica RJ 2019.

LYONS, G. H. et al. Selenium increases seed production in Brassica. *Plant and Soil*, v. 318, n. 1-2, p. 73-80, 2009.

MAEDA, S. S. et al. Recommendations of the Brazilian Society of Endocrinology and Metabology (SBEM) for the diagnosis and treatment of hypovitaminosis D. n. 1, 2014.

MALAVOLTA, E. et al. *Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações*. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319 p.

MARTINS, M. et al. Castanha do Brasil: Determinação de elementos naturais e aflatoxinas. *Acta Amazonica*, v. 42, n. 1, p. 157-164, mar. 2012.

MAUÉS, M. M. Reproductive phenology and pollination of the Brazil nut tree (*Bertholletia excelsa* Humb. & Bonpl. Lecythidaceae) in Eastern Amazonia. *Pollinating Bees - The Conservation Link between Agriculture and Nature*, p. 245-254, 2002.

NASCIMENTO, W. et al. *GERMINAÇÃO DAS SEMENTES DE CASTANHA-DO-BRASIL SUBMETIDAS AO ARMAZENAMENTO*, 2019.

NEVES, E. S. et al. Estrutura populacional e potencial para o manejo de *Bertholletia excelsa* (Bonpl.) em castanhais nativos do Acre e Amapá. *Scientia Forestalis/Forest Sciences*, v. 44, n. 109, p. 19–31, 2016.

NOBRE DA SILVA, A. et al. Germinação de sementes de castanheira-do-pará armazenadas em areia úmida. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.44, n.11, p.1431-1436, nov. 2009.

NÓBREGA, P. T. SELÊNIO E A IMPORTÂNCIA PARA O ORGANISMO HUMANO - BENEFÍCIOS E CONTROVÉRSIAS. *Metrologia*, v. 53, n. 5, p. 1–116, 2015.

NOGUEIRA, A. R. A. et al. Manual de Laboratório: Solo; água, nutrição vegetal, nutrição animal, alimentos. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2005. 303p

OLIVEIRA JUNIOR, R. C. et al. Caracterização dos solos sob castanhais na região sul do estado do Amapá. *Embrapa Amapá*, v. 106, 2021.

O'MALLEY, D. M. et al. Genética da castanha do Brasil (*Bertholletia excelsa* Humb. & Bonpl.: Lecythidaceae). Sistema de acasalamento. *Teor. Aplic. Genet.* v. 76, p. 929-932, 1988.

PACHECO, A. M. Aflatoxinas e Qualidade de Castanha do Brasil. Tese (Doutorado em Ciências dos Alimentos) - Universidade Federal de Santa Catarina. p.1 - 144, 2007.

PACHECO, A. M. et al. Castanha-do-brasil: da floresta tropical ao consumidor. Florianópolis: Editograf, p. 1-171, 2006.

PACHECO, A. M. et al. Selenium and aflatoxin levels in raw Brazil nuts from the amazon basin. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Washington, v. 55, n. 26, p. 11087-11092, 2014.

PACHECO, G. F. E. Metabolismo do selênio. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, p. 1-9, 2014.

PAPP, L. V. et al. From selenium to selenoproteins: Synthesis, identity, and their role in human health. *Antioxidants and Redox Signaling*, v. 9, n. 7, p. 775-806, 2007.

PAREKH, P. P. et al. Concentrations of selenium, barium, and radium in Brazil nuts. *Journal of Food Composition and Analysis*, v. 21, n. 4, p. 332-335, 2008.

PASTANA, D. N. B. et al. Strong El Niño reduces fruit production of Brazil-nut trees in the eastern Amazon. *Acta Amazonica*, v. 51, n. 3, p. 270-279, set. 2021.

PERES, C. A. et al. Demographic Threats to the Sustainability of Brazil Nut Exploitation. *Science*, v. 302, n. 5653, p. 2112–2114, dez. 2003.

PERES, C. et al. Influência das variáveis de processo sobre a secagem osmo-convectiva de pimentão verde. *Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial*, v. 10, n. 1, p. 2022–2037, 2016.

PIECZYŃSKA, J. et al. The role of selenium in human conception and pregnancy. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, v. 29, p. 31–38, jan. 2015.

PIMENTA, A. et al. Uso de Paiol e Secador Solar para a agregação de valor e secagem da castanha-da-amazonia (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) na Resex Cajari, Amapá 2015.

PROJETO SENTINELAS DA FLORESTA. Manual de boas práticas de manejo, coleta e beneficiamento da castanha-do-brasil. Editora Sustentável, Cooperativa dos Agricultores do Vale do Amanhecer (COOPAVAM) Juruena MT, 2016.

QUINN, C. F. et al. Selenium accumulation in flowers and its effects on pollination. *New Phytologist*, v. 192, p. 727–737, 2011. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2011.03832.x>

RAYMAN, M. P. Food-chain selenium and human health: Emphasis on intake. *British Journal of Nutrition*, v. 100, n. 2, p. 254–268, 2008.

RAYMAN, M. P. Selenium and human health. *The Lancet*, v. 379, n. 9822, p. 1256–1268, 2012.

RAYMAN, M. P. Selenium intake, status, and health: a complex relationship. *Hormones*, v. 19, n. 1, p. 9–14, 2020.

RENKEMA, H. et al. The effect of transpiration on selenium uptake and mobility in durum wheat and spring canola. *Plant Soil*, v. 354, ed. 1, p. 239-250, 2012. <https://doi.org/10.1007/s11104-011-1069-3>

REYNOLDS, R. et al. Effects of selenium hyperaccumulators on soil selenium distribution and vegetation properties. *American Journal of Botany*, v. 107, p. 970-982, 2020. <https://doi.org/10.1002/ajb2.1500>

RIZZO, A. C. L. Processos Biológicos de Remoção de Selênio de Efluentes 2007.

SALOMÃO, R. D. P. et al. Castanheira-do-brasil recuperando áreas degradadas e provendo alimento e renda para comunidades da Amazônia Setentrional *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi*, v. 1, n. 2, p. 65-78, 2006.

SALOMÃO, R. I. D. P. Densidade, estrutura e distribuição espacial de castanheira-do-brasil (*Bertholletia excelsa* H. & B.) em dois platôs de floresta ombrófila densa na Amazônia setentrional brasileira. *Ciências Naturais*, n. 1, p. 11–25, 2009.

SANCANARI, L. G. R. et al. A Influência do consumo da castanha-do-brasil nas doenças cardiovasculares. *Pesquisa Unifimes - Centro Universitário de Mineiros*, 2019.

SANTOS, E. S. et al. Estrutura da espécie *Virola surinamensis* (Rol.) Ward na floresta estadual do Amapá- FLOTA/AP. *Revista de Biologia e Ciências da Terra*, v. 13, p. 48 – 61, 2015.

SCHWARZ, K. AND FOLTZ, C. M. Selenium as an integral part of factor 3 against dietary necrotic liver degeneration. *Journal of the American Chemical Society*, v. 79, p. 3292-3293, 1957. <https://doi.org/10.1021/ja01569a087>.

SCOLES, R. et al. Sobrevivência e frutificação de *Bertholletia excelsa* Bonpl. em áreas desmatadas em Oriximiná, Pará. *Floresta e Ambiente*, v. 23, n. 4, p. 555–564, abr. 2016.

SECOR, C. L. et al. VARIATION IN THE SELENIUM CONTENT OF INDIVIDUAL BRAZIL NUTS. *Journal of Food Safety*, v. 9, n. 4, p. 279–281, 1989.

SEIXAS, T. G. et al. Distribuição de Selênio em organismos marinhos da Baía de Guanabara/ R.J. *Química Nova*, v. 30 (3), p. 554-559, 2007.

SHALTOUT, A. A. et al. Method development and optimization for the determination of selenium in bean and soil samples using hydride generation electrothermal atomic absorption spectrometry. *Talanta*, v. 85, n. 3, p. 1350–1356, 2011.

SILVA JÚNIOR, E. C. Selênio na castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa*) e em solos da região Amazônica Brasileira. Universidade Federal de Lavras - Programa de pós-graduação em Engenharia Florestal, p. 1- 82, 2016.

SILVA JUNIOR, E. C. et. al. Natural variation of selenium in Brazil nuts and soils from the Amazon region, *Chemosphere*, v. 188, p. 650-658, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.08.158>.

SILVA JUNIOR, E. C. et. al. Unraveling the accumulation and localization of selenium and barium in Brazil nuts using spectroanalytical techniques, **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 106, p. 104-329, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2021.104329>

SILVA, A. N. et al. Armazenadas em areia úmida. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 44, n. 11, p. 1431–1436, 2009.

SILVA, D. J. e QUEIROZ, A. C *Análises de alimentos: métodos químicos e biológicos*. 3ed. Viçosa: UFV, p. 1- 235, 2002.

SOAVE, P. B. et al. Avaliação da composição centesimal de preparações fortificadas com ferro destinadas à alimentação escolar. p. 1-7, 2002.

SOUZA, E. B. e CUNHA, A. C. Climatologia de Precipitação no Amapá e mecanismos climáticos de grande escala. In: CUNHA, Alan Cavalcanti da; De SOUZA, Everaldo Barreiros, CUNHA, Helenilza Ferreira Albuquerque (coord.). *Tempo, Clima e Recursos Hídricos: Resultados do projeto REMETAP no estado do Amapá*. Macapá: IEPA, p.177-195, 2010.

SOUZA, G. B. et al. Proficiency testing of animal nutrition laboratories. *Accreditation and Quality Assurance*, v. 14, p. 455-460, 2009.

SPERA, S. T. et al. Circular Técnica 5: Adubação da castanha-do-brasil - Estado da arte. 1. ed. Sinop: EMBRAPA, 2018.

STACHIW, R. et al. Potencial de produção de biodiesel com espécies oleaginosas nativas de Rondônia, Brasil. *Acta Amazonica*, v.46, n.1, p. 81-90, 2016. <https://doi.org/10.1590/1809-4392201501151>.

TACO - Tabela Brasileira de Composição de Alimentos. Núcleo de Estudos e Pesquisas em Alimentação/NEPA-UNICAMP. Versão II. -- 2. ed. -- Campinas, SP: UNICAMP, p. 113, 2006.

TONINI, H. Fenologia da castanheira-do-brasil. *Cerne*, Lavras, v. 17, p. 123-131, 2011.

TONINI, H. et al. Estrutura e produção de duas populações nativas de castanheira-do-brasil (*Bertholletia excelsa* O. Berg) em Roraima. *Floresta*, v. 38, n. 3, p. 445–457, 2008.

