



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE ALIMENTOS**

**NAIARA JADY CÂNDIDO OLIVEIRA**

**LIOFILIZAÇÃO COMO MÉTODO DE CONSERVAÇÃO APLICADA À PRODUTOS  
DE ORIGEM VEGETAL: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

**FORTALEZA**

**2021**

NAIARA JADY CÂNDIDO OLIVEIRA

LIOFILIZAÇÃO COMO MÉTODO DE CONSERVAÇÃO APLICADA À PRODUTOS DE  
ORIGEM VEGETAL: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
ao curso de Graduação em Engenharia de Alimentos da Universidade Federal do Ceará,  
como requisito parcial à obtenção do grau de bacharel em Engenharia de Alimentos.

Orientador(a): Prof. Dra. Larissa Morais Ribeiro da Silva

FORTALEZA

2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

O481 Oliveira, Naiara Jady Cândido.

Liofilização como método de conservação aplicada à produtos de origem vegetal : uma revisão bibliográfica / Naiara Jady Cândido Oliveira. – 2021.

35 f. : il.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Curso de Engenharia de Alimentos, Fortaleza, 2021.

Orientação: Profa. Dra. Larissa Moraes Ribeiro da Silva.

1. Liofilização. 2. Reações químicas. 3. Estabilidade. I. Título.

CDD 664

---

**NAIARA JADY CÂNDIDO OLIVEIRA**

**LIOFILIZAÇÃO COMO MÉTODO DE CONSERVAÇÃO APLICADA À PRODUTOS DE  
ORIGEM VEGETAL: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
ao curso de Graduação em Engenharia de  
Alimentos da Universidade Federal do Ceará,  
como requisito parcial à obtenção do grau de  
bacharel em Engenharia de Alimentos.

Aprovada em: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_\_.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dra. Larissa Morais Ribeiro da Silva (Orientador)  
Departamento de Engenharia de Alimentos – CCA - UFC

---

Prof. Dra. Andrea Cardoso de Aquino  
Departamento de Engenharia de Alimentos – CCA - UFC

---

MSc. Rafael Souza Cruz  
Departamento de Engenharia de Alimentos – CCA - UFC

Dedico este trabalho a Deus, meus pais,  
Socorro e Serginaldo, e minha vó Maria  
Eunice, que sempre me incentivaram e  
apoiam ao longo desta caminhada.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço à Deus, pela minha vida e saúde;

À minha família, especialmente, meus pais Socorro e Serginaldo por acreditarem, me apoiarem e me incentivarem sempre;

À minha vó Maria Eunice, que não se encontra mais conosco, mas sempre foi uma grande incentivadora em tudo na minha vida, dedico esta graduação em memória de sua pessoa;

Ao meu namorado Jorge Filipe, que neste período de final de curso me incentivou, ouviu minhas lamentações e me ajuda com as angústias deste final de ciclo;

Aos meus amigos de vida Regikyslla, Íris, Jordana, Ranielly, Allan por sempre estarem presentes e me apoiarem em minhas escolhas;

À minha amiga de Curso/Vida Diana Jéssica que compartilhou comigo todas as angústias deste final de ciclo e seu apoio foi essencial;

Ao Tiago Linhares, pelas suas orientações e ajudas;

Ao NUTEC, onde passei dois anos de muito aprendizado, em especial, Sônia, Ticiane, Raquel, Nayara e Luiza, pelos momentos de aprendizados, de descontração e de muito trabalho;

À Profa. Larissa Moraes Ribeiro da Silva por seu apoio, orientação e tempo dedicado neste trabalho;

À Profa Maria do Carmo Ferreira Passos por toda ajuda e conselhos ao longo desses anos.

E por fim a Universidade Federal do Ceará, por ter me proporcionado anos de experiências que me fizeram amadurecer como pessoa e como profissional.

## RESUMO

O estilo de vida da sociedade atual, modificou hábitos das rotinas, como por exemplo a alimentação das pessoas, ocasionando um aumento da procura por produtos industrializados e de boa qualidade. As indústrias do ramo alimentício sempre buscaram desenvolver alimentos que conservassem seus aromas, sabores principalmente suas características nutricionais. Dentre inúmeros métodos de conservação, destaca-se a liofilização, conhecida também como criossecagem ou criodesidratação. O processo consiste na remoção de cerca de 60 a 80% da água através da sublimação, fazendo com que atividade de água ( $Aw$ ) do produto, tanto animal como vegetal, se reduza a ponto de inibir o crescimento de microrganismos, aumentando assim a sua vida de prateleira e a validade fora da refrigeração. A aplicação deste método em vegetais vem crescendo e se mostrando eficiente, nos últimos anos, como forma de contornar grandes perdas no setor de hortifrutícola, tendo em vista que vários vegetais apresentam metabolismo bastante acelerado, o que contribui para as perdas pós-colheita, visto que com o aumento da maturação ocorre maior proliferação de microrganismos e aceleração de reações de degradação. Dessa forma, a liofilização representa uma alternativa para contornar essas perdas, além de entregar ao consumidor um produto totalmente diferenciado. O presente trabalho, em forma de uma revisão bibliográfica, tem como objetivo descrever a liofilização como método de secagem e conservação, assim como suas vantagens e aplicabilidade em vegetais.

