



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MATO  
GROSSO  
CAMPUS CUIABÁ - BELA VISTA  
DEPARTAMENTO DE ENSINO**

**THAYS KAROLINE CARDOSO**

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E NUTRICIONAL DE CAJU  
(*Anacardium occidentale*) SUBMETIDO À DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA  
CONVENCIONAL E ASSISTIDA POR ULTRASSOM**

**Cuiabá  
2018**

**ENGENHARIA DE ALIMENTOS**

**THAYS KAROLINE CARDOSO**

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E NUTRICIONAL DE CAJU  
(*Anacardium occidentale*) SUBMETIDO À DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA  
CONVENCIONAL E ASSISTIDA POR ULTRASSOM**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao curso de Engenharia de  
Alimentos do Instituto Federal de Educação,  
Ciência e Tecnologia do Estado de Mato  
Campus Cuiabá - Bela Vista para obtenção  
de título de graduado

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Elaine de Arruda  
Oliveira Coringa

**Cuiabá  
2018**

**Divisão de Serviços Técnicos. Catalogação da Publicação na Fonte. IFMT Campus  
Cuiabá Bela Vista  
Biblioteca Francisco de Aquino Bezerra**

C268c

Cardoso, Thays Karoline

Caracterização físico-química e nutricional de caju (*Anacardium occidentale*) submetido à desidratação osmótica convencional e assistida por ultrassom. / Thays Karoline Cardoso. \_ Cuiabá, 2018.  
28 f.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup>. Elaine de Arruda Oliveira Coringa

TCC (Graduação em Engenharia de Alimentos)\_ . Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Mato Grosso.

1. Caju – TCC. 2. Desidratação osmótica convencional (DOC) – TCC.  
3. Desidratação osmótica com ultrassom (DOU) – TCC. I. Coringa,  
Elaine de Arruda Oliveira. II. Título.

IFMT CAMPUS CUIABÁ BELA VISTA    CDU 634.44  
CDD 664

THAYS KAROLINE CARDOSO

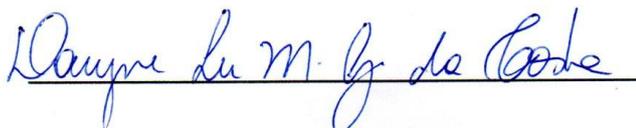
**CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E NUTRICIONAL DE CAJU  
(*Anacardium occidentale*) SUBMETIDO À DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA  
CONVENCIONAL E ASSISTIDA POR ULTRASSOM**

Trabalho de Conclusão de Curso em ENGENHARIA DE ALIMENTOS, submetido à Banca Examinadora composta pelos Professores do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso Campus Cuiabá Bela Vista como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Graduado.

Aprovado em: 22/11/2018



Profª. Drª. Elaine de Arruda Oliveira Coringa (Orientadora)



Profª. Drª. Daryne Lu Maldonado Gomes da Costa (Membro da Banca)



Profº. Dr. Josias do Espírito Santo Coringa (Membro da Banca)

**Cuiabá  
2018**

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus, pelo dom da vida e por ter me dado forças para superar as dificuldades.

À minha mãe, Ana Dare Medeiros, pelo cuidado e paciência nas horas em que eu estava mal-humorada e necessitando de compreensão.

À minha madrinha, Jocinete Medeiros Biffe, por ter confiado e investido em mim. Minha eterna gratidão.

À minha irmã querida, Tayane Cristina Cardoso, por me ouvir nos momentos difíceis.

Ao homem da minha vida, Alex Cesar Cunha, que jamais me negou apoio, carinho e incentivo. Obrigado, meu anjo, por aguentar tantas crises de estresse e ansiedade.

À minha orientadora, Elaine de Arruda Oliveira Coringa, pela confiança em mim depositada e por compartilhar sua sabedoria, o seu tempo e sua experiência.

À instituição, IFMT Campus Cuiabá Bela Vista e seu corpo docente, que me proporcionou momentos e ensinamentos que vou levar comigo para sempre.

*Lembre da minha ordem: seja forte e corajoso. Não fique desanimado, nem tenha medo, porque eu, o Senhor, seu Deus, estarei com você em qualquer lugar para onde você for. (Josué 1:9)*

## RESUMO

Com o propósito de otimizar o processo de secagem, o emprego de pré-tratamentos como desidratação osmótica e uso de ultrassom têm sido utilizados com frequência, para diminuição de tempo e temperatura usada durante a secagem convencional. Este trabalho teve por objetivo avaliar as técnicas de desidratação osmótica convencional e assistida por ultrassom, através da determinação dos parâmetros de secagem e dos atributos físico-químicos e nutricionais do caju submetido aos tratamentos. Os pré-tratamentos consistiram na desidratação osmótica convencional (DOC) e assistida por ultrassom (DOU), em solução de sacarose 52°Brix, por 30 min à 60°C. Os resultados indicam que a desidratação osmótica com e sem o uso de ultrassom não apresentam diferenças significativas de perda de água. Por outro lado, a desidratação osmótica com ultrassom ganhou mais sólidos que a desidratação osmótica convencional. As amostras submetidas ao banho ultrassônico obtiveram maior valor de vitamina C ( $23,00 \pm 0$ ). Dessa forma, a utilização do ultrassom como pré-tratamento na secagem de frutas é uma alternativa interessante, visto que pode permitir a obtenção de um produto com elevado teor de vitamina C.