TONINI, H. et al. Fatores edafoclimáticos relacionados à produção de sementes em castanhais nativos de Roraima. *Pesquisa Florestal Brasileira*, v. 38, 2018.

VALDEZ BARILLAS, J. R. et. al. Selenium distribution and speciation in the hyperaccumulator *Astragalus bisulcatus* and associated ecological partners. *Plant Physiology*, v. 159, p. 1834-1844, 2012. <https://doi.org/10.1104/pp.112.199307>

VIEIRA. Fenologia reprodutiva de castanha-do- brasil (*Bertholletia excelsa* Humb. Bompl.), em Porto Velho/RO. *Embrapa Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento*, v. 61, p. 13, 2009.

WADT, L. H. DE O. et al. Manejo da castanheira (*Bertholletia excelsa*) para produção de castanha-do-brasil, 2005.

WADT, L. H. O. et al. Population structure and nut yield of a *Bertholletia excelsa* stand in Southwestern Amazonia. *Forest Ecology and Management*, v. 211, n. 3, p. 371–384, 2005.

WADT, L. H. O. et al. Variação do sistema de acasalamento entre populações, indivíduos e dentro e entre frutos em *Bertholletia excelsa*. *Silva e Genet.* v. 64, p. 248-259, 2015.

ZHANG, J. et al. Association between regional selenium status and reported outcome of COVID-19 cases in China. *The American Journal of Clinical Nutrition*, v. 111, p. 1297–1299, 2020.

ZHAO C. et. al. Study on the relationship between soil selenium and plant selenium uptake. *Plant Soil*, v. 277, p. 197-206, 2005. <https://doi.org/10.1007/s11104-005-7011-9>

ZHAO, X. Q. et al. Involvement of silicon influx transporter in selenite uptake in rice. *Plant Physiology*, v. 153, p. 1871-1877, 2010. <https://doi.org/10.1104/pp.110.157867>

ZUIDEMA, P. A. Ecology and management of the Brazil nut tree (*Bertholletia excelsa*), 2003.

7 ARTIGO SUBMETIDO À REVISTA BRASILEIRA DE CIÊNCIAS AMBIENTAIS

SELÊNIO E COMPOSIÇÃO DE CASTANHA-DA-AMAZÔNIA EM DIFERENTES MATRIZES E CONDIÇÕES DE ARMAZENAMENTO e SECAGEM

RESUMO

A castanha-da-amazônia é alimento e um dos principais meios de subsistência e geração de renda para milhares de famílias tradicionais da região. O mercado de alimentos está cada vez mais ávido por produtos naturais e orgânicos considerados alimentos funcionais, que promovem uma boa nutrição e saúde do organismo. A castanha-da-amazônia é um desses alimentos e seu consumo regular já foi associado com redução de doenças devido à elevada atividade antioxidante e anti-inflamatória de alguns fitoquímicos, principalmente, do Selênio – Se. O objetivo deste estudo foi avaliar se matrizes superiores de castanheiras, que apresentam maior produção de frutos, também possuem maior teor de Se nas amêndoas, e analisar alterações na composição da castanha safra 2021 após armazenamento em condições controladas e após pré secagem da safra 2022 em paióis e armazéns. Observou-se que os maiores valores de Se foram encontrados nas amêndoas de castanhas coletadas em matrizes com menor produção de frutos. As amêndoas armazenadas nos próprios frutos durante 1 ano apresentaram teor de umidade e atividade de água muito superiores às aquelas armazenadas na câmara fria e na sala do laboratório, além de mais carboidratos e menos lipídeos. Isso comprovou a eficiência do armazenamento das sementes nos ouriços para manter sua viabilidade para produção de mudas de castanheiras. De um modo geral, não houve alterações significativas na composição centesimal e nutricional de castanhas que passaram pelos paióis de pré secagem e daquelas armazenadas em galpões dos compradores, comprovando que nessas condições é possível manter a qualidade da castanha fresca. Esses resultados podem subsidiar ações de comercialização, melhoramento e valorização de aspectos da cadeia produtiva da castanha que favoreçam sua qualidade enquanto alimento funcional.

ABSTRACT

The Amazon nut is food and one of the main means of subsistence and income generation for thousands of traditional families in the region. The food market is increasingly eager

for natural and organic products considered functional foods that promote good nutrition and health of the body. The Amazon nut is one of these foods and its regular consumption has been associated with reduction of diseases due to the high antioxidant and anti-inflammatory activity of some phytochemicals, mainly selenium – Se. The aim of this paper was to evaluate if Brazil nut trees, which have higher fruit yield, also have higher Se content in nuts, and to analyze changes in the composition of the 2021 crop Brazil nut after storage under controlled conditions and pre-drying of the 2022 crop in paiols and warehouses. It was observed that the highest Se values were found in Brazil nuts collected in matrices with lower fruit production. The seeds stored in the fruits themselves for 1 year presented moisture content and water activity much higher than those stored in the cold chamber and in the laboratory room, in addition to more carbohydrates and less lipids. This proved the efficiency of seed storage in fruits to maintain their viability for production of Brazil nut seedlings. In general, there were no significant changes in the centesimal and nutritional composition of Brazil nuts that passed through the pre-drying pails and those stored in warehouses, proving that under these conditions it is possible to maintain the quality of the fresh Brazil nut. These results can support actions of commercialization, improvement and valorization of aspects of the Brazil nut production chain that favor its quality as a functional food.

Palavras-chaves: *Bertholletia excelsa*; castanha-do-pará; castanha-do-brasil; resex Cajari; “carne vegetal”.

Keywords: *Bertholletia excelsa*; Pará nut; Brazil nut; resex Cajari; plant-based meat.

Introdução

A castanheira-da-amazônia (*Bertholletia excelsa* Bonp.1808) é uma espécie símbolo da Amazônia (Guariguata et al., 2017), com interações ecológicas e socioeconômicas em toda a região. Na Amazônia oriental, as castanheiras ocorrem agregadas em reboleiras denominadas de castanhais, provavelmente originados da ação antrópica involuntária e interações com a agricultura itinerante (Guedes et al., 2014).

Outros trabalhos também têm relatado a origem antrópica dos castanhais na Amazônia (Levis et al., 2018), a partir do manejo agroflorestral realizado por populações originárias.

As florestas mais manejadas e com atividade de coleta mais intensa apresentam maior efetividade na regeneração (Scoles e Gribel, 2012), confirmando que a coleta da castanheira-da-amazônia, ainda essencialmente extrativista, contribui não só para a manutenção da floresta em pé e proteção do bioma, mas também para a conservação da própria espécie.

A espécie tem ampla distribuição geográfica na PanAmazônia e ocorre no Brasil, Venezuela, Colômbia, Peru, Bolívia, Suriname, Guiana e Guiana Francesa. Porém, as maiores concentrações estão na Amazônia brasileira (Zuidema, 2003; Peres et al., 2003). A castanheira que pode atingir mais 60 m de altura e diâmetro medido a 1,30 m do solo

(DAP) acima de 3 m (Peres et al., 2003), é uma espécie centenária (Salomão, 2009; Vieira et al., 2005) que pode viver mais de 1000 anos (Pires e Prance, 1984; Ortiz, 2002).

Na Amazônia e na região sul do Amapá a castanha-da-amazônia é um dos principais meios de subsistência, geração de renda e fonte de alimento para milhares de famílias tradicionais. Nessa região, os extrativistas consomem principalmente o leite da castanha fresca, especialmente no período da safra, concentrada de janeiro a abril. O extrativismo da castanha coletada dos frutos das castanheiras gera renda para mais de 600 famílias, principalmente no assentamento PAE Maracá e na Resex Cajari (FILOCREÃO, 2007).

Os frutos, conhecidos como ouriços, são muito lignificados e contêm sementes grandes. Cada fruto pode conter de 10 a 25 castanhas (PSF/MBPBC/COOPAVAM, 2016), conhecidas mundialmente como “Brazil nut”. A castanheira é uma espécie que produz frutos anualmente, no entanto, o número de frutos produzidos por uma mesma árvore varia a cada ano, assim como é elevada a variação entre as próprias castanheiras e entre regiões (Cymerys et al., 2005; Neves, 2016). A produção de frutos e castanha de *Bertholletia* é a variável ecológica mais importante de interesse econômico (Wadt et al., 2005).

A renda oriunda do extrativismo depende da ecologia da floresta e quantidade produzida de castanha, mas além da questão quantitativa, também é muito importante entender os fatores associados à qualidade da castanha. O mercado de alimentos está cada vez mais ávido por produtos naturais e orgânicos, como a castanha-da-amazônia, que são considerados alimentos funcionais que promovem uma boa nutrição e saúde do organismo (Freitas-Silva e Venâncio, 2011). O consumo regular de castanha-da-amazônia já foi associado com redução de doenças cardiovasculares e câncer, devido à elevada atividade antioxidante e anti-inflamatória de alguns fitoquímicos, principalmente, do Selênio – Se (Danielski et al., 2020).

O Se é um elemento mineral que desempenha papel importante na vida humana. No sistema imunológico, reduz infecções virais, atuando também no metabolismo do hormônio da tireóide, além de possíveis estresses oxidativos ou condições inflamatórias (Rayman, 2012). Contribui para prevenir o Alzheimer (Rita et al., 2016) e também ajuda na proteção contra a COVID-19 (Zhang et al., 2020). As nozes, de um modo geral, apresentam elevada concentração de Se (Dumont et al., 2006), destacando-se a castanha-da-amazônia. Estudos sobre propriedades nutricionais tem considerado a castanha-da-

amazônia um dos alimentos vegetais com maior concentração de Se (Silva et al., 2013; Silva Junior et al., 2017).

Uma amêndoa de castanha contém em torno de 400 mg kg^{-1} de Se, quantidade muito superior a outros tipos de castanhas (Kipp et al., 2015), ou pode variar de 8 até $252,3 \text{ mg kg}^{-1}$, dependendo da concentração desse elemento no solo (Duarte et al., 2019). A análise de castanhas-da-amazônia coletadas em diferentes estados da região, evidenciou que as castanhas do Amazonas e do Amapá possuem maior teor de Se do que dos outros estados (Silva-Júnior et al., 2017).

Além do Se, a amêndoa da castanha-da-amazônia possui alto teor de proteínas com elevado valor biológico, fibras e lipídios essenciais (ômega 3 e 6) (Pacheco e Scussel, 2006). Os lipídeos da castanha ajudam a melhorar o colesterol bom, pois também são ricos em ácidos graxos como ácido oléico e linoleico, e possuem fitosteróis que inibem a síntese do colesterol no fígado de seres humanos (Costa et al., 2020). A castanha também é fonte de vitamina E, fósforo, potássio, magnésio e cálcio (Chunhieng et al., 2004).