**Palavras - chave:** Liofilização. Reações Químicas. Estabilidade.

## **ABSTRACT**

The lifestyle of the current society has changed habits of routines, such as people's food, causing an increase in demand for industrialized and good quality products. The food industry has always sought to develop foods that preserve their aromas, flavors, especially their nutritional characteristics. Among numerous conservation methods, lyophilization stands out, also known as freeze-drying or freeze-drying. The process consists of removing about 60 to 80% of the water through sublimation, causing the water activity ( $Aw$ ) of the product, both animal and vegetable, to be reduced to the point of inhibiting the growth of microorganisms, thus increasing its shelf life and shelf life outside refrigeration. The application of this method to vegetables has been growing and proving to be efficient in recent years, as a way of circumventing large losses in the fruit and vegetable sector, considering that several vegetables have a very fast metabolism, which contributes to post-harvest losses, that with the increase of maturation there is a greater proliferation of microorganisms and acceleration of degradation reactions. Thus, freeze-drying represents an alternative to circumvent these losses, in addition to delivering a totally differentiated product to the consumer. The present work, in the form of a bibliographic review, aims to describe lyophilization as a method of drying and conservation, as well as its advantages and applicability in vegetables.

**Keywords:** Lyophilization. Chemical reactions. Stability.

## **LISTA DE FIGURAS**

Figura 1 - Diagrama de fases da água ----- 19

Figura 2 – Classificação de Isotermas de sorção de acordo com sua forma.-----33

Figura 3 -.Modelos matemáticos para avaliar isotermas de sorção -----35

Figura 4 - Isoterma de adsorção do pó de pitaya a 25°C -----37

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Palavras utilizadas na pesquisa -----	17
Tabela 2 - Vantagens e Desvantagens da Liofilização -----	24
Tabela 3 - Citações de estudos sobre uso de agentes carreadores em vegetais liofilizados -----	31
Tabela 4 - Citações de estudos sobre o comportamento de isotermas de vegetais liofilizados -----	34

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>14</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>16</b>
<b>2.1</b>	<b>Objetivo geral.....</b>	<b>16</b>
<b>2.2</b>	<b>Objetivos específicos.....</b>	<b>16</b>
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>17</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>18</b>
<b>4.1</b>	<b><i>Fundamentos e Etapas da Liofilização.....</i></b>	<b>18</b>
<b>4.1.1</b>	<b><i>Congelamento .....</i></b>	<b>19</b>
<b>4.1.2</b>	<b><i>Secagem Primária (Sublimação) .....</i></b>	<b>21</b>
<b>4.1.3</b>	<b><i>Secagem secundária (Dessorção).....</i></b>	<b>23</b>
<b>4.2</b>	<b><i>Vantagens e Desvantagens da Liofilização .....</i></b>	<b>24</b>
<b>4.3</b>	<b><i>Liofilização em Produtos de Origem Vegetal .....</i></b>	<b>26</b>
<b>4.3.1</b>	<b><i>Liofilização de suco de frutas .....</i></b>	<b>27</b>
<b>4.3.2</b>	<b><i>Liofilização de mucilagem.....</i></b>	<b>28</b>
<b>4.3.3</b>	<b><i>Frutas Liofilizadas.....</i></b>	<b>29</b>
<b>4.4</b>	<b><i>Higroscopia e influência de agentes carreadores .....</i></b>	<b>30</b>
<b>4.4.1</b>	<b><i>Isotermas de sorção .....</i></b>	<b>34</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>36</b>
<b>6</b>	<b>RREFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....</b>	<b>37</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O estilo de vida da sociedade atual, modificou hábitos das rotinas, como por exemplo a alimentação das pessoas, ocasionando um aumento da procura por produtos industrializados e de boa qualidade. As indústrias do ramo alimentício sempre buscaram desenvolver alimentos que conservassem seus aromas, sabores principalmente suas características nutricionais. Dentre inúmeros métodos de conservação, destaca-se a liofilização, conhecida também como criossecagem ou criodesidratação, sendo o produto mundialmente conhecido e comercializado obtido por essa técnica o café (NAVAS,2006).

A liofilização é descrita como um processo muito antigo, com informações desde os antigos Incas do Peru dos Andes, em que os alimentos eram congelados durante a noite e submetidos a luz do sol e baixa pressão (Pico das montanhas dos Andes) para que houvesse a sublimação da água. Após avanço da tecnologia e equipamentos, tornou-se um método frequentemente utilizado durante a Segunda Guerra Mundial para o fornecimento de plasma sanguíneo e penicilina para as forças armadas (RIBEIRO, 2012).