Palavras-chaves: caju, desidratação osmótica convencional (DOC), desidratação osmótica com ultrassom (DOU), secagem.

## ABSTRACT

In order to optimize the drying process, the use of pre-treatments such as osmotic dehydration and ultrasonic use have been frequently used to reduce the time and temperature used during conventional drying. The objective of this study was to evaluate the conventional and ultrasonic assisted osmotic dehydration techniques, by determining the drying parameters and physical-chemical and nutritional attributes of the cashew submitted to the treatments. The pre-treatments consisted of conventional osmotic dehydration (DOC) and ultrasound assisted (DOU), in sucrose solution 52°Brix, for 30 min at 60°C. The results indicate that osmotic dehydration with and without the use of ultrasound do not present significant differences of water loss. On the other hand, osmotic dehydration with ultrasound gained more solids than conventional osmotic dehydration. The samples submitted to the ultrasonic bath obtained a higher vitamin C value ( $23.00 \pm 0$ ). Thus, the use of ultrasound as a pre-treatment in the drying of fruits is an interesting alternative, since it can allow the obtaining of a product with a high vitamin C content.

Keywords: cashew, conventional osmotic dehydration (DOC), osmotic dehydration with ultrasound (DOU), drying.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Tabela 1. Resultados de perda de água (WL) e ganho de sólidos (SG) da desidratação osmótica com ultrassom (DOU) e desidratação osmótica convencional (DOC) .....	23
Tabela 2. Resultados de pH, sólidos solúveis totais (SST), acidez total titulável (ATT), compostos fenólicos (CFT) e vitamina C das amostras de caju <i>in natura</i> , secagem convencional (SC), desidratação osmótica convencional (DOC) e desidratação osmótica com ultrassom (DOU). .....	24

## LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

Figura 1. Seleção de caju <i>in natura</i> .....	17
Figura 2. Preparo da solução osmótica a 52°Brix .....	18
Figura 3. Desidratação osmótica com e sem ultrassom .....	19
Figura 4. Amostras de caju desidratadas: (1) DOC, (2) DOU e (3) SC .....	20
Fluxograma 1. Esquema ilustrativo do experimento .....	20
Gráfico 1. Curva de calibração do ácido gálico .....	22

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	12
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	13
2.1 Caju.....	13
2.2 Produção no Brasil .....	13
2.3 Desidratação osmótica.....	14
2.4 Utilização do ultrassom .....	15
2.5 Agente osmótico .....	16
2.6 Qualidade de produtos desidratados osmoticamente .....	16
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	17
3.1 Preparo das amostras .....	17
3.2 Processo de desidratação osmótica.....	18
3.3 Parâmetros de eficiência da desidratação .....	21
3.4 Análises físico-químicas e nutricionais.....	22
3.5 Análise estatística .....	22
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	23
4.1 Parâmetros de desidratação .....	23
4.2 Análises físico-químicas e nutricionais.....	24
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	26
6. REFERÊNCIAS.....	27

## 1. INTRODUÇÃO

Dentre as frutas produzidas em regiões tropicais, o caju (*Anacardium occidentale*) se destaca pela sua composição nutricional, que apresenta teores elevados de vitamina C, seguido de minerais e fibras alimentares.

O caju é formado por um pedúnculo, que se forma junto á castanha, considerado o fruto verdadeiro. O pedúnculo é a parte comestível *in natura* do caju de onde se obtém sucos, polpas congeladas, compotas e pedúnculos desidratados e representa cerca de 90% do peso total.

Trata-se de um fruto não climatérico, caracterizado pelo fato de que após a colheita não há aumento na produção de etileno, nem alterações no amadurecimento. Tal característica fisiológica talvez explique o baixo nível de aproveitamento comercial do pedúnculo.

À vista disso, faz-se necessário desenvolver técnicas de processamento visando à minimização das perdas, a possibilidade de consumo durante todo o ano, a conservação por um tempo maior, a praticidade tanto do consumo como do transporte e a manutenção das características organolépticas e físico-químicas semelhantes ao fruto *in natura*.

A secagem é um dos métodos mais antigos e utilizados na conservação de alimentos. Consiste na evaporação de água e conseqüentemente diminui a atividade de água do alimento. Apresenta vantagens, como, mínimas perdas pós-colheita, maior vida útil dos alimentos e baixo custo. Apesar dos aspectos positivos, a secagem tradicional pode provocar alterações na qualidade química, nutricional e sensorial da fruta, devido à exposição do alimento a elevadas temperaturas por longos períodos de tempo.

Um das alternativas viáveis que tem sido utilizada é a desidratação osmótica como pré-tratamento. O uso do ultrassom para complementar esse processo é mais uma inovação recente, não só permite a remoção de umidade do material sólido, como também reduz o tempo de secagem do alimento e melhora as propriedades nutricionais e sensoriais do produto seco.