Embora a castanha-da-amazônia seja um dos PFNMs da Amazônia com maior potencial de comercialização e consumo em virtude de suas propriedades como alimento funcional, os fatores que explicam a variabilidade existente em sua composição ainda não são bem entendidos. Algumas etapas da cadeia produtiva, como a lavagem, seleção e secagem, importantes para a qualidade e valoração do produto, variam ao longo da Amazônia e ainda não são realizadas em toda a região.

A secagem é uma das principais etapas dessa cadeia (Barroncas, 2020) e carece cada vez mais de atenção e melhorias. Proporciona um alimento com características preservadas por longos períodos, ainda que armazenados em temperatura ambiente (Alves e Nicoleti, 2016), além de facilitar o manuseio e o transporte do produto e diminuir a proliferação de fungos. As condições de secagem e armazenamento também podem alterar a composição de amostras em laboratório, bem como a qualidade de sementes para a produção de mudas. Assim, deve-se estar atento a essa questão, mesmo após a coleta e processamento em campo.

Estudos e pesquisas sobre fatores que podem influenciar o teor de Se, além da composição e qualidade nutricional em amêndoas de castanha-da-amazônia, são necessários para subsidiar novas pesquisas, para avançar na seleção de matrizes e estratégias de comercialização, considerando a qualidade da castanha-da-amazônia como alimento funcional. A determinação do teor Se por castanheira é um importante atributo a ser utilizado no processo de produção de mudas selecionadas para o melhoramento

genético, bem como o entendimento das variações em sua composição é importante para orientar consumidores sobre a quantidade ideal de ingestão de amêndoas.

Neste contexto, a partir da hipótese de que há variação no teor Se e na composição centesimal de castanhas produzidas por distintas castanheiras-da-amazônia nativas do sul do Amapá, e que esses atributos são alterados com o processo de secagem e armazenamento, foram elaborados os objetivos do trabalho: 1) avaliar se as matrizes superiores de castanheiras que apresentam maior produção de frutos também possuem maior teor de Se nas castanhas; 2) analisar como diferentes condições controladas de armazenamento alteram as propriedades de castanhas sementes e resultados de análises laboratoriais; 3) verificar como a composição centesimal é alterada após secagem em armazéns utilizados pelos compradores locais de castanha e em paióis de pré-secagem dos castanheiros.

Material e métodos

Caracterização da área de estudo

A região do estudo está situada na Reserva Extrativista do Rio Cajari (Resex Cajari). A Resex possui área de 501.771 ha e é localizada no extremo sul do Estado do Amapá. A região é dividida em Alto, Médio e Baixo Cajari, sendo que as castanheiras ocorrem no Alto Cajari, que é cortado pela BR 156 (Brasil, 1990).

Coleta e análise das amostras de castanha

Em março de 2021, nas três parcelas permanentes instaladas no Alto Cajari de acordo com Guedes et al. (2017), foram coletados frutos de 55 castanheiras, com diferentes capacidades de produção. Essas castanheiras têm sua produção de frutos/sementes monitoradas desde 2010. De cada castanheira foram coletados 10 frutos, dos quais, 5 frutos foram mantidos fechados, armazenados em sacos plásticos e temperatura ambiente, por 12 meses, visando avaliação da qualidade das sementes quando mantidas armazenadas nos próprios ouriços. A outra metade foi aberta logo após a chegada aos laboratórios da Embrapa Amapá, sendo retiradas amostras de, aproximadamente, 1 L, para as análises.

Uma amostra de cada uma das 55 castanheiras foi enviada para análise do Se e composição centesimal no laboratório de Química Analítica da UFPA, mas apenas 19 foram analisadas. Outras amostras, visando avaliação das condições de armazenamento, foram acondicionadas em bandejas plásticas e levadas para a câmara fria (15°C) do Laboratório de Sementes da Embrapa AP e a terceira parte foi deixada em bandejas na

bancada do Laboratório de Sementes da Embrapa AP, sem controle de temperatura, tendo o aparelho de ar condicionado ligado esporadicamente.

A segunda amostragem do estudo foi realizada em março de 2022, quando foram coletadas amostras de, aproximadamente, 1 L, de castanhas de várias castanheiras misturadas, após a coleta pelos extrativistas. Foram coletadas 6 amostras de castanhas frescas antes da passagem por paióis de pré-secagem, e mais 6 amostras após 3 dias em cada paiol. Também foram coletadas mais 3 amostras de castanhas armazenadas em galpões de armazenamento dos intermediários que compram a castanha, e que estavam armazenadas há, aproximadamente, um mês. Um esquema da amostragem pode ser visualizado na Figura 2.

Determinação do teor de Se na castanha-da-amazônia

O teor de Se foi realizado por meio de GFAAS (Espectrometria de Absorção Atômica com correção de fundo Zeeman e lâmpada EDL para Se; AAnalyst™ 800 AAS, Perkin Elmer). Foi usada uma solução padrão contendo 1 g Se kg⁻¹ (Pureza de 98%, Fluka, Buchs, Suíça) para preparar a curva de calibração para a determinação de Se por GFAAS. Os dados foram descritos com base no peso seco (DW), sendo expressos em mg kg⁻¹. Foram descascadas e pesadas, individualmente, 3 castanhas, moídas e retirada 0,5 g de cada amostra para realizar a digestão. As análises foram realizadas seguindo adaptação das metodologias de (Moraes de Brito, Pereira Junior, and Dantas 2019) e SILVA JUNIOR et al. (2017).

Composição centesimal e minerais presentes na castanha-da-amazônia

As análises de composição centesimal e nutricional foram realizadas, em triplicata, de acordo com as metodologias do Ial (2008); Souza e Nogueira (2005); Silva e Queiroz (2002); Brasil (2003); Anderson et al. (1988). A atividade de água foi determinada por meio de medida direta em aparelho digital (NOVASINA, modelo Lab Touch – aw) e o pH foi medido com potenciômetro digital (Bel Engineering, modelo W3b).

Análises estatísticas dos resultados

Foram calculadas estatísticas descritivas para o diâmetro e produção de frutos das castanheiras (n=19), assim como para as sete variáveis da composição centesimal analisadas nas mesmas amostras. Estatísticas não paramétricas foram calculadas para verificar a significância do efeito das variáveis preditoras (castanheiras, condições de armazenamento e pré-secagem) sobre as variáveis respostas (teor de Se, atributos da composição centesimal e nutrientes), pois as mesmas não apresentaram homogeneidade

de variância e/ou normalidade ou independência dos resíduos. A relação entre os teores de Se, a produção de frutos das castanheiras e as sete variáveis da composição centesimal, foram avaliadas por meio da correlação de Spearman.

As comparações de diferentes condições de pré secagem e armazenamento em campo na Resex (castanha fresca, após paiol de pré-secagem e armazenamento em galpão) e em condições controladas (câmara fria, sala e no próprio ouriço) na Embrapa Amapá, foram realizadas por meio de Kruskal-Wallis análises (teste H).

Resultados e discussão

Teor de Se e composição centesimal de amêndoas de diferentes castanheiras

O diâmetro das castanheiras amostradas variou de 74,5 cm a 286,5 cm, indicando que foram analisadas castanheiras adultas e com potencial produtivo. A produção média de frutos por castanheira foi de 208. A castanheira mais produtiva produziu 519 frutos na safra de 2021 (Tabela 1). O CV do diâmetro foi de 35% e da produção de frutos foi de 76%. De maneira geral, não houve variações significativas na composição centesimal das amêndoas para as diferentes castanheiras, o que pode ser comprovado pelos baixos valores dos desvios. O componente que apresentou o maior CV foi o teor de carboidratos, com 16%.

Tabela 1. Estatísticas descritivas (média, desvio padrão - SD, mínimo - min e máximo - max) do diâmetro no ano de 2020 (DAP) e produção de frutos (PF) das castanheiras (n=19), do teor de selênio - Se (base seca) e composição centesimal de amostras de amêndoas de castanha-da-amazônia, coletas em março de 2021, em castanhal nativo da Resex Cajari, sul do Amapá, Amazônia oriental. Umi = umidade e Carbo = carboidratos. Análises realizadas no laboratório de química analítica da UFPA

Am.	DAP	PF	[Se]	Umi	Cinzas	Lipídios	Prote	Fibra	Carbo
	cm	n	(mg kg ⁻¹)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
Média	149,0	208	142,8	5,1	3,2	72,2	12,8	3,5	6,8
SD	52,7	158	120,9	0,3	0,3	1,8	1,2	0,5	1,1
Mín	74,5	30	33,26	4,55	2,86	69,24	11,00	2,65	5,44
Máx	286,5	519	544,41	5,92	3,96	74,57	15,21	4,52	9,20

DAP – diâmetro medido a 1,3 m de altura em relação ao solo, mensurado em 2020

PF - Produção de frutos monitorados em 2021

O teor médio de proteína foi de 13%, com variação de 11% a 15%. O teor médio de lipídios foi de 72%, confirmando a característica oleaginosa das amêndoas de castanha. A boa capacidade de produção de óleo corrobora Ferreira et al. (2006) e Stachiw et al. (2016).

Por outro lado, houve elevada variação na produção de frutos e no teor de Se, em função das castanheiras. O CV do teor de Se foi de 85%, com teor médio de 143 mg kg^{-1} e variação de 33 a 544 mg kg^{-1} . Essa variabilidade no teor médio de selênio encontrado no estudo corrobora Silva-Júnior et al. (2017), que relataram concentração média de Se nas amêndoas de castanhas do Estado Amapá de $50,93 \text{ mg kg}^{-1}$. Contudo, este valor diverge do observado por Silva-Junior et al. (2022), que encontraram valores menores de Se, durante estudo sobre o acúmulo e localização de Se e Ba, com diferentes técnicas espectroanalíticas.

A variação do teor de Se em amêndoas das castanheiras, provavelmente, é relacionada às diferenças na concentração do elemento no solo sobre o qual está estabelecida cada castanheira. O selênio no solo apresenta variação de acordo com a região, ou seja, em determinado local o selênio se apresenta de forma abundante no solo e em outros não (Pieczyńska e Grajeta, 2015). As castanhas do Amapá ($50,93 \text{ mg kg}^{-1}$) e do Amazonas ($68,15 \text{ mg kg}^{-1}$) apresentam uma concentração média vinte vezes maior que as castanhas dos Estados do Acre e Mato Grosso e 5 vezes maior que do Estado de Roraima (Silva-Junior et al., 2017).