A pesquisa e utilização da liofilização como método de conservação de alimentos aplicado atualmente só ganhou destaque com o programa Apollo da NASA (NAVAS, 2006), no qual mais de 400 tipos de alimentos liofilizados diferentes foram comercializados desde a década de 60.

Por definição, o processo consiste na remoção de cerca de 60 a 80% da água através da sublimação, fazendo com que atividade de água ( $Aw$ ) do produto, tanto animal como vegetal, se reduza a ponto de inibir o crescimento de microrganismos, aumentando assim a sua vida de prateleira e a validade fora da refrigeração. Para que a característica de produto liofilizado se conserve, o mesmo deve ser armazenado em uma embalagem adequada, pois alimentos que passam por liofilização normalmente tem alta hidroscopicidade, ou seja, facilidade em absorver umidade. No que se trata de logística, este tipo de produto pode ser transportado em caminhões sem refrigeração e dependendo da sua embalagem, é capaz de ocupar menos espaço, aumentando a quantidade a ser transportada.

O liofilizador, equipamento onde ocorre a liofilização, possui uma grande câmara de secagem e uma bomba a vácuo para a remoção de água. O processo se divide nas etapas de congelamento, sublimação (secagem primária) e dessorsão

(secagem secundária). Devido ao gasto de energia e tempo para que o processo ocorra, seu uso na indústria torna-se de maior custo, por consequência, o produto apresenta-se mais valorizado comercialmente, com alto valor agregado. No entanto, por aumentar o prazo de validade e manter características sensoriais e nutricionais do produto, torna-se uma alternativa viável para os consumidores além de ser rentável para empresas (RIBEIRO, 2012); (MARQUES; COSTA, 2015).

A aplicação deste método em vegetais vem crescendo ao longo dos anos, como um mecanismo de contornar grandes perdas no setor de hortifrutícola, tendo em vista que alguns vegetais apresentam rápido metabolismo, resultando em maior proliferação de microrganismos e aceleração de reações de degradação. Além de conservar estes alimentos, essa técnica os apresenta de uma forma nova ao mercado. Como citado anteriormente, não é um mecanismo barato, e requer extremo cuidado principalmente se aplicado a frutas e sucos, que devido a quantidade açúcar presente, substâncias altamente hidroscópicas e muitas vezes os vegetais submetidos a liofilização necessitam do uso de agentes carreadores para estabilidade.

Diante disso, este trabalho, em forma de revisão bibliográfica, tem como objetivo descrever a liofilização como método de secagem e conservação, assim como suas vantagens e seu estudo na aplicabilidade em vegetais.

## **2.OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Descrever a liofilização como método de secagem e conservação, assim como suas vantagens e seu estudo na aplicabilidade em vegetais.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Descrever as etapas da liofilização;
- Avaliar as vantagens e desvantagens como método de secagem e conservação em vegetais;
- Apresentar a higroscopidade de produtos vegetais liofilizados;
- Descrever o uso de substâncias adjuvantes no processo de secagem de vegetais;
- Exemplificar o uso de isotermas de sorção para o estudo da estabilidade de vegetais liofilizados.

### 3. METODOLOGIA

Para a construção desta revisão bibliográfica, foram realizadas pesquisas no período de fevereiro a março de 2021 em periódicos e publicações que abordavam processos de secagem e conservação por liofilização aplicado ao setor alimentício. As plataformas de busca de dados incluíram: SCIELO, GOOGLE SCHOLAR e WEB SCIENCE.

Na Tabela 1 é possível observar as palavras chaves utilizadas no período de buscas, muitas vezes correlacionadas na pesquisa para se obter um resultado mais específico. Durante a busca foi dada preferência ao período específico de 2015 – 2021, porém, com o objetivo de obter informações relevantes para a elaboração do trabalho, fontes de anos anteriores não foram excluídas.

Tabela1: Palavras utilizadas na pesquisa

Secagem em alimentos	Liofilização	Higroscopia	Vegetais
Frutas	Isotermas	Adsorção	Vantagens da Liofilização
Carreadores	Substancias adjuvantes	Maltodextrina	Etapas
Fundamentos	Desvantagens da liofilização	Polpa	Aplicação
Estabilidade	Conservação	Atividade de água	Artigos

Fonte: Autor da Pesquisa (2021).

## 4 RESULTADOS

### 4.1 FUNDAMENTOS E ETAPAS DA LIOFILIZAÇÃO

A liofilização é uma técnica de secagem, que consiste basicamente em retirar a água por meio da sublimação em temperaturas baixas e sob vácuo. Este método foi desenvolvido com o intuito de preservar características sensoriais e nutricionais do produto, geralmente perdidas em secagens convencionais devido as elevadas temperaturas. Seu desempenho está intrinsecamente ligado às condições adequadas de operação e a qualidade do produto que vai ser submetido ao processo.