Ante o exposto, este trabalho se propõe avaliar as técnicas de desidratação osmótica convencional e assistida por ultrassom, através da determinação dos parâmetros de secagem e dos atributos físico-químicos e nutricionais do caju submetido aos tratamentos.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Caju

*Anacardium occidentale* L. é o seu nome científico. Pertencente a família Anacardiaceae, o cajueiro é uma árvore de aparência exótica, troncos tortuosos, folhas glabras, flores masculinas e hermafroditas e fruto reniforme. Seu pedúnculo superdesenvolvido e muito apreciado pela suculência é frequentemente confundido com o fruto, quando na verdade se trata do pseudofruto, cientificamente denominado de pedúnculo floral, com coloração variante entre o amarelo e o vermelho (MAZZETTO; LOMONACO, 2009).

O caju é nativo dos campos e das dunas da costa norte do Brasil, espalhado por toda a América Tropical, Antilhas e em várias zonas da África (Angola, Moçambique, Tanzânia) e da Ásia (Índia, Ceilão) (MELO, 2002).

Em relação à composição, o pedúnculo contém 85% de água, 10% a 12% de carboidratos, minerais e uma concentração elevada de vitamina C (FALADE et al., 2003).

O cajueiro tem sido descrito, há séculos, como uma ótima fonte medicinal. No Brasil, há relatos de aplicações como analgésico, diurético, líquido para higiene bucal, tratamento de astenia, problemas respiratórios, gripe, bronquite, tosse, escorbuto infantil, eczema, infecções genitais, sarna, doenças de pele, verrugas e feridas. Do cajueiro, praticamente tudo se aproveita: seu teor de vitamina C é maior que o da laranja, contém niacina, uma das vitaminas do complexo B, e ferro sendo seu pedúnculo utilizado na fabricação de sucos, vinhos, licores, doces e compotas (MAZZETTO; LOMONACO, 2009).

### 2.2 Produção no Brasil

Segundo Egea e Lobato (2014) o Brasil é um grande produtor de frutas e hortaliças. Dentre as frutíferas, o caju apresenta grande importância sócio-econômica para a região Nordeste do Brasil. A amêndoa é muito apreciada, constituindo, juntamente com o líquido da casca da castanha (LCC), o principal produto de exportação (AGOSTINI-COSTA et al., 2004).

A estimativa da produção de castanha de caju para 2018 foi de 210,8 mil toneladas, aumento de 56,7%, em relação ao ano passado, norteadado pela

recuperação da produção do Ceará, que estimou uma produção de 129,7 mil toneladas (aumento de 54,4%). O rendimento médio estimado, de 373 kg/ha, decorre das expectativas positivas com o clima neste ano, visto que, em 2017, os municípios cearenses produtores enfrentaram sérias restrições de chuvas. O estado é o maior produtor, devendo participar com 61,5% do total nacional (IBGE, 2018).

O Brasil apresenta uma característica diferenciada dos demais países produtores de caju, que é o aproveitamento industrial do pseudofruto (pedúnculo carnoso), cujo potencial econômico é surpreendente, em razão de inúmeras possibilidades de utilização (suco, polpa, aguardente, rapadura, doces) (BARROS, 2002).

### **2.3 Desidratação osmótica**

A desidratação osmótica (DO), ou alternativamente denominada impregnação ou saturação, é uma operação importante para transformar os frutos perecíveis em novos produtos com valor agregado e com maior vida de prateleira (EGEA; LOBATO 2014).

O uso mais comum e relatado da desidratação osmótica é como pré-tratamento da secagem por ar aquecido. Consiste na imersão do produto em soluções concentradas de açúcar ou sal, promovendo a remoção parcial da água e a possível incorporação de solutos. Pode ser utilizada com o objetivo de modificar a composição dos alimentos, permitindo a adição de ingredientes de interesse nutricional, sensorial ou de preservação.

Durante o processo osmótico de desidratação observam-se três tipos básicos de transferência de massa que ocorrem simultaneamente (FERNANDES et al., 2009): o primeiro é um fluxo de saída de água do alimento para a solução. O segundo fluxo é de transferência de sólidos da solução para o produto e, o terceiro fluxo, é o de saída de solutos do produto (ácidos orgânicos, minerais, vitaminas, etc.) para a solução, o qual é quantitativamente insignificante comparado com os dois primeiros fluxos, mas deve ser considerado na composição final do produto (TORREGGIANI; BERTOLO, 2001).

Alguns fatores influenciam na velocidade de transferência de massa durante o processo osmótico: a temperatura, a agitação, tempo de contato do alimento com a solução osmótica, concentração e composição da solução osmótica e a

permeabilidade da membrana da fruta ou hortaliça (RAOULT-WACK, 1994). Também interferem no desempenho da desidratação a espécie utilizada, a variedade, o grau de maturação, a forma e o tamanho do alimento a ser desidratado, a razão entre a massa do produto e a massa do meio e a utilização ou não de pré-tratamentos (DHINGRA et al., 2008).

A desidratação osmótica não consegue remover totalmente a água da fruta e, portanto, deve ser seguida por secagem em estufa ou outro equipamento de secagem. Por isso, a desidratação osmótica é um processo parcial de desidratação, sendo aplicado como um pré-tratamento por não resultar um produto estável. Um método complementar como, por exemplo, a secagem convencional, o congelamento, a liofilização, a apertização ou a pasteurização deve ser utilizado a fim de se obter um produto com boas características de conservação no que diz respeito à estabilidade química e microbiológica (RAOULT-WACK, 1994).