Mesmo ocorrendo levantamento amostral na mesma região e em castanheiras próximas, essa variabilidade do teor de selênio indica que há variação suficiente para seleção de matrizes superiores, tanto em termos quantitativos relacionados à produção, quanto em termos qualitativos associados aos teores nutricionais na castanha. Como tanto o teor de Se quanto a produção de frutos variaram em castanheiras próximas, isto pode ser um indicativo de que a variação pode também depender de atributos das próprias castanheiras e não apenas do solo.

A elevada variabilidade nos teores de Se entre as castanhas coletadas em um mesmo local também já foi relatada por outros autores (Silva-Júnior et al., 2017). A distribuição de selênio dentro da planta ocorre de diferentes formas e depende das espécies de plantas, fases de desenvolvimento, da concentração no solo e de outras condições ambientais (Zhao et al., 2005; Li et al., 2008; Renkema et al., 2012). A análise da relação evidenciou que as castanheiras que produzem as maiores quantidades de frutos não são aquelas cujas amêndoas apresentam maiores teores de Se (Figura 1) e que há uma relação inversa significativa entre essas variáveis ($r = -0,49$; $p = 0,064$).

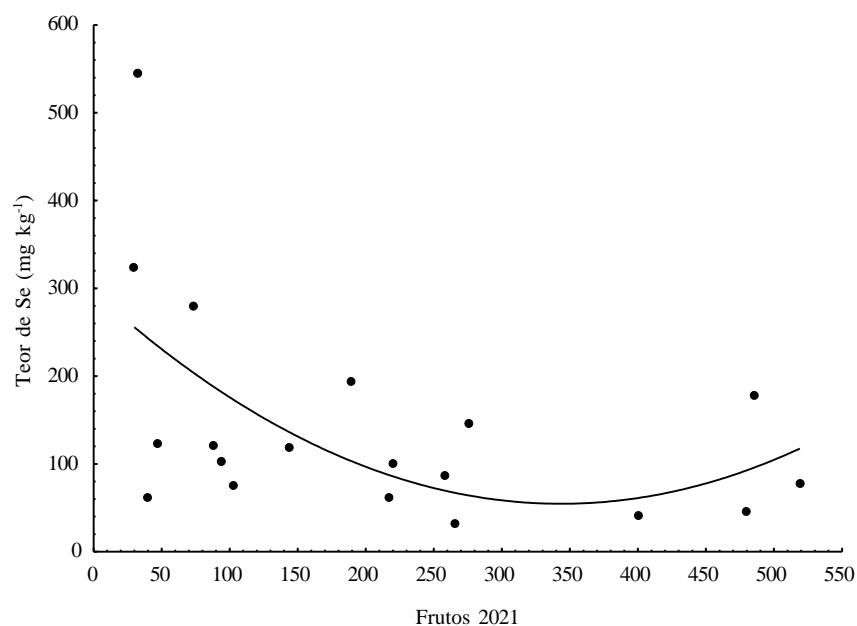


Figura 1. Relações do teor de Se (base seca) em amêndoas de castanha-da-amazônia com a produção de frutos de cada castanheira (n=19) no ano da coleta das amostras (2021), em castanhal localizado na Reserva Extrativista do rio Cajari, sul do Amapá, Amazônia oriental.

Os maiores valores de Se foram observados nas amostras de amêndoas coletadas em castanheiras com menor produção de frutos. Isso pode ser um indicativo de que o aumento da produção pode levar a uma drenagem de nutrientes e do Se, diminuindo a concentração dos mesmos nas amêndoas devido ao efeito de diluição. Por mais que não seja um elemento essencial para as plantas, o Se pode ser absorvido e acumulado nos tecidos vegetais, o que o torna uma importante fonte de nutriente na dieta dos animais (Dumont et al., 2006).

Embora haja essa relação inversa quanto ao elevado teor de Se com as castanheiras produtivas, o que pode parecer incompatível com o objetivo de selecionar matrizes superiores, tanto em termos quantitativos quanto qualitativos, essa associação passa a ser interessante quando se considera que o Se é um elemento que pode causar selenose (Nóbrega, 2015), causando certa toxicidade, quando ingerido em quantidades elevadas. Assim, quando verificamos que as matrizes mais produtivas apresentam teores menores de Se, pode-se recomendar o consumo de mais castanhas per capita, baseada na recomendação de ingestão diária, que, para adultos e idosos de ambos os sexos, é de 55 μg (IOM, 2000). Embora a recomendação no Brasil, de acordo com a Resolução-RDC n° 269 (ANVISA, 2005) seja de 34 microgramas, com relação ao nível máximo tolerável,

pode ser ingerido até $400 \mu\text{g dia}^{-1}$, sendo o limite para toxicidade de 850 a $900 \mu\text{g dia}^{-1}$ (Maeda et al., 2014).

Alguns trabalhos recentes têm evidenciado que o excedente de Se no solo pode estar correlacionado com espécies de plantas que acumulam altos teores de Se (Reynolds et al., 2020; El Mehdawi et al., 2021), chamadas hiper acumuladoras de Se. As plantas propagam o nutriente no solo por meio da serapilheira e raízes (Zao et al., 2010), aumentando, assim, o teor de selênio disponível. Assim, espécies hiper acumuladores podem alterar o teor de Se do solo local e obter maior quantidade de recursos para sua sobrevivência reprodutiva, além de afetar negativamente espécies não-acumuladores de Se ao redor (Chang et al., 2022).

A maior concentração de Se geralmente pode ser encontrada em órgãos reprodutivos, como flores, frutas e sementes (Valdez Barillas et al., 2012; Harvey et al., 2020), o que indica que esse elemento tem importante função na biologia reprodutiva das plantas. Assim, a predominância de maior teor de Se em sementes de castanheiras que produzem menos frutos, pode ser uma estratégia da espécie para aumentar a probabilidade de sucesso reprodutivo de árvores que produzem menos propágulos. O Se pode proteger a semente contra estresses bióticos e abióticos ou mesmo desempenhar papéis importantes durante o processo de germinação (Silva-Junior et al., 2022).

Os resultados também são importantes quando houver interesse na produção de mudas para plantios que gerem amêndoas com elevado teor de Se para abastecer o mercado de alimentos funcionais. Nesse sentido, as castanheiras que apresentam menor produção e maior teor de Se também podem se tornar interessantes como matrizes. Cada vez mais o melhoramento florestal vem se preocupando em selecionar matrizes superiores, não apenas em termos quantitativos, mas também a partir da caracterização da qualidade dos produtos.

Composição centesimal e valor nutricional em amêndoas de castanha-da-amazônia armazenadas em condições controladas.

De um modo geral as alterações na composição centesimal foram maiores do que nos nutrientes encontrados nas amêndoas da castanha-da-amazônia, quando se considera as variações no armazenamento nos frutos ou em câmara fria e sala, por 1 ano. Os maiores valores de umidade (Kruskal-Wallis test: $H(2, N=26) = 13,85897$; $p = 0,001$), atividade de água ($H(2, N=26) = 8,09142$; $p = 0,0175$) e carboidrato ($H(2, N=26) = 11,8981$; $p = 0,0026$) em sementes mantidas no ouriço são resultados importantes quando se trata do uso de castanhas como sementes para produção de mudas. Por outro lado, os teores de

lipídeos (H (2, N=26) = 15,09463; $p < 0,001$) e proteínas (H (2, N=26) = 7,12765; $p = 0,028$) foram reduzidos nas amêndoas de sementes armazenadas nos ouriços.

Nos últimos anos, vem sendo desenvolvido na Embrapa Amapá, um método de baixo custo para produção de mudas de castanheiras a partir do armazenamento das sementes nos próprios ouriços, que tem proporcionado aumento na velocidade e nos índices de germinação (Guedes et al., 2023, no prelo). Normalmente, a germinação da castanha com casca ocorre de forma lenta e irregular devido à dormência causada pelo tegumento (casca) da semente, sendo necessário o descascamento para semeadura direta da amêndoa.

Com o armazenamento das sementes nos próprios ouriços o processo de germinação é iniciado, facilitando a quebra da castanha para retirada da semente, sem danificar a amêndoa, o que é fundamental para acelerar e aumentar a porcentagem de germinação. Além deste efeito físico, várias alterações químicas e fisiológicas acontecem durante a tentativa de germinação da semente dentro do fruto, reações essas que dependem da água para que ocorra a diferenciação dos tecidos meristemáticos que irão originar a radícula e o caulículo.

A eficiência do processo de produção de mudas a partir do armazenamento das sementes nos ouriços pode ser explicada pelos resultados encontrados na Tabela 4. As amêndoas mantidas nos próprios frutos (ouriços) apresentaram teor de umidade e atividade de água muito superiores àquelas armazenadas na câmara fria e na sala do laboratório, além de maiores concentrações de carboidratos e menores teores de lipídeos. **Tabela 4.** Valores médios e significância estatística de resultados de análises nutricionais e da composição centesimal de amêndoas de castanha-da-amazônia armazenadas com casca nos próprios frutos (ouriços), na câmara fria e na sala do laboratório da Embrapa Amapá durante 1 ano

	Armazenamento		
	Ouriço	Sala	Câmara fria
**Umidade (%)	20,78	2,91	3,50
*Proteína bruta total (%)	12,2	15,1	15,4
**Lipídios (%)	32,7	54,8	61,1
n.s. Teor de cinzas (%)	2,5	3,1	3,1
**Carboidratos total (%)	31,9	24,1	16,9
*Valor energético (kcal 100g ⁻¹)	470	650	679
*Atividade de água (Aa)	0,91	0,43	0,42
n.s. pH	6,6	6,7	6,5
*Acidez ATT (%)	3,70	2,56	3,54
*Ca (g kg ⁻¹)	1,91	2,58	2,35

*P (g kg ⁻¹)	0,40	0,47	0,49
*Fe (mg kg ⁻¹)	35,3	41,8	43,4
*Cu (mg kg ⁻¹)	22,1	30,1	63,7
*Zn (mg kg ⁻¹)	44,7	50,5	74,7
*Mn (mg kg ⁻¹)	5,3	18,5	9,9

**Significativo a 1% de probabilidade; *significativo a 5% de probabilidade; n.s. = não significativo

O aumento em compostos menos recalcitrantes, como os carboidratos, associado com a redução de compostos mais recalcitrantes como as gorduras, pode facilitar a germinação. Nos gráficos tem-se os valores médios e as variações em torno das médias, de alterações nas castanhas em função da condição de armazenamento em condições controladas (Figura 2).