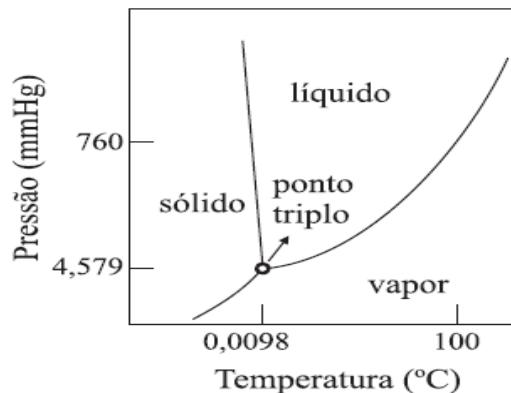
O termo liófilo significa “amigo” do solvente, ou seja, todo produto liofilizado tem alta capacidade higroscópica e fácil dissolução em água (KONIG,2016; BARUFFALDI; OLIVEIRA, 1998).

Segundo Navas (2006), a liofilização é o método mais nobre de conservação, pois reúne em um só processo dois principais métodos de conservação, o congelamento e a desidratação.

Em sua tese, Ribeiro (2012) citou que o termo chave para o processo de liofilização, é a estabilidade, ou seja, a cinética dos produtos liofilizados não é alterada, devido a redução da atividade de água.

De forma geral, as etapas do processo consistem em congelamento, sublimação ou secagem primária, em que a água passa da fase sólida diretamente para a gasosa e por fim a dessorsão ou secagem secundária, em que é retirada a água residual, ou seja, aquela que não foi retirada durante a primeira secagem.

Figura 1. Diagrama de Fases da água.



Fonte: Cavalcante (2016)

Na Figura 1 é possível observar as fases da água. Quando se tem a água no seu estado sólido e é aplicada uma pressão acima de 4,58 mmHg (milímetros de mercúrio), ao fornecer calor, sua fase se torna líquida. Porém, se o calor for fornecido a pressões abaixo de 4,58 mmHg , a água passa do estado sólido direto para o gasoso, por meio da sublimação. A nível prático é aconselhável que o produto congelado seja mantido a 0°C (NAVAS, 2006).

#### 4.1.1 Congelamento

O congelamento é o primeiro estágio da liofilização e o mais importante, pois através desta etapa é possível definir o tamanho dos poros, sua forma e distribuição na camada seca da superfície liofilizada. Tem por objetivo imobilizar componentes contidos na solução e prevenir a formação de espumas quando aplicado o vácuo; reduzir a degradação dos componentes pelo calor e induzir determinada estrutura de cristais que facilitará ou inibirá a passagem de vapor do produto seco (MARQUES, 2008; LIAPIS *et al.* 1996).

De acordo com Ribeiro (2012), existem duas formas de congelamento que ditarão as etapas seguintes da liofilização. O congelamento rápido que resulta em pequenos cristais de gelo, onde o produto é rapidamente refrigerado a uma temperatura abaixo da favorável ao desenvolvimento de microrganismos e de possíveis reações enzimáticas de degradação, formando pequenos cristais de gelo, que dificultam a passagem da corrente de calor no processo de sublimação, fazendo com que a secagem demore mais, porém este tipo de congelamento é o mais

indicado para o processo, pois devido ao tamanho dos cristais, não há possível perfuração de membranas, evitando danos estruturais e preservando as características do alimento. Em contrapartida, o congelamento lento resulta na formação de grandes cristais de gelo, favorecendo a passagem rápida do calor aplicado na sublimação, porém sua maior dimensão confere ao produto um aspecto grosso e esponjoso. Por apresentar poros maiores na superfície, a sublimação é facilitada e há uma fácil reidratação posterior, mas, ao mesmo tempo, a sua distribuição pode tonar a sublimação mais lenta e dificultosa. Além disso, por ter cristais maiores, pode acabar por danificar a estrutura do produto.

O aconselhável é aplicar um congelamento intermediário, mas nem sempre é possível e as indústrias acabam optando, como dito anteriormente, pelo congelamento rápido.

Marques (2008) define a velocidade de congelamento como a temperatura em Celsius, dividida pelo tempo em segundos, podendo ser classificada em:

- Muito lenta: abaixo de 0,001°C/s;
- Lenta: de 0,001°C/s a 0,06°C/s;
- Rápida: de 0,06°C/s a 0,50°C/s;
- Super rápida: acima de 0,50°C/s;

Ainda segundo a mesma autora, na criogenia, fenômeno de congelamento que utiliza nitrogênio e dióxido de carbono, ocorre o rápido congelamento das extremidades do produto formando barreira que retém a umidade e o sabor oferecendo melhor textura e aroma se comparado aos demais.