## **2.4 Utilização do ultrassom**

O ultrassom são ondas de pressão com frequências de 20 kHz ou mais (BUTZ; TAUSCHER, 2002), e tem sido empregado como uma tecnologia moderna, capaz de melhorar as condições de processamento de muitos produtos, tais como a desidratação osmótica de frutas, inativação de enzimas deteriorantes e homogeneização de sucos.

Os principais efeitos do ultrassom em um meio líquido são atribuídos aos fenômenos de cavitação, que são emitidos a partir dos processos físicos que criam microbolhas de gases dissolvidos no líquido pela compressão e descompressão das moléculas que constituem o meio (FABIANO-TIXIER et al., 2013). O colapso da bolha de cavitação cria um aumento de temperatura e pressão elevada, o que pode acelerar a reatividade química para o meio.

Segundo MASON (1998), o pré-tratamento ultrassônico em frutas envolve a imersão da fruta na água ou em uma solução aquosa hipertônica onde o ultrassom é aplicado. A vantagem de usar o ultrassom é que o processo pode ser realizado em temperatura ambiente e nenhum aquecimento é exigido, reduzindo assim a probabilidade da degradação do alimento.

## **2.5 Agente osmótico**

A escolha do agente osmótico é uma questão fundamental para a eficiência do processo, pois está relacionada às alterações nas propriedades sensoriais e no valor nutritivo do produto final, além do custo de processo. No caso de desidratação de frutas, geralmente são utilizados como agentes osmóticos açúcares como a sacarose, frutose, glicose e xarope de milho, por sua compatibilidade sensorial. Geralmente, soluções de sacarose são usadas para frutas e cloreto de sódio para hortaliças, alimentos de origem animal (OSORIO et al., 2007).

## **2.6 Qualidade de produtos desidratados osmoticamente**

A desidratação osmótica é empregada para melhorar as características sensoriais de frutas e hortaliças desidratadas, apresentando bons resultados na literatura. Dentre os aspectos nutricionais preservados ou pouco afetados pelo pré-tratamento está o teor de vitamina C e de outros compostos antioxidantes. Perdas elevadas de vitamina C ocorrem durante as etapas de corte e agitação da fruta, a qual expõe a vitamina C ao oxigênio, com consequente oxidação. Entretanto, as perdas de vitamina C diminuem com a realização do processo osmótico como pré-tratamento para a secagem convectiva, como já foi comprovado para laranjas, maçãs e caju (EGEA et al., 2012; MARTINS et al., 2008; MENDES et al., 2013).

O mesmo comportamento ocorre com o conteúdo de fenóis totais e atividade antioxidante, conforme comprovado por MENDES et al. (2013), onde a redução destes compostos na fruta desidratada foi menor que na secagem convencional.

Outro fator afetado pela secagem é a cor, devido à presença de pigmentos instáveis e suscetíveis às reações químicas e bioquímicas que ocorrem durante o processamento ou armazenamento da fruta. Por isso, muitos produtos de origem vegetal necessitam que antes da desidratação osmótica seja realizado um tratamento para inibição enzimática como prevenção ao escurecimento enzimático (EGEA; LOBATO, 2014). Dentre esses tratamentos estão o branqueamento com ácido cítrico e ácido ascórbico e branqueamento utilizando inativação térmica.

A textura do alimento também pode ser alterada conforme a intensidade do processo de desidratação osmótica ou secagem. A desidratação osmótica favorece a maciez do tecido e o menor encolhimento durante a secagem devido à

impregnação do soluto desidratante durante o processamento. Isto faz com que quanto maior a entrada de sólidos, menor seja a resistência à compressão do produto comparado com o não desidratado osmoticamente (LEWICKI; PAWLAK, 2003).

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Preparo das amostras

Inicialmente, o fruto maduro selecionado foi lavado com água e detergente neutro para eliminação de sujidades e seco com papel absorvente (Figura 1).

Figura 1. Seleção de cajus *in natura*.



Fonte: autoria própria.

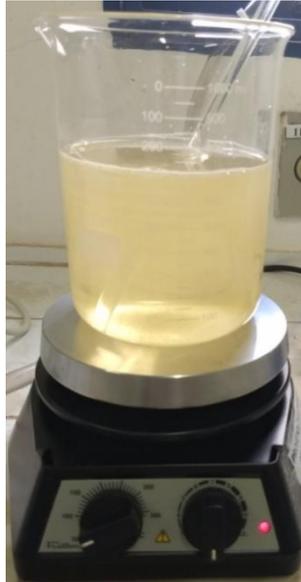
Em seguida foi sanitizado em água clorada (50 mg/L de cloro ativo) por 15 minutos. As castanhas foram retiradas e os pedúnculos cortados manualmente em fatias de, aproximadamente, 0,5 cm de espessura.

As fatias de pedúnculos foram pesadas em balança analítica antes de serem submetidas à desidratação. Medidas do teor de sólidos solúveis totais (Brix), acidez, pH, teor de vitamina C e de compostos antioxidantes também foram realizadas na fruta *in natura* a fim de determinar seu estado nutricional inicial.