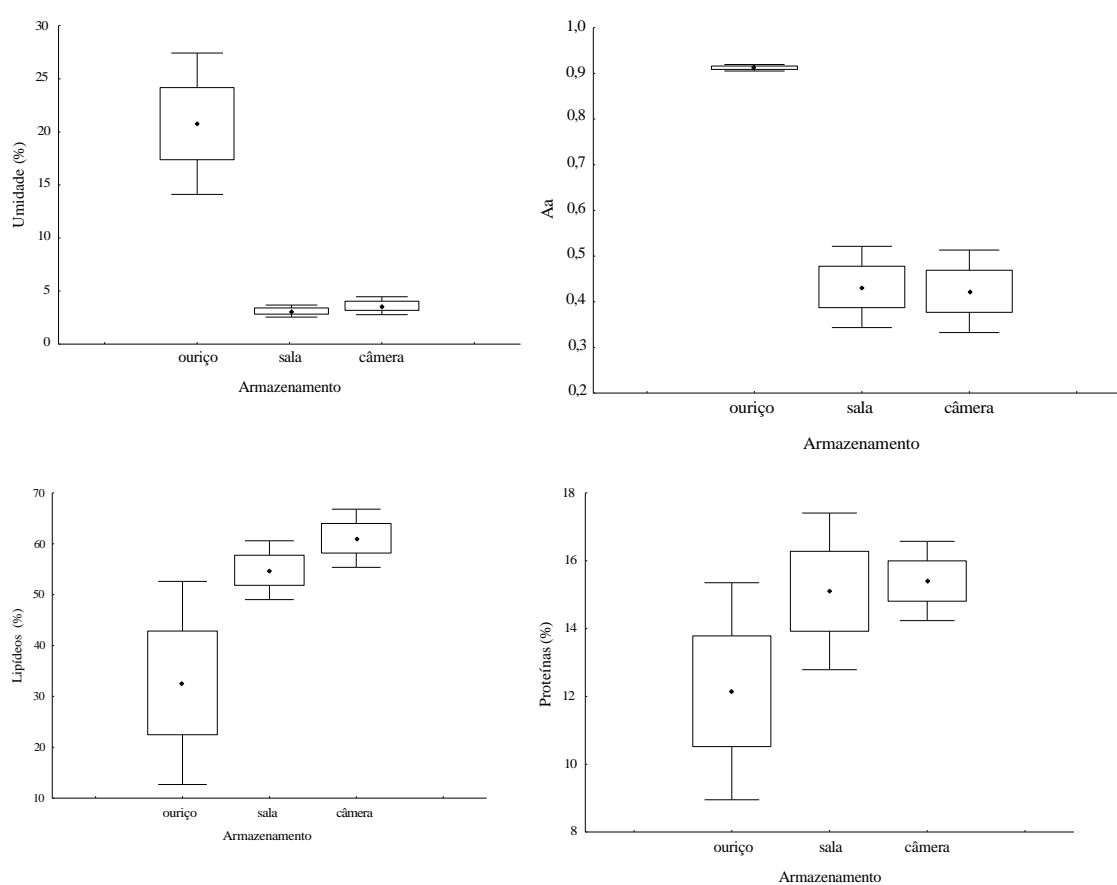


Figura 2. Médias, desvios e IC95% da umidade, atividade de água (Aa) e concentrações de lipídeos e proteínas em amêndoas de castanhas-da-amazônia armazenadas com casca nos próprios frutos (ouriço), na câmara fria e na sala do laboratório da Embrapa Amapá durante 1 ano.

Portanto, verifica-se que a manutenção do teor de água e carboidrato mais elevados nas sementes armazenadas nos próprios ouriços, associada aos teores maiores de carboidratos, são as propriedades mais interessantes para manter a viabilidade das

sementes. O maior teor de carboidratos nas sementes armazenadas nos próprios frutos durante 1 ano, também pode ser devido às transformações fisiológicas ocorridas devido ao início do processo de germinação. Em alguns frutos foram observadas sementes de castanha já com as radículas emitidas, quando foram abertos. Já foi verificado que sementes de *Q. grandiflora* acumulam um tipo de carboidrato de reserva que pode ser imediatamente mobilizado pela semente, durante a retomada do metabolismo para germinação e crescimento inicial da plântula (Toniol et al., 2009).

Em um estudo que avaliou o efeito do armazenamento em areia úmida na germinação de sementes de castanhas-da-amazônia, foi relatado que o armazenamento, além de conservar as sementes e sua umidade, possibilita a continuidade do processo de formação do embrião e início da germinação dentro da semente com casca (Silva et al., 2009). Em um trabalho sobre germinação de sementes de niger, uma espécie oleaginosa, foi constatado que o teor de água das sementes interfere na germinação e no crescimento de plântulas (Gordin et al., 2015), sendo fundamental que as sementes, além da umidade, consigam também manter a atividade de água. Essa atividade é muito importante, pois ela representa a água livre ou disponível para que as reações aconteçam, sendo que não adianta a semente manter a umidade total elevada se a atividade de água estiver baixa.

Composição centesimal e valor nutricional em amêndoas de castanha-da-amazônia antes e após pré secagem em campo e armazenamento em galpão.

Um dos projetos mais importantes em termos de alimentação humana no Brasil é o projeto TACO (Tabela Brasileira de Composição de Alimentos). O objetivo é gerar dados sobre a composição dos principais alimentos consumidos no Brasil, dentre eles a castanha-da-amazônia, baseado em um plano de amostragem que garanta valores representativos, com análises realizadas por laboratórios de capacidade analítica comprovada. A presença da amêndoa da castanha-da-amazônia nessa tabela, demonstra a importância desse alimento para os brasileiros.

A castanha-da-amazônia é mundialmente reconhecida como um importante alimento funcional rico em nutrientes, vitaminas e com elevado valor energético (FREITAS & NAVES, 2010; CHANG et al., 2016). A energia proveniente da castanha está associada às quantidades de grupos homogêneos de lipídeos e carboidratos, principalmente, que fazem parte da composição centesimal do alimento. De maneira geral, a composição e capacidade nutritiva dos alimentos depende do tempo em que ele é armazenado e da temperatura a que o mesmo é submetido.

Durante a coleta e o processamento da castanha ao longo da cadeia produtiva, a castanha-da-amazônia é submetida a diferentes condições de armazenamento e secagem, que podem alterar seu valor enquanto alimento funcional. A seguir (Tabela 5) podem ser visualizados resultados das análises de castanha-da-amazônia com casca armazenadas a granel em um galpão de um comprador de castanha na Resex Cajari e antes e após passar por um processo de pré secagem no paiol em nível de propriedade (colocação), nas proximidades dos castanhais.

Tabela 5. Valores médios de resultados de análises nutricionais e da composição centesimal de amêndoas de castanha-da-amazônia com casca, sob distintas condições de armazenamento e secagem, em março de 2022, na Resex Cajari, sul do Amapá, Amazônia oriental

Secagem	Antes paiol	Depois paiol	Armazém (galpão)
** Umidade (%)	26,21	22,10	14,67
n.s. Proteína bruta total (%)	12,4	12,8	13,5
n.s. Lipídios (%)	45,1	42,9	40,6
n.s. Teor de cinzas (%)	2,3	2,3	2,6
n.s. Carboidrato total (%)	14,0	19,8	28,5
n.s. Valor energ. (kcal 100g⁻¹)	511	517	534
n.s. Atividade de água	0,91	0,91	0,89
n.s. pH	6,5	6,6	6,8
* ATT (%)	6,38	4,65	3,15
n.s. Ca (g kg⁻¹)	2,29	2,89	2,26
n.s. P (g kg⁻¹)	0,33	0,38	0,32
n.s. Fe (mg kg⁻¹)	22,4	21,4	22,1
n.s. Cu (mg kg⁻¹)	16,8	17,1	16,4
n.s. Zn (mg kg⁻¹)	38,3	41,2	40,4
n.s. Mn (mg kg⁻¹)	8,7	8,8	9,4

**Significativo a 1% de probabilidade; *significativo a 5% de probabilidade; n.s. = não significativo

A maioria das respostas avaliadas não apresentaram diferenças estatisticamente significativas entre as condições de pré secagem e armazenamento em campo. Seguem as estatísticas para as variáveis relacionadas à composição centesimal: **proteínas** H (2, N =15) = 0,52500 - p = 0,769; **lipídeos** H (2, N =15) = 0,29167 - p = 0,864; **carboidratos** H (2, N =15) = 0,01818 - p = 0,991; **valor energético total** H (2, N =15) = 1,2250 - p = 0,542. Os teores de macro e micronutrientes presentes na castanha também não apresentaram diferenças significativas: **Ca** H (2, N =15) = 0,29167 - p = 0,864; **P** H (2, N =15) = 1,7250 - p = 0,422; **Fe** H (2, N =15) = 0,1500 - p = 0,928; **Cu** H (2, N =15) = 0,81667 - p = 0,665; **Zn** H (2, N =15) = 0,3500 - p = 0,839; **Mn** H (2, N =15) = 1,0667 - p = 0,587.

De um modo geral, não houve alterações significativas nas variáveis que representam a composição centesimal e nutricional. Isso é importante para comprovar que nas condições de pré secagem armazenadas é possível manter a qualidade da castanha fresca. No mercado local, a castanha in natura é mais comercializada, por ser mais saborosa. A castanha fresca também é muito utilizada pelas famílias castanheiras para extração do leite de castanha, utilizado, principalmente, para cozinhar carne de caça e peixe, e para preparo da chimbereba. Essa bebida é uma mistura preparada com o leite de castanha e o suco de alguma fruta ácida, normalmente cupuaçu ou taperebá, que os extrativistas levam para consumir na floresta durante a coleta da castanha.

Outro trabalho que avaliou a composição centesimal da castanha-da-amazônia antes e após a secagem, em temperatura que atingiu 45°C, no Estado do Acre, também não verificou efeito da secagem na proteína bruta total, lipídio, fibra bruta total e carboidratos totais, indicando que a secagem não interfere nas características físico-químicas das amêndoas (Costa, 2012). A única variável que apresentou diferença significativa foi o teor de cinzas. O autor aponta que o aumento do teor de cinzas pode ter ocorrido em decorrência da redução do teor de umidade, favorecendo a maior concentração de minerais nas amêndoas.