O congelamento pode ser realizado a parte ou no próprio liofilizador, tendo a natureza do produto e a velocidade de congelamento grande influência nas etapas seguintes e na disposição geral do produto (KONIG, 2016).

#### 4.1.2 Secagem Primária (sublimação)

Na segunda etapa, o produto congelado já se encontra no liofilizador, dando inicio a fase de desidratação primária, na qual é aplicada pressão próxima a pressão de vapor do solvente utilizado (se o solvente for a água, a pressão aplicada tem que ser abaixo de 4,58 mmHg) resultando em um produto estruturalmente seco e intacto. Nesta fase, é de suma importância o controle da pressão e da temperatura (JÚNIOR, 2020; MARQUES,2016).

No processo de sublimação, os solutos estão arranjados espacialmente de acordo com a estrutura original. De forma diferente, na secagem comum, os solutos encontram-se concentrados, mesmo após o processo (RIBEIRO, 2012).

A sublimação é um fenômeno endotérmico, ou seja, necessário que o calor seja fornecido ao sistema, podendo ser obtido por condução, radiação ou combinado (convecção/radiação e condução/radiação) (CAVALCANTE, 2016).

Nesta etapa, procura-se obter a otimização do processo de desidratação diminuindo o tempo de sublimação, aumentando a velocidade de remoção da água, evitando a formação de cristais de gelo que alteram a estrutura do alimento (YAMAGUCHI *et.al* 2017).

Ao sublimar, as moléculas de vapor de água carregam um valor significativo de calor latente (calor necessário para mudança de fase), sendo a temperatura do produto congelado reduzida. Se não houver nenhuma fonte de calor doada ao processo, a pressão aplicada pode acabar se igualando a pressão de vapor do solvente contido, se isso acontecer, o produto não passará imediatamente para a fase gasosa, mas sim para a fase líquida (CAVALCANTE, 2016).

Segundo Marques (2016) a quantidade de calor fornecida não pode ser aumentada livremente, pois existem certas condições limites que devem ser obedecidas durante o processo. Uma das limitações é a temperatura máxima que o produto seco pode aguentar sem sofrer perda da bioatividade, mudança de coloração, reações físico-químicas e mudanças estruturais. A temperatura máxima que o produto pode tolerar é chamada temperatura de “scorch” ( $T_{scor}$ ).

Esta etapa é responsável por retirar 80 a 90% da umidade presente no alimento, caso haja falha no processo e tenha presença de água na forma líquida, o produto pode apresentar formação de bolhas e sua aparência será comprometida. (YAMAGUCHI *et.al* 2017).

Para Ribeiro (2012), um material que tem sua forma vítreia (sólida) e na sublimação acaba excedendo a temperatura máxima que o produto pode tolerar, apresenta perda de rigidez da sua matriz sólida, criando uma consistência gomosa. Essa transição vítreia – gomosa pode ser observada quando aplicadas altas temperaturas e umidades, por isso é de extrema importância que o produto pós liofilizado seja armazenado em embalagem adequada que preserve as características de um produto liofilizado.

De forma geral, a estabilidade do produto está ligada à temperatura máxima que a camada congelada pode tolerar sem sofrer danos durante a secagem primária. A secagem secundária, é possível somente quando esta camada, ou seja, a interface de sublimação não existir mais (MARQUES, 2016).

#### **4.1.3 Secagem secundária (dessorção)**

A secagem secundária também chamada de dessorção, ocorre somente depois que todo o gelo foi retirado na etapa de liofilização, mas o alimento ainda continua retendo uma quantidade residual de água não livre (água ligada à estrutura do alimento) em sua forma líquida, cerca de 5 a 10% do total de água do material. Esse processo é possível mantendo o produto no liofilizador a uma temperatura que pode ir de 20 a 60°C e ainda sob vácuo, demorando em torno de duas a seis horas para ser concluído (KONIG 2016).

A etapa deve acontecer até que a umidade residual seja tão baixa quanto a que o alimento necessita para manter sua estabilidade e qualidade ao longo do tempo. Nos alimentos essa taxa varia de 2 a 10% (MARQUES,2016).

Em um processo de liofilização ideal apenas água congelada deve ser removida no processo de sublimação e a água que não foi congelada, ligada a estrutura, deve ser retirada por dessorção. Muitas vezes, esta água de forma não livre pode ser dessorvida em uma secagem primária (RIBEIRO, 2012).

Assim como na secagem primária, a temperatura não pode ser elevada de forma arbitrária, deve-se obedecer a temperatura máxima que um produto seco pode aguentar sem sofrer danos (CAVALCANTE;2016).