### 3.2 Processo de desidratação osmótica

Colocaram-se as fatias de pedúnculos de caju em béqueres (250 mL) contendo a solução osmótica. A solução foi preparada dissolvendo-se a sacarose em água destilada e sua concentração final ajustada por meio de um refratômetro Atago em 52 °Brix.

Figura 2: Preparo da solução osmótica a 52 °Brix.



Fonte: autoria própria.

Uma porção das amostras, em triplicatas, foi levada ao banho de ultrassom e outra ao banho convencional, ambos por 30 minutos a 60 °C, constituindo os tratamentos: DOC – desidratação osmótica convencional em banho Maria e DOU – desidratação osmótica com ultrassom (Figura 3).

As amostras do caju com a solução osmótica, contidas em béqueres de 250 mL, foram colocadas em um banho de ultrassom de 25 kHz, 150 watts de potência. Para evitar perdas por evaporação os béqueres foram tampados com plástico filme.

Figura 3. Desidratação osmótica com e sem o ultrassom.



Fonte: autoria própria.

Após os pré-tratamentos, as amostras foram drenadas, enxutas em papel absorvente e colocadas em cadinhos de alumínio e levadas à estufa de circulação de ar na temperatura de 65°C por 7 horas. Após a secagem, as amostras foram pesadas novamente (Figura 4).

As amostras de caju também foram submetidas somente à secagem convencional, em estufa de circulação de ar a 65°C por 7 horas, constituindo o tratamento SC - secagem convencional em estufa.

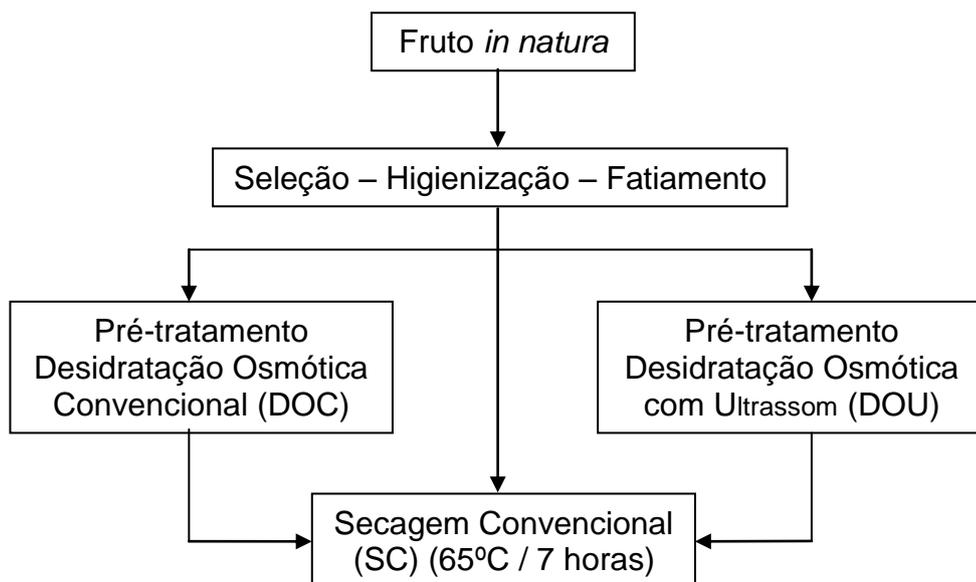
Figura 4. Amostras de caju desidratadas: (1) DOC, (2) DOU e (3) SC.



Fonte: autoria própria.

Os tratamentos estão sistematizados no fluxograma 1.

Fluxograma 1. Esquema ilustrativo do experimento.



Fonte: autoria própria.

### 3.3 Parâmetros de eficiência da desidratação

Alguns parâmetros foram determinados para acompanhamento e avaliação do processo de desidratação. Ao final da secagem, foram realizados os cálculos das taxas de perda de água (PA) e ganho de sólido (GS) que estão representadas abaixo nas equações 1, 2, 3 e 4.

Perda de Água (PA)

$$PA = \frac{P_i \cdot XA - (P_{us} - P_{7h})}{P_i} \times 100 \quad (1)$$

Ganho de Sólido (GS)

$$GS = \frac{P_{7h} - P_i \cdot XS}{P_i \cdot XS} \times 100 \quad (2)$$

Fração de Sólidos (XS)

$$XS = \frac{P_{fms}}{P_{ims}} \quad (3)$$

Fração de Água (XA)

$$XA = 1 - XS \quad (4)$$

Onde:

P<sub>i</sub> – Peso inicial do produto (g)

P<sub>us</sub> – Peso (g) após imersão em solução osmótica (30 minutos)

P<sub>7h</sub> – Peso após 7 horas em estufa (g)

XS – Fração de sólidos do produto

XA – Fração de água do produto

P<sub>fms</sub> – Peso final da amostra (g) (experimento controle – sem pré-tratamento)

P<sub>ims</sub> – Peso inicial da amostra (g) (experimento controle – sem pré-tratamento)

Fonte: SILVEIRA (2014).