As amostras de castanha-da-amazônia não apresentaram alterações em seus conteúdos de minerais (Ca, P, Fe, Cu, Zn e Mn) em função da pré-secagem (Tabela 5). No presente estudo, dentre os macrominerais o que apresentou maior valor foi o Ca e para os microminerais, o destaque foi para o Zn, seguido do Fe, Cu e Mn (Tabela 5). Lopes (2021), verificou maior valor para P [7082,73 (mg/100 g)] do que para o Ca [2260,47 (mg/100 g)] e para os micronutrientes verificou a seguinte ordem Fe [69,22 (mg/100g)] > Zn [57,73 (mg/100 g)] > Mn [22,81 (mg/100g)] > Cu [22,22 (mg/100 g)]. Em outro trabalho que avaliou extratos hidrossolúveis de castanha-do-amazônia, foi verificado que o fósforo (1053,25 mg/100 g) foi o mineral mais abundante, seguido pelo potássio (965,00 mg/100 g), sódio (320,00 mg/100 g), selênio (274,96 mg/100 g), magnésio (265 mg/100 g) e cálcio = 110,00 mg/100 g (Santos, 2015).

As diferenças na atividade de água também não foram significativas $H(2, N=15) = 2,1500 - p = 0,341$; apesar da significância para as diferenças no teor de umidade $H(2, N=15) = 10,1667 - p = 0,007$. Outra diferença significativa observada foi relacionada à ATT (acidez total titulável): $H(2, N=15) = 6,4833 - p = 0,039$. Verifica-se na Figura 3, que essas duas variáveis com diferenças significativas estão relacionadas e apresentam o mesmo padrão de variação. A castanha fresca, antes da passagem pelo paiol, apresentou

maior teor de umidade e acidez total titulável, enquanto que as castanhas que ficaram armazenadas por aproximadamente 1 mês no galpão do comprador de castanha, apresentam menor umidade e acidez. A acidez nas amêndoas de castanhas frescas pode estar relacionada com o líquido escuro normalmente presente dentro dos ouriços, que pode ter função medicinal e propriedades protetoras das castanhas.

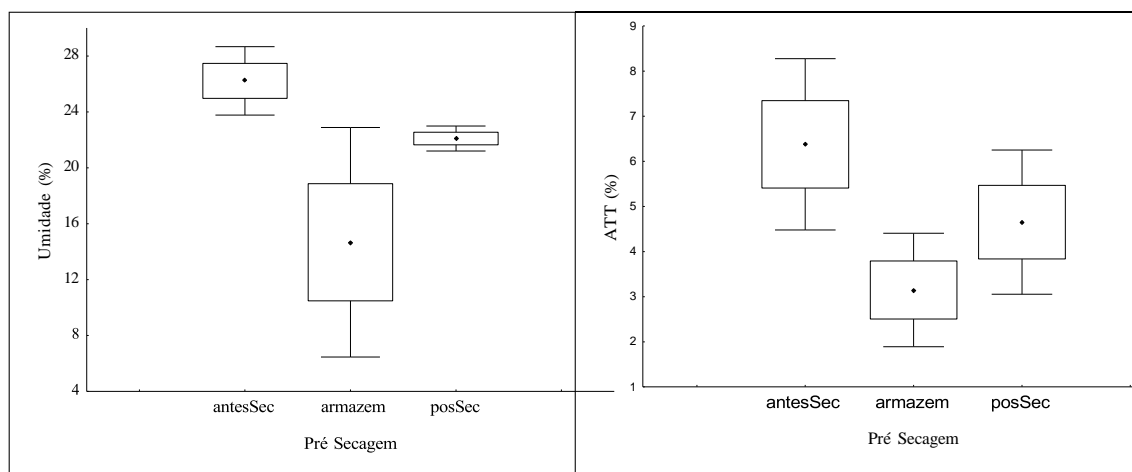


Figura 3. Médias, desvios e IC95% dos teores de umidade e acidez total titulável (ATT) em castanhas-da-amazônia (safra de 2022) dos castanheiros da Resex Cajari, sul do Amapá, Amazônia oriental, antes e após pré secagem em paiol próximo à floresta e em galpão (armazém) de compradores de castanha.

Verifica-se que a pré-secagem no paiol, de 3 dias, a uma temperatura em torno de 32°C, proporcionou uma diminuição do teor de umidade em 15,7%. Valor menor quando comparado com Costa (2012) que obteve uma redução média de 39,6% em processo de secagem de 6 horas a 45°C, usando um protótipo de secador a ar por convecção natural.

A perda de umidade e a proteção da castanha da chuva no paiol, permite redução do peso, facilitando o trabalho e diminuindo o custo com transporte. A perda de peso também se dá pela limpeza da castanha e eliminação de sujeiras aderidas que saem durante o período em que elas são deixadas e reviradas sobre as telas de secagem, que são vazadas e permitem a ventilação do produto. O paiol de pré secagem próximo à floresta também protege as castanhas de predadores e permite aos castanheiros o armazenamento do produto em condições adequadas para manter a qualidade da castanha fresca, enquanto realizam a comercialização.

A temperatura máxima no paiol durante a pré secagem foi de 32 graus, valor bem inferior a temperaturas mais elevadas, em torno de 65 graus, quando começa a ocorrer o processo de desnaturação de proteínas e alteração na composição centesimal. Aqui vale a pena registrar que durante essa avaliação e amostragem, os dias estavam nublados e

chuvosos, como normalmente ocorre no período da coleta da castanha. Em dias menos chuvosos, a temperatura no paiol pode chegar a 39 graus (Pimenta et al., 2015), mas ainda assim permanece em valores interessantes para manutenção da qualidade e sabor da castanha fresca. Os autores também relatam que, as castanhas secas no paiol são consideradas adequada para o processamento e uso da castanha para a fabricação de biscoitos.

Observa-se que os valores de cinzas, proteínas e lipídios do presente trabalho são menores quando comparados a outros trabalhos com castanha-da-amazônia (Tabela 6). Isso pode ser relacionado com a umidade das castanhas avaliadas, pois verifica-se que as castanhas frescas do presente estudo apresentaram teor de umidade bem maior. Os menores valores de umidade dos outros trabalhos evidenciam que foram avaliadas castanhas que passaram por algum processo de secagem ou armazenamento que não mantiveram a umidade, o que pode ocasionar a concentração de lipídeos e proteínas com a saída da água.

Tabela 6. Valores médios da composição centesimal, em porcentagem, de castanha-da-amazônia amostrada por diversos autores do Brasil

	Cinzas	Umidade	Proteína	Lipídios	Carboidrato
Esse estudo	2,3	26,21	12,4	45,1	14,0
Lopes (2021)	3,46	1,56	15,53	56,05	13,43
Silva et al. (2021)	3,57	11,54	15,48	65,32	–
Santos (2015)	3,29	–	13,75	66,19	16,74
Freitas e Naves (2010)	3,56	3,10	14,11	64,94	06,27
TACO (2006)	3,4	3,4	14,5	63,5	15,1

O carboidrato do presente estudo apresentou valor maior que aqueles apresentados por Lopes (2011) e Freitas & Naves (2010) e menor do que aqueles apresentados por Santos (2015) e Behr (2004). Isso leva a acreditar que, além das diferenças nas condições de secagem e armazenamento das castanhas, as condições edafoclimáticas dos castanhais e/ou variabilidade genética podem favorecer maiores ou menores valores para as variáveis da composição centesimal. FREITAS & NAVES (2010) apontam variações significativas na composição centesimal de diferentes cultivares de nozes verdadeiras, como no caso de castanha-da amazônia, avelãs e pistache. Para os autores, essa variação pode ser explicada pelas diferenças de clima, solo, práticas agrícolas e características genéticas das sementes analisadas. Sendo assim, dados sobre o teor de nutrientes desses alimentos precisam ser obtidos levando-se em consideração variáveis como procedência geográfica, condições ambientais e caracterização varietal das nozes e sementes comestíveis.

Conclusões

- 1) As castanheiras matrizes que apresentam maior produção de frutos possuem menor teor de Se nas castanhas. A maior concentração de Se ocorre em castanheiras menos produtivas, que também podem ser selecionadas como matrizes, quando se considera o aspecto qualitativo da castanha enquanto alimento funcional.
- 2) As castanhas armazenadas nos próprios ouriços conservam propriedades de castanhas frescas, como maior teor de umidade e atividade de água, favorecendo o uso como sementes para produção de mudas. O armazenamento em laboratório pode alterar a composição centesimal da castanha, sendo importante que o processamento e análises das amostras sejam realizados o mais rápido possível.
- 3) A composição centesimal e a qualidade da castanha não são alteradas após pré secagem em paióis dos castanheiros ou armazéns utilizados pelos compradores locais de castanha.

Agradecimentos

Aos parceiros agroextrativistas da Resex Cajari, à Embrapa (projeto SECAST – 23.16.04.019.0000) e CNPq/MCTI/FNDCT18/2021 (edital universal 422905/2021-6), pelo financiamento; à CAPES, pela bolsa de mestrado do primeiro autor.

Referências citadas no artigo

Alves, T. P.; Nicoleti, J. F 2016. “Influência Das Variáveis De Processo Sobre a Secagem Osmo-Convectiva De Pimentão Verde.” Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial 10 (1): 2022–37. <https://doi.org/10.3895/rbta.v10n1.2014>.

Anderson, J. W.; Anderson, L. A; Dibble, M. V.; Turkki, P. R.; Mitchell, H. S.; Rynbergen, H. J. Nutrição. Trad. Nadia M. F. Truggo. Rio de Janeiro: Guanabara, 1988. 179-187.

Barroncas, J. S. 2020. A secagem no processamento da castanha-do-brasil como ferramenta de prevenção da contaminação por aflatoxinas. Dissertação mestrado, Universidade Federal do Amazonas, Amazonas.

Behr, C. S. 2004. “Efeito de Uma Dieta Enriquecida Com Castanha Do-Brasil (*Bertholletia Excelsa* L.) No Estado Nutricional Relativo Ao Selênio de Idosos Não Institucionalizados.” Programa de Pós-Graduação Internunidades Em Nutrição Humana Aplicada - PRONUT.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA. Resolução RDC nº 360, de 23 de dezembro de 2003. Diário Oficial da União, Brasília.

Brasil. Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. LEI No 9.985, DE 18 DE JULHO DE 2000. Diário Oficial da União, Brasília.

Chang, S. K.; Alasalvar, C.; Bolling, B. W.; Shahidi, F. "Nozes e seus coprodutos: O impacto do processamento (torrefação) em fenólicos, biodisponibilidade e benefícios para a saúde - Uma revisão abrangente." *Jornal de Alimentos Funcionais* 26 (2016): 88-122.

ChunhienG, T.; Goli, T.; Piombo, G.; Pioch, D.; Brochier, J.; Montet, D. Recent analysis of the composition of Brazil nut: *Bertholletia excelsa*. *Bois et Forêts Des Tropiques*, Montpellier, France, v.280, p.91-98, 2004.

Costa, D. A. 2012. "Qualidade Da Castanha-Do-Brasil Após o Uso de Secador de Ar Por Convecção Natural." *Dissertação - Programa de Pós-Graduação Em Agronomia Universidade Federal Do Acre*, 110.