Segundo a literatura, neste último processo além da umidade residual o oxigênio desempenha um papel fundamental na estabilidade do produto, tornando-se necessário a aplicação de gás inerte no recipiente ou fechá-los a vácuo.

## 4.2 VANTAGENS E DESVANTAGENS DA LIOFILIZAÇÃO

Se comparada ao processo de secagem convencional, a liofilização se destaca por preservar as características estruturais do alimento, sendo capaz de remover a umidade em baixas temperaturas, aumentar a estabilidade do produto durante o período de estocagem e diminuir o risco de reações de degradação (MARTINS, 2017).

Na Tabela 2, são elucidadas as principais vantagens e desvantagens do emprego da liofilização como processo de secagem.

Tabela 2: Vantagens e Desvantagens da Liofilização

VANTAGENS	DESVANTAGENS
<ul style="list-style-type: none"> <li>Por ser um processo feito sob aplicação de temperaturas baixas, em comparação com outros de secagem, não traz alterações químicas para substâncias sensíveis ao calor;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>É um processo endotérmico, necessário energia na forma de calor, porém, as temperaturas aplicadas são baixas fazendo com que o tempo na operação seja maior se comparado a outros métodos de secagem;</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Ainda por conta da temperatura, a perda de substâncias voláteis é mínima;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Por ser um processo demorado e que precisa de instalações específicas, o custo energético se torna alto;</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>O produto de adequada liofilização apresenta estrutura esponjosa, o que facilita a sua redissolução;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Maior valor comercial agregado.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Inibição ao desenvolvimento e propagação microbiana, assim como a retardação de processos enzimáticos que aceleram a degradação do produto.</li> </ul>	

Fonte: Ribeiro (2012).

Mesmo sendo considerado um processo caro, torna-se extremamente vantajoso como método de conservação, pois ao se ter produtos liofilizados, diminui-se o gasto com câmaras de conservação, gás, energia para o comerciante e ainda permite acesso por parte do consumidor a um produto de qualidade que preserve suas características organolépticas e segurança microbiológica.

#### **4.3 LIOFILIZAÇÃO EM PRODUTOS DE ORIGEM VEGETAL**

Em todo o mundo, o consumo de hortifrutí (frutas, legumes e verduras), é motivado pelo seu alto valor nutricional que combina fibras, vitaminas e minerais, porém, devido ao difícil acesso à uma alimentação balanceada por parte da população de baixa renda ou por preferência à produtos industrializados de alguns consumidores, a taxa de consumo pela população brasileira ainda é considerada baixa (TURATTI, 2016).

De acordo com dados da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, EMBRAPA, o Brasil é o terceiro maior produtor de frutas e hortaliças do mundo, das quais 65% são destinadas ao mercado interno e 35 % ao mercado externo. Porém, está entre os 10 países que mais desperdiçam alimentos, sendo cerca de 360 mil toneladas do setor de hortifrutí são desperdiçados por ano, somente no período de comercialização. Esse desperdício pode ser dividido em 10% no campo, 50% no manuseio e transporte, 30% nas centrais de abastecimento e comercialização e 10% nos supermercados e na casa dos consumidores (TURATTI, 2016)

A RDC 272 de 22 de setembro de 2005 da ANVISA, define produtos vegetais como produtos obtidos a partir de partes comestíveis de espécies vegetais, submetidos a processos de secagem, desidratação, cocção, laminação entre outros processos tecnológicos, define ainda que o percentual máximo de umidade que deve estar presente em um produto vegetal seco e desidratado é de 12%. Os produtos de frutas seguem nos mesmos parâmetros da definição de produtos vegetais, porém a umidade máxima permitida para este tipo de produto é de 25%.

A liofilização já se mostrou um método eficiente de secagem e conservação de maior parte dos alimentos existentes, fomentando-se, nos últimos anos, como alternativa para promover maior conservação de produtos vegetais.

De acordo com a literatura, os vegetais de forma geral são alimentos que se adaptam muito bem a este processo. Sabe-se que um dos grandes problemas na horticultura brasileira é a etapa de maturação de frutas e vegetais, e por apresentarem elevada atividade de água a degradação microbiana e reações enzimáticas são aceleradas. Afim de contornar este problema a liofilização vem se mostrando uma excelente solução, garantindo maior conservação, estabilidade e apresentando o produto de forma diferenciada para o mercado consumidor. É um método que promete dominar o mercado hortifruiteiro, porém, por ser mais caro que o convencional ainda não é muito explorado.

Mesmo que sejam alimentos que se adaptem bem ao processo de secagem, é preciso ter muita cautela ao aplicar esse tipo de secagem em vegetais, especialmente legumes e frutas, pois por apresentarem alto teor de água e higroscopicidade pode ocorrer o fenômeno chamado *caking*, onde o pó de baixa umidade e escoamento livre ao absorver umidade do ambiente externo acaba se aglomerando e formando um material pegajoso, perdendo sua capacidade de reidratação e qualidade, muito comum em pós de sucos de fruta (CAVALCANTE,2016; RODRIGUES, 2017).