### 3.4 Análises físico-químicas e nutricionais

A vitamina C foi determinada quantitativamente através de titulação oxidativa com 2,6-diclorofenolindofenol a 0,01%.

O teor de sólidos solúveis totais (SST) foi determinado nas amostras por meio de refratômetro Atago, depois de adequada diluição da amostra, os resultados sendo expressos em °Brix, (IAL, 2005).

A acidez total titulável (AAT) foi estimada por meio de titulação com solução de hidróxido de sódio (NaOH) 0,1N, conforme o Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2005).

O pH foi estimado por Potenciometria utilizando pHmetro previamente calibrado em solução tampão pH 4,0 e 7,0, (IAL, 2005).

O teor de compostos fenólicos totais (CFT) foi determinado pelo método espectrofotométrico de Folin-Ciocalteu. Os resultados do teor de compostos fenólicos totais foram expressos como equivalentes de ácido gálico (mg AG/g) e calculados por meio de uma curva construída com concentrações do padrão.

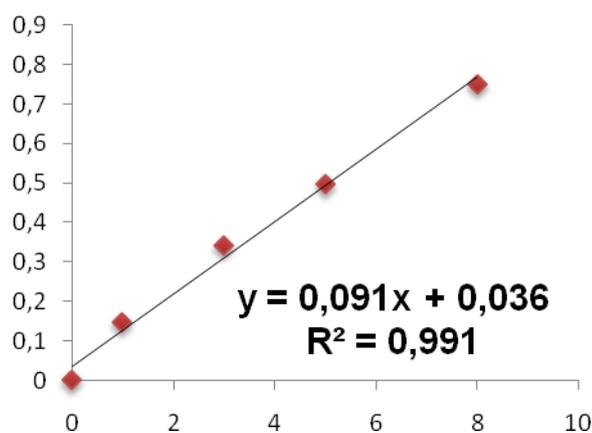


Gráfico 1. Curva de calibração do ácido gálico.

### 3.5 Análise estatística

A análise estatística foi feita por análise de variância (ANOVA), seguida de teste de médias. ANOVA foi feita pelo programa Microsoft Excel 2016. Para comparação das médias de perda de água (PA) e ganho de sólidos (GS) foi feito o teste t de Student. As médias das análises físico-químicas e nutricionais foram comparadas por teste de Tukey.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 Parâmetros de desidratação

A Tabela 1 apresenta os resultados referentes à perda de água (PA) e ganho de sólidos (GS) das amostras de caju desidratadas osmoticamente com e sem ultrassom).

Tabela 1. Resultados expressos em média±desvio padrão de perda de água (PA) e ganho de sólidos (GS) da desidratação osmótica com ultrassom (DOU) e desidratação osmótica convencional (DOC).

PARÂMETROS	TRATAMENTOS	
	DOC	DOU
PA %	22,45 <sup>a</sup> ±3,22	25,38 <sup>a</sup> ±2,45
GS %	6,38 <sup>b</sup> ±0,24	11,95 <sup>a</sup> ±2,03

\*Médias seguidas da mesma letra na linha não diferem entre si, pelo teste t de Student.

A perda de água não diferiu significativamente entre os tratamentos (Tabela 1). Porém, pôde-se observar que a imersão das frutas em soluções concentradas de sacarose e, posteriormente secas, promoveu a remoção parcial da água.

A desidratação osmótica é um processo que remove parcialmente a água dos alimentos quando estes são colocados em soluções concentradas de solutos solúveis. Esta técnica é efetiva a temperatura ambiente, é normalmente usada como pré-tratamento para melhorar propriedades nutricionais, sensoriais e funcionais dos alimentos (KENNEDY et al., 2010).

Quanto ao ganho de sólidos, as amostras apresentaram diferença estatística, sendo que o maior valor médio ocorreu nas amostras submetidas ao banho ultrassônico (11,95±2,03%). A perda de água durante a desidratação osmótica está associada à incorporação de solutos. Esta incorporação pode ser desejável, como no caso de frutas com elevada acidez, tal como o caju, por mascarar a acidez natural das frutas, melhorando o sabor do produto final (MOTA, 2005).

A remoção parcial da água do produto é resultado da diferença de concentração entre o agente osmótico (açúcar) e o produto, possibilitando a saída de água do tecido do alimento para a solução osmótica e a transferência de soluto da solução osmótica para o tecido do alimento, em fluxos simultâneos e contracorrente, através das paredes celulares do alimento. Ocorre também a

lixiviação dos solutos naturais do tecido do alimento (açúcares, ácidos orgânicos, minerais, vitaminas) para solução osmótica (FERNANDES et al, 2009).

OLIVEIRA (2014) estudou a influência da desidratação osmótica assistida por ultrassom na qualidade do mamão formosa e encontrou um resultado mais baixo de perda de água ( $14,62 \pm 4,07\%$ ) e um elevado ganho de sólidos ( $162 \pm 4,85\%$ ) em comparação com os resultados relatados no presente estudo, que podem ser justificados pelo agente desidratante utilizado, que foi a glicose 50°Brix e pela diferença de composição das frutas.

#### 4.2 Análises físico-químicas e nutricionais

As análises físico-químicas e nutricionais foram realizadas nas amostras do fruto antes (*in natura*) e depois dos tratamentos. Os resultados estão expressos na Tabela 2.