Costa, T., Veronezi, C. M., Jorge, N. Chemical and bioactive properties of the oils from brazilian nuts. *Scientia Agraria Paranaensis*. v. 19, n. 2, abril/junho., p. 180-186, 2020.

Costa, T.; Veronezi, C. M.; Jorge, N. 2020. "Chemical and Bioactive Properties of the Oils from Brazilian Nuts." *Scientia Agraria Paranaensis* 19 (2): 180–86. <https://doi.org/10.18188/sap.v19i1.24152>.

Cymerys, M.; Wadt, L.; Kainer, K.; Argolo, V. 2005. "Castanheira *Bertholletia Excelsa* H.&B." In *Frutíferas e Plantas Úteis Na Vida Amazônica*, edited by Patricia Shanley and Gabriel Medina, 61–73. Belém PA: CIFOR, IMAZON.

Danielski, Renan, Gabriela Polmann, Jane Mara Block, Renan Danielski, Gabriela Polmann, and Jane Mara Block. 2020. "Valorization of Native Nuts from Brazil and Their Coproducts." *Innovation in the Food Sector Through the Valorization of Food and Agro-Food By-Products*, December. <https://doi.org/10.5772/INTECHOPEN.95056>.

Duarte, Graziela Biude Silva, Bruna Zavarize Reis, Marcelo Macedo Rogero, Ernesto Vargas-Mendez, Fernando Barbosa Júnior, Cintia Cercato, and Silvia Maria Franciscato Cozzolino. 2019. "Consumption of Brazil Nuts with High Selenium Levels Increased Inflammation Biomarkers in Obese Women: A Randomized Controlled Trial." *Nutrition* 63–64 (July): 162–68. <https://doi.org/10.1016/J.NUT.2019.02.009>.

EL MEHDAWI, A.F. et al. Selenium hyperaccumulators facilitate selenium-tolerant neighbors via phytoenrichment and reduced herbivory. *Current Biology*, v. 21, p. 1440–1449, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2011.07.033>

FERREIRA, Ederlan, Catia SILVEIRA, Vitória LUCIEN, and André AMARAL. 2006. "Characterization Physicist-Chemistry Almond, Residue and Composition Fatty Acid Majority of the Oil Brute of Brazil Nut (*Bertholletia Excelsa*)." *Brazilian Journal of Food and Nutrition* 17 (2): 203–8.

FILOCREÃO, A. S. M. 2007. *Agroextrativismo e capitalismo na Amazônia: as transformações recentes no agroextrativismo do sul do Amapá*. Tese de doutorado, Universidade Federal do Pará, Belém.

Freitas, Jullyana, and Maria Naves. 2010. "Composição Química de Nozes e Sementes Comestíveis e Sua Relação Com A" 23 (2): 269–79.

Freitas-Silva, Otniel, and Armando Venâncio. 2011. "Brazil Nuts: Benefits and Risks Associated with Contamination by Fungi and Mycotoxins." *Food Research International* 44 (5): 1434–40. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.02.047>.

Gordin, Carla Regina Baptista, Rodolpho Freire Marques, Tathiana Elisa Masetto, Silvana De Paula Quintão Scalon, and Luiz Carlos Ferreira de Souza. 2014. "Temperaturas e Disponibilidades Hídricas Do Substrato Na Germinação de Sementes de Niger." *Bioscience Journal* 30 (3 SUPPL. 1): 112–18.

Guariguata, Manuel R., Peter Cronkleton, Amy E. Duchelle, and Pieter A. Zuidema. 2017. "Revisiting the 'Cornerstone of Amazonian Conservation': A Socioecological Assessment of Brazil Nut Exploitation." *Biodiversity and Conservation* 26 (9): 2007–27. <https://doi.org/10.1007/s10531-017-1355-3>.

Guedes, M. C., H. Tonini, L. H. de O. Wadt, and E. C. Silva. 2017. Instalação e medição de parcelas permanentes para estudos com produtos florestais não madeireiros. Page 135 in Lúcia Helena de Oliveira Wadt, L. M. H. Santos, M. P. de M. Bentes, and V. B. V. de Oliveira, editors. *Produtos florestais não madeireiros: guia metodológico da Rede Kamukaia*.

Guedes, Marcelino Carneiro, Ezaquiel de Sousa Neves, Ediglei Gomes Rodrigues, Paulo Paiva, Janaina Barbosa Pedrosa Costa Costa, Marciane Furtado Freitas, and Lindinaldo Machado de Lemos. 2014. "'Castanha Na Roça': Expansão Da Produção e Renovação Dos Castanhais Em Áreas de Agricultura Itinerante No Amapá, Brasil." *Boletim Do Museu Paraense Emílio Goeldi - Ciências Naturais* 9 (2): 381–98. <https://doi.org/10.46357/BCNATURAIS.V9I2.532>.

Harvey, Maggie-Anne, Peter D Erskine, Hugh H Harris, Gillian K Brown, Elizabeth A H Pilon-Smits, Lachlan W Casey, Guillaume Echevarria, and Antony van der Ent. 2020. "Distribution and Chemical Form of Selenium in *Neptunia Amplexicaulis* from Central Queensland, Australia." *Metallomics* 12 (4): 514–27. <https://doi.org/10.1039/c9mt00244h>.

IAL. 2008. "Métodos Físico-Químicos Para Análise de Alimentos." *Métodos Físico-Químicos Para Análise de Alimentos* 1a edição: 1020.

Kipp, A. P., D. Strohm, R. Brigelius-Flohé, L. Schomburg, A. Bechthold, E. Leschik-Bonnet, and H. Hesseker. 2015. "Revised Reference Values for Selenium Intake." *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology* 32 (October): 195–99. <https://doi.org/10.1016/J.JTEMB.2015.07.005>.

Levis, Carolina, Bernardo M. Flores, Priscila A. Moreira, Bruno G. Luize, Rubana P. Alves, Juliano Franco-Moraes, Juliana Lins, et al. 2018. "How People Domesticated Amazonian Forests." *Frontiers in Ecology and Evolution* 5 (JAN): 171. <https://doi.org/10.3389/FEVO.2017.00171/BIBTEX>.

Li, Hua Fen, Steve P. McGrath, and Fang Jie Zhao. 2008. "Selenium Uptake, Translocation and Speciation in Wheat Supplied with Selenate or Selenite." *New Phytologist* 178 (1): 92–102. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2007.02343.x>.

Lopes, Beatriz. 2021. Composição nutricional e benefícios para a saúde. “INSTITUTO DE TECNOLOGIA PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS UFRRJ DISSERTAÇÃO CASTANHAS DA AMAZÔNIA:” Seropédica RJ.

Maeda, Sergio Setsuo, Victoria Z C Borba, Marília Brasilio, Rodrigues Camargo, Dalisbor Marcelo, Weber Silva, and João Lindolfo. 2014. “Recommendations of the Brazilian Society of Endocrinology and Metabology (SBEM) for the Diagnosis and Treatment of Hypovitaminosis D,” no. 1. <https://doi.org/10.1590/0004-2730000003388>.

Moraes de Brito, Robson Carlos, João Batista Pereira Junior, and Kelly das Graças Fernandes Dantas. 2019. “Quantification of Inorganic Constituents in Brazil Nuts and Their Products by Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry.” LWT 116 (December): 108383. <https://doi.org/10.1016/J.LWT.2019.108383>.

Neves, Ezaquiel Souza De, Lúcia Helena Oliveira De Wadt, and Marcelino Carneiro Guedes. 2016. “Estrutura Populacional e Potencial Para o Manejo de Bertholletia Excelsa (Bonpl.) Em Castanhais Nativos Do Acre e Amap.” Scientia Forestalis/Forest Sciences 44 (109): 19–31. <https://doi.org/10.18671/scifor.v44n109.02>.

Nóbrega, Patrícia Teixeira. 2015. “SELÊNIO E A IMPORTÂNCIA PARA O ORGANISMO HUMANO - BENEFÍCIOS E CONTROVÉRSIAS.” Metrologia 53 (5): 1–116.

http://publicacoes.cardiol.br/portal/ijcs/portugues/2018/v3103/pdf/3103009.pdf%0Ahttp://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-75772018000200067&lng=en&tlng=en&SID=5BQIj3a2MLaWUV4OizE%0Ahttp://scielo.iec.pa.gov.br/scielo.php?script=sci_

ORTIZ, E.G. Brazil nut (*Bertholletia excelsa*). In: Shanley, P. Pierce, A.R. Laird, S.A. Guillen, A. (Eds.), Tapping the Green Market: Certification & Management of Non-Timber Forest Products. Earthscan Publications Ltd. London, pp. 61–74. 2002.

PACHECO, A. M.; SCUSSEL, V. M. 2006. Castanha-do-brasil: da floresta tropical ao consumidor. Florianópolis: Editograf, 171 p.

Peres, Carlos A., Claudia Baider, Pieter A. Zuidema, Lúcia H.O. Wadt, Karen A. Kainer, Daisy A.P. Gomes-Silva, Rafael P. Salomao, et al. 2003. “Demographic Threats to the Sustainability of Brazil Nut Exploitation.” *Science* 302 (5653): 2112–14. https://doi.org/10.1126/SCIENCE.1091698/SUPPL_FILE/PERES.SOM.PDF.

Pieczyńska, Joanna, and Halina Grajeta. 2015. “The Role of Selenium in Human Conception and Pregnancy.” *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology* 29 (January): 31–38. <https://doi.org/10.1016/J.JTEMB.2014.07.003>.

Pimenta, Alcifran, Elienay Rodrigues, Osmar Aguiar, and Marcelino Guedes. 2015. “Uso de paiol e secador solar para agregação de valor e secagem de castanha-da-amazônia (*Bertholletia Excelsa* Bonpl.) na resex cajari, Amapá. 1 Alcifran Viana Pimenta (Alcifranviana@hotmail.”

PIRES, M. P. ; PRANCE, G. T. The vegetation types near watershed. In: Sioli, H. (Ed) The Amazon: Limnology and landscape ecology of a mighty tropical river and its basin. Dordrecht: Dr. Junk. p. 603-622. 1984.

Projeto Sentinelas da Floresta. 2016. “Manual de Boas Práticas de Manejo, Coleta e Beneficiamento Da Castanha-Do-Brasil.” Editora Sustentável, Cooperativa Dos Agricultores Do Vale Do Amanhecer (COOPAVAM). Juruena MT. <http://www.fundoamazonia.gov.br/export/sites/default/pt/.galleries/documentos/acervo-projetos-cartilhas-outros/Coopavam-Manual-boas-praticas-Castanha.pdf%0Ahttps://dl.orangedox.com/COZl6RlgBRXNIEuYAm%0Ahttp://coopavam.org.br/bibliotecadownloads-2/>.