As polpas de frutas e sucos são os mais complexos de se processar, pois além de alta Aw apresentam considerável quantidade de açúcares, podendo sofrer caramelização. Para evitar esse fenômeno e consequente perda de produto, são adicionados ao processo de secagem substancias adjuvantes ou carreadoras que tem a função de evitar essa caramelização como também manter a umidade relativa de equilíbrio do alimento pós processado.

.Dentre os vegetais que se adaptam a liofilização podemos citar abacaxi, maracujá, morango, banana, sucos de fruta, legumes diversos, extratos de café e preparações diversas. Além disso, vegetais em sua forma liofilizada são empregados na formulação de novos alimentos, podendo citar quiabo, linhaça, chia, inhame, entre outros, em que sua mucilagem na forma de pó é aplicada como espessante natural em sorvetes, bebidas, extratos, molhos dando corpo a estes produtos.

#### **4.3.1 LIOFILIZAÇÃO DE SUCO DE FRUTAS**

O método convencional de secagem mais aplicado em sucos de frutas é o *spray drying* que implica no uso de altas temperaturas para retirar a maior parte da água encontrada na composição do produto. Porém, por ser executado em altas temperaturas, há menor conservação das características sensoriais e nutricionais do suco. (KOROISHI, 2007).

Por estes motivos, a liofilização na secagem de suco de frutas vem ganhando mais espaço, devido a remoção da água do produto sem danificar sua estrutura e suas características.

Tomando como exemplo de suco de fruta, o suco da laranja, em trabalhos comparativos foi possível observar o suco de laranja liofilizado não representa perdas de açúcares redutores e apresenta uma razão normal de glicose / frutose, além disso, aminoácidos como asparagina, metionina, lisina e arginina não se perdem no processo. E ainda, a quantidade de ácido ascórbico no pó do suco liofilizado é de 57,5 mg/ 100ml, sendo o valor de referência sugerido é de 60 mg/ 100ml. (KOROISHI, 2007; KRAMER *et al.*, 1988).

#### **4.3.2 LIOFILIZAÇÃO DE MUCILAGEM**

Vegetais são fontes de cadeias de polissacarídeos hidrofílicos que juntos com a água formam a mucilagem uma substância viscosa e com textura gelatinosa, conhecida comercialmente como hidrocoloide, pode-se citar como exemplo a goma guar, goma arábica, amido e pectina. Esses polissacarídeos são encontrados em algas, lesões de plantas, sementes e microrganismos. Por possuírem a textura gelatinosa, são utilizados nas indústrias de alimento como espessantes naturais na formulação de sorvetes, molhos, extratos e bebidas.

De acordo com Filho (2017) a caracterização química da mucilagem pode ser classificada como um alimento funcional (semelhante a fibra solúvel da inulina), ainda é fonte de aminoácidos, proteínas, fibras e carboidratos totais.

A maneira mais prática industrialmente de fazer uso da mucilagem é na forma de pó, a mais utilizada e mais adequada é a liofilização, pelo fato de conservar as características presentes (TAVARES *et al.*, 2011).

Em seu trabalho, Tavares *et al.* (2011) onde avalia a caracterização físico química da mucilagem do inhame na forma de pó, foi possível concluir que a mucilagem liofilizada apresentou elevados teores de proteína, fibra alimentar, amido, minerais, baixos teores de fração glicídica e valor calórico. Além disso, não apresentou enzimas de degradação e demonstrou maior perda de massa, acima de 60% em temperaturas acima de 200°C. Foi apontado como desvantagem o baixo rendimento do material liofilizado, sendo utilizado 30 kg de inhame in natura e rendendo apenas 6,84% na forma de pó.

#### 4.3.3 FRUTAS LIOFILIZADAS

O Brasil é um país detentor de uma grande variedade de frutas, porém, seu clima tropical com elevada umidade e temperatura não é favorável para conservação de frutas. As perdas na pós colheita estão entre 35 a 40%, principalmente devido ao mau armazenamento, transporte e conservação (GUERRA *et. al.*, 2017; MARQUES,2008).

A liofilização em frutas é empregada como forma de melhorar a sua estabilidade, diminuindo a atividade de água, assim impedindo a degradação por microrganismos e retardando reações enzimáticas que ocorrem durante o armazenamento, evitando grande perda no pós colheita. O pó de frutas secas é muito utilizado em sobremesas, bebidas, na panificação. Países que passam por períodos que não há cultivo de fruta fresca, as frutas secas são usadas de forma extensiva.