Tabela 2. Resultados expressos em média  $\pm$  desvio padrão de pH, sólidos solúveis totais (SST), acidez total titulável (ATT), compostos fenólicos (CFT) e vitamina C das amostras de caju *in natura*, secagem convencional (SC), desidratação osmótica convencional (DOC) e desidratação osmótica com ultrassom (DOU).

PARÂMETROS	TRATAMENTOS			
	<i>In natura</i>	SC	DOC	DOU
pH	$3,47^c \pm 0,03$	$3,49^c \pm 0,01$	$3,56^b \pm 0,01$	$3,82^a \pm 0,02$
ATT (g/100g)	$13,86^a \pm 0,19$	$10,96^b \pm 0,30$	$9,97^c \pm 0,11$	$7,79^d \pm 0,22$
SST (°Brix)	$5,0^d \pm 0$	$10,0^c \pm 0$	$28,3^b \pm 0,28$	$33,3^a \pm 0,28$
CFT (mg AG/g)	$8,80^b \pm 0,38$	$10,31^{ab} \pm 0,38$	$10,99^a \pm 0,88$	$11,11^a \pm 0,99$
Vitamina C (mg/100g)	$17,66^b \pm 0,57$	$18,33^b \pm 1,52$	$19,33^b \pm 0,57$	$23,00^a \pm 0$

\* Médias seguidas da mesma letra na linha não diferem entre si, pelo teste de Tukey.

O fruto *in natura* e seco convencionalmente não apresentou diferença significativa quanto ao pH. O caju *in natura* apresenta-se mais ácido quando comparado com as amostras que foram submetidas aos pré-tratamentos e posteriormente secas, com valor médio de  $3,47 \pm 0,03$ , diferindo-se desses tratamentos. Dentre os processos de desidratação, a secagem convencional apresentou menor valor ( $3,49 \pm 0,01$ ) e maior acidez ( $10,96 \pm 0,30$  g/100 g).

Com relação à acidez, todos os tratamentos apresentaram diferença estatística, sendo que o maior valor encontrado foi nas amostras da fruta *in natura*. A acidez é geralmente calculada com referência ao principal ácido presente, sendo que os ácidos cítricos e málico são mais abundantes em frutas tropicais. Foi observada uma redução na acidez do fruto após osmose, sendo o menor valor médio  $7,79 \pm 0,22$  g/100 g, correspondendo às amostras pré-tratadas osmoticamente com ultrassom. Uma explicação para isso é que juntamente com a perda de água também a perda de ácidos do fruto.

O teor de sólidos solúveis totais diferiu significativamente, sendo que a desidratação osmótica assistida por ultrassom apresentou maior valor ( $33,3 \pm 0,28^\circ$ Brix). Este resultado já era esperado, tendo que o processo de osmose eleva o teor de sólidos solúveis como consequência da evaporação de água do sistema.

Segundo TORREGGIANI E BERTOLO (2001), a imersão em xaropes concentrados de sacarose acarreta maior ganho de sólidos e maior perda de água, sendo esse processo intensificado através da secagem.

Os compostos fenólicos totais demonstraram diferença significativa entre as amostras de caju *in natura* e as amostras pré-tratadas com solução osmótica, sendo que as amostras submetidas ao banho ultrassônico apresentaram maior valor médio ( $11,11 \pm 0,99$  mg AG/g). Porém, não diferiu entre os tratamentos de secagem.

Nos diferentes processos de desidratação a vitamina C apresentou diferença significativa, sendo que o maior teor foi obtido na desidratação osmótica com ultrassom ( $23,00 \pm 0$  mg/100 g), demonstrando-se mais eficiente em preservar este componente nutricional. Portanto, a aplicação de pré-tratamentos, como a desidratação osmótica aliado ao ultrassom, evidencia a preservação das propriedades nutricionais de frutos.

Perdas elevadas de vitamina C ocorrem durante as etapas de corte e agitação da fruta, as quais expõem a vitamina C ao oxigênio, com consequente oxidação. Entretanto, as perdas de vitamina C diminuem com a realização do processo osmótico como pré-tratamento para a secagem convectiva, como já foi comprovado para laranjas, maçãs e caju (EGEA et al, 2012; MARTINS et al, 2008; MENDES et al, 2013).

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados indicam que a desidratação osmótica com e sem o uso de ultrassom não apresentam diferenças significativas de perda de água.

Por outro lado, a desidratação osmótica com ultrassom fez com que as amostras de caju ganhassem mais sólidos do que na desidratação osmótica convencional.

As amostras submetidas ao banho ultrassônico obtiveram maior valor de vitamina C.

Dessa forma, a utilização do ultrassom como pré-tratamento na secagem de frutas é uma alternativa interessante, visto que pode permitir a obtenção de um produto com elevado teor de vitamina C.