Rayman, Margaret P. 2012. “Selenium and Human Health.” The Lancet 379 (9822): 1256–68. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(11\)61452-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(11)61452-9).

Reynolds, R. Jason B., Rachel R. Jones, Jake Heiner, Kelsey M. Crane, and Elizabeth A.H. Pilon-Smits. 2020. “Effects of Selenium Hyperaccumulators on Soil Selenium Distribution and Vegetation Properties.” American Journal of Botany 107 (7): 970–82. <https://doi.org/10.1002/ajb2.1500>.

Rita Cardoso, B.; Apolinário, D.; da Silva Bandeira, V.; Busse, AL; Magaldi, RM; Jacob-Filho, W.; Cozzolino, SMF Efeitos do consumo de castanha-do-pará sobre o status de selênio e desempenho cognitivo em adultos mais velhos com comprometimento cognitivo leve: um estudo piloto controlado randomizado. EUR. J. Nutr. 2016 , 55 , 107–116.

Salomão, Rafael de Paiva. 2009. “Densidade, Estrutura e Distribuição Espacial de Castanheira-Do-Brasil (Bertholletia Excelsa H. & B.) Em Dois Platôs de Floresta Ombrófila Densa Na Amazônia Setentrional Brasileira Density, Structure and Spatial Distribution of Brazilnut Trees (Bertholletia.” Ciências Naturais, no. 1: 11–25.

Scoles, Ricardo, and Rogério Gribel. 2012. “The Regeneration of Brazil Nut Trees in Relation to Nut Harvest Intensity in the Trombetas River Valley of Northern Amazonia, Brazil.” Forest Ecology and Management 265 (February): 71–81. <https://doi.org/10.1016/J.FORECO.2011.10.027>.

Silva Junior, E. C., L. H.O. Wadt, K. E. Silva, R. M.B. Lima, K. D. Batista, M. C. Guedes, G. S. Carvalho, et al. 2017. “Natural Variation of Selenium in Brazil Nuts and Soils from the Amazon Region.” Chemosphere 188: 650–58. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.08.158>.

Silva, Antonio Nobre da, Maria de Fatima Barbosa Coelho, Sebastião Carneiro Guimarães, and Maria Cristina de Figueiredo e Albuquerque. 2009. “Armazenadas Em Areia Úmida.” Pesquisa Agropecuária Brasileira 44 (11): 1431–36.

SILVA, D. J., QUEIROZ, A. C Analises de alimentos: métodos químicos e biológicos. Viçosa: UFV, 2002, 235p.

Silva, Elidiane Gomes Da, Lidiane Raquel Verola Mataveli, and Marco Aurélio Zezzi Arruda. 2013. "Speciation Analysis of Selenium in Plankton, Brazil Nut and Human Urine Samples by HPLC-ICP-MS." *Talanta* 110 (June): 53–57. <https://doi.org/10.1016/J.TALANTA.2013.02.014>.

SOUZA, G. B.; NOGUEIRA, A. R. de A.; SANTO, V. R. D.; PICCHI, C. M. C.; GUIMARAES, E. da S.; JUNIOR, W. B. 2009. Proficiency testing of animal nutrition laboratories. *Accreditation and Quality Assurance* 14 (8-9): 455-460.

STACHIW, Rosalvo, Sylviane Beck RIBEIRO, Mário Augusto Gonçalves JARDIM, Dalvan POSSIMOSER, Wesley da Cunha ALVES, and Wanderson Cleiton Schmidt CAVALHEIRO. 2016. "Potencial de Produção de Biodiesel Com Espécies Oleaginosas Nativas de Rondônia, Brasil." *Acta Amazonica* 46 (1): 81–90. <https://doi.org/10.1590/1809-4392201501151>.

TACO. 2005. "Tabela Brasileira de Composição de Alimentos/NEPA-UNICAMP." *Phytotherapie* 3 (3): 125–29. <https://doi.org/10.1007/s10298-005-0086-x>.

Valdez Barillas, José R., Colin F. Quinn, John L. Freeman, Stormy D. Lindblom, Sirine C. Fakra, Matthew A. Marcus, Todd M. Gilligan, Élan R. Alford, Ami L. Wangeline, and Elizabeth A.H. Pilon-Smits. 2012. "Selenium Distribution and Speciation in the Hyperaccumulator *Astragalus Bisulcatus* and Associated Ecological Partners." *Plant Physiology* 159 (4): 1834–44. <https://doi.org/10.1104/pp.112.199307>.

Vieira, Simone, Susan Trumbore, Plinio B Camargo, Diogo Selhorst, Jeffrey Q Chambers, Niro Higuchi, and Luiz Antonio Martinelli. 2005. "Slow Growth Rates of Amazonian Trees: Consequences for Carbon Cycling." www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.0505966102.

Wadt, Lúcia H.O., Karen A. Kainer, and D.A.P.G. Silva. 2005. "Population Structure and Nut Yield of a *Bertholletia Excelsa* Stand in Southwestern Amazonia." *Forest Ecology and Management* 211 (3): 371–84. <https://doi.org/10.1016/J.FORECO.2005.02.061>.

Zhang, Jinsong, Ethan Will Taylor, Kate Bennet, Ramy Saad, and Margaret P. Rayman. 2020. "Association between Regional Selenium Status and Reported Outcome of COVID-19 Cases in China." *The American Journal of Clinical Nutrition* 111 (6): 1297–99. <https://doi.org/10.1093/ajcn/nqaa095>.

Zhao, Chengyi, Jinghua Ren, Chengze Xue, and Erda Lin. 2005. "Study on the Relationship between Soil Selenium and Plant Selenium Uptake." *Plant and Soil* 277 (1–2): 197–206. <https://doi.org/10.1007/s11104-005-7011-9>.

Zhao, Xue Qiang, Namiki Mitani, Naoki Yamaji, Ren Fang Shen, and Jian Feng Ma. 2010. "Involvement of Silicon Influx Transporter OsNIP2;1 in Selenite Uptake in Rice." *Plant Physiology* 153 (4): 1871–77. <https://doi.org/10.1104/pp.110.157867>.

Zuidema, Pieter a. 2003. Ecology and Management of the Brazil Nut Tree (*Bertholletia Excelsa*). PROMAB Scientific Series. www.promab.org.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O padrão encontrado (menor teor de Se em castanheiras mais produtivas) na dissertação precisa ser melhor estudado. Nesse sentido, além da confirmação da possível explicação relacionada à drenagem e diluição de nutrientes, em estudos futuros, outras hipóteses devem ser testadas: 1) nas castanheiras menos produtivas, o maior teor de Se e a dispersão mais cedo dos frutos podem ser relacionados à necessidade de maior sucesso reprodutivo; 2) a variação do teor de Se nas amêndoas pode ser associada com fungos simbióticos que aceleram o processo de germinação das sementes e crescimento de mudas de castanheiras.

As castanhas mantidas nos próprios frutos (ouriços) apresentaram teor de umidade e carboidratos em bons níveis para destinação à produção de mudas. A produção de mudas de matrizes selecionadas é uma estratégia importante para promover plantios de enriquecimento. A concentração do teor de Se nas castanhas das castanheiras menos produtivas é importante porque mostra que há variação suficiente para seleção de matrizes superiores, tanto em termos quantitativos relacionados à produção, quanto em termos qualitativos associados aos teores nutricionais na castanha.

Os resultados encontrados na presente dissertação podem ser usados para subsidiar ações de comercialização, melhoramento e valorização de aspectos qualitativos da cadeia produtiva da castanha, enquanto alimento funcional. Atualmente, quando se fala de sistemas agroalimentares, cada vez mais se evidencia a importância da alimentação na promoção de saúde e bem estar, e na definição da cultura e modo de vida das pessoas.

Vários povos e grupos sociais, como os vegetarianos e veganos, se identificam em relação aos alimentos, e tornam-se público alvo e consumidores de produtos naturais da Amazônia, principalmente da castanha. Devido ao seu elevado teor de proteína a castanha é considerada um dos principais alimentos para substituir a carne animal, devendo cada vez mais ser estudadas e valorizadas suas qualidades enquanto alimento funcional.

A castanha fresca é mais adequada para este mercado, em contraponto à castanha “dry”, seca em temperaturas elevadas, historicamente destinada ao mercado externo. Assim, os resultados que comprovaram que as condições locais de pré secagem em paíóis e armazenamento da castanha a granel em galpões dos compradores não alteram a composição da castanha, são importantes para buscar maior valorização do produto natural.



Edy Rodrigues <edigleirodrigues5@gmail.com>

[RBCIAMB] Agradecimento pela submissão

1 mensagem

Brazilian Journal of Environmental Sciences via <rbciamb@abes-dn.org.br>
Responder a: Brazilian Journal of Environmental Sciences <rbciamb@abes-dn.org.br>
Para: Ediglei Gomes <edigleirodrigues5@gmail.com>

24 de fevereiro de 2023 às 21:25

Prezado(a) Dr.(a) Ediglei Gomes,

Agradecemos a submissão do trabalho "SELÊNIO E COMPOSIÇÃO DE CASTANHA-DA-AMAZÔNIA EM DIFERENTES MATRIZES E CONDIÇÕES DE ARMAZENAMENTO" para a Revista Brasileira de Ciências Ambientais (Online).

Acompanhe o progresso da sua submissão por meio da interface de administração do sistema, disponível em:

URL da submissão: https://www.rbciamb.com.br/Publicacoes_RBCIAMB/authorDashboard/submission/1564

Login: rodrigues07

Para concluir o processo é necessário o pagamento da taxa de submissão. Para tanto, deve-se acessar o link: ([Pague aqui a taxa de submissão](#)) e seguir o procedimento de pagamento via PayPal de R\$ 200,00.

O autor que é sócio da ABES enviar email para rbciamb@abes-dn.org.br informando o número da matrícula para procedermos com a isenção da taxa.

Em caso de dúvidas, entre em contato via e-mail rbciamb@abes-dn.org.br.

Equipe Editorial
Brazilian Journal of Environmental Sciences

Esta mensagem contém informação confidencial ou privilegiada, sendo seu sigilo protegido por lei. Se você não for o destinatário ou a pessoa autorizada a receber esta mensagem, não poderá usar, copiar, divulgar ou tomar qualquer ação baseada nessas informações. Se você recebeu esta mensagem por engano, por favor, avise imediatamente ao remetente, respondendo o e-mail e em seguida apague-a.