Em seus estudos Marques (2008) analisou as características de frutas tropicais liofilizadas sendo elas abacaxi, acerola, manga, mamão papaya e goiaba, onde foi possível observar que as frutas liofilizadas detinham alto teor de vitamina C. O tipo de congelamento também influenciou no teor de vitamina C do mamão papaya liofilizado, onde o congelamento em N<sub>2</sub>(l) apresentou perda de 5%, já diretamente no freezer, a perda foi de 12,5%.

Na acerola liofilizada, a atividade de água determinada foi baixa, suas isotermas de sorção apresentaram comportamento tipo III, verificado em alimentos com elevado teor de açúcar. Já a reconstituição das frutas liofilizadas ficou entre 58 a 64% da umidade de frutas in natura.

O uso da liofilização mostrou-se promissor para a redução do teor de umidade de frutas, contribuindo para sua estabilidade e conservação de suas características.

#### **4.4 HIGROSCOPIA E INFLUENCIA DOS AGENTES CARREADORES**

Higroscopia é fundamentada na literatura como a capacidade de um material em absorver umidade do ambiente externo, estando intrinsecamente relacionada com atividade de água presente no material liofilizado, sendo um fator determinante para sua estabilidade química, microbiológica e físico-química.

A maior parte dos alimentos tem como componente principal a água, e mesmo desidratado é esta quantidade de água que vai definir sua estabilidade. É importante ressaltar que se a umidade relativa do alimento está em equilíbrio com a do ambiente então há estabilidade, porém se a umidade do ambiente for maior que a do alimento, o mesmo por meio de sua capacidade higroscópica irá absorver umidade do ambiente (CAVALCANTE, 2016).

A higroscopia também está relacionada com a facilidade de reidratação de determinado produto, quanto mais poroso e higroscópico for o produto, mais fácil sua dissolubilidade. Este fenômeno acontece em três etapas, todas ao mesmo tempo, primeiro a embebição do material em água, em seguida inchação dos componentes hidrofílicos e por fim a dissolução de sólidos solúveis; sendo a absorção de água maior na fase inicial ( RODRIGUES, 2017; SOUZA *et al.*, 2011).

Os pós apresentam alto teor de higroscopicidade, desta forma seu manuseio se torna mais difícil por conta da afinidade com a água e sua composição complexa. Este fator pode levar a formação de *caking*, fenômeno citado na seção anterior que acontece devido a absorção da umidade do ambiente pelo produto.

O comportamento dos alimentos na forma de pó e sua capacidade higroscópica pode ser estudado através de isotermas de adsorção de umidade. Define-se isotermia como a relação de equilíbrio entre o teor de umidade do produto com a umidade relativa e a temperatura do ambiente que está exposto, sendo essencial para o processamento do produto, dimensionamento de equipamentos de secagem, transporte e elaboração de embalagem (SILVA *et al.*,2015).

Para que o processo em matérias primas que apresentam quantidades consideráveis de sólidos solúveis, como açúcares, não apresente problemas e se obtenha um produto de alta qualidade, a indústria utiliza agentes carreadores ou substâncias adjuvantes durante a liofilização. Com o uso desses agentes é possível transformar um alimento altamente higroscópico em não higroscópico.

Nestes alimentos as moléculas de açúcar têm uma extremidade polar que facilita a ligação com a água, absorvendo umidade e tornando-se um produto sem qualidade. Os agentes carreadores de uso mais comum são carboidratos de alto peso molecular como amido, maltodextrina e dextrana; celulose; gomas; lipídeos e proteínas, dentre as citadas a mais utilizada industrialmente é a maltodextrina. Essas substâncias constroem escudo de proteção contra luz, oxigênio e umidade, evitando reações de degradação química e destruição de enzimas, facilitando o manuseio e retenção de sabor e aroma. (RODRIGUES, 2017).

Na Tabela 3, é possível observar alguns trabalhos com vegetais liofilizados e o uso de agentes carreadores na sua estabilização.

Tabela 3. Citações de estudos sobre uso de agentes carreadores em vegetais liofilizados.

<b>Título do Trabalho</b>	<b>Autor</b>	<b>Agente Carreador</b>	<b>Vegetal</b>
Produção, Caracterização e Aplicação de extrato de beterraba microencapsulado em matrizes de maltodextrina e amido modificado.	SARDELLA (2016)	Maltodextrina e Amido Modificado	Extrato de Beterraba
Secagem da polpa de Murici e efeitos sobre compostos bioativos.	LIMA (2017)	Maltodextrina e Amido modificado	Polpa de Murici

Desidratação da polpa de guabiroba ( <i>campomanesia xanthocarpa berg</i> ) por diferentes processos e avaliação da estabilidade dos compostos bioativos presentes.	OPATA (2016)	Maltodextrina	Polpa de Guabiroba
Secagem da Polpa de Pequi por liofilização.	SOARES (2018)	Maltodextrina e soro do leite	Polpa de Pequi
Estabilidade do pó da polpa de Mandacaru