## 6. REFERÊNCIAS

- AGOSTINI-COSTA T. S; JALES K. A; GARRUTI D. S; PADILHA V. A; LIMA J. B; AGUIAR M. J; PAIVA J. R. **Teores de ácido anacárdico em pedúnculos de cajueiros *Anacardium microcarpum* e em oito clones de *Anacardium occidentale* var. *nanum* disponíveis no Nordeste do Brasil.** Ciência Rural. Santa Maria; v.34, n.4, p.1075-1080, jul-ago, 2004.
- BARROS, L. M. **Frutas do Brasil: caju, produção.** Brasília: Embrapa Agroindústria Tropical, 2002. 148 p.
- BUTZ, P; TAUSCHER, B. **Emerging technologies: chemical aspects.** Food Research International, 2002; 35(2-3): 279-284.
- DHINGRA, D; SINGH, J; PATIL, R. T; UPPAL, D. S. **Osmotic dehydration of fruits and vegetables: a review.** Journal of Food Science and Technology, 2008; 45(3): 209-217.
- EGEA M. B; LOBATO L. P. **A desidratção osmótica como pré-tratamento para frutas e hortaliças.** Rev Inst Adolfo Lutz. São Paulo, 2014; 73(4):316-24.
- EGEA M. B; SILVA R. S. S. F; YAMASHITA F; BORSATO D. **Optimizing dehydration of apples *Malus Domestica* with fructooligosaccharide incorporation.** Braz Arch Biol Technol. 2012; 55(5): 751-62.
- FABIANO-TIXIER, A; PINGRET, D; CHEMAT, F. **Degradation during application of ultrasound in food processing: A review.** FoodControl, 2013, 1(1):593-606.
- FALADE K. O; AKINWALE T. O; ADEDODUN O. O. Effect of drying methods on osmotically dehydrated cashew apples. **European Food Research and Technology**, Berlin, v. 216, n. 6, p. 500-504, 2003.
- FERNANDES, F. A. N; GALLÃO, M. I; RODRIGUES, S. **Effect of osmosis and ultrasound on pineapple cell tissue structure during dehydration.** Journal of Food Engineering. 2009; 90(1):186-190.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística: **Agente de notícia: Castanha de caju, janeiro de 2018.**  
Disponível em: <[HTTP://www.agenciadenoticias.ibge.gov.br](http://www.agenciadenoticias.ibge.gov.br)> Acesso em 8 ago. 2018.
- KENNEDY, J. F; SINGH, B; PANESAR, P. S; NANDA, V. Optimization of osmotic dehydration process of carrot cubes in mixtures of sucrose and sodium chloride solutions. Food Chemistry, 2010; 1(1): 590-600.

LEWICKI P. P; PAWLAK G. **Effect of drying on microstructure of plant tissue.** Dry Technol. 2003; 21 (4): 657-83.

MARTINS M. C. P; CUNHA T. L; SILVA M. R. **Efeito das condições da desidratação osmótica na qualidade de passas de caju-docerrado.** Ciênc Tecnol Alimen. 2008; 28 (Supl): 158-65.

MASON, T. J. Power ultrasound in food processing – the way forward. In M. J. W. Povey & T. J. Mason (Eds.), **Ultrasounds in food processing** (pp. 104–124). Glasgow: Blackie Academic and Professional. 1998.

MATOS, V. A. T. **Estimativa da transpiração de cajueiros na Baixada Cuiabana.** 2017. 131 f: Il. Color. ; 30 cm.

MAZZETTO S. E; LOMONACO D. **Óleo da castanha de caju: oportunidades e desafios no contexto do desenvolvimento e sustentabilidade industrial.** Quím. Nova, vol. 32, No. 3, 732-741, 2009.

MELO, Q. M. S. **Frutas do Brasil: caju, fitossanidade.** Brasília: Embrapa, Agroindústria tropical, 2002. 36 p.

MENDES G. R. L; FREITAS C. H; SCAGLIONI P. T; SCHMIDT C. G; FURLONG E. B. **Condições para desidratação osmótica de laranjas e as propriedades funcionais do produto.** Rev Bras Eng Agríc. Ambient. 2013; 17 (11): 1210-6.

OLIVEIRA, F. I. P. **Influência do pré-tratamento ultrassom e desidratação osmótica na secagem, cor, textura e enzimas do mamão formosa.** 2014. 119 f.: il.; enc.; 30 cm.

OSORIO, C.; FRANCO, M. S.; CASTAÑO, M. P.; GONZÁLEZ-MIRET, M.L.; HEREDIA, F. J.; MORALES, A. L. **Colour and flavour changes during osmotic dehydration of fruits.** Innovative Food Science and Emerging Technologies, 2007; 8(7): 353-359.

RAOULT-WACK A. I. **Recent advances in the osmotic dehydration of foods.** Trends Food Sci Technol. 1994; 5(8): 255-60.

SILVA, D. G. **Influência do uso do vácuo e/ou ultrassom como pré-tratamento em parâmetros de qualidade do melão (*Cucumis melo var. cantalupensis Naud.*) seco.** 2016. 105 f.: il.; tab.; 30 cm.

SILVEIRA, M. S. **Efeitos da desidratação osmótica e desidratação osmótica assistida por ultrassom na secagem convectiva de cenoura (*Daucus carota L.*).** 2014. 100 f.: il.; color., enc.; 30 cm.

TORREGGIANI D; BERTOLO G. **Osmotic pre-treatments in fruit processing: chemical, physical and structure effects.** J Food Eng. 2001; 49 (1-2):247-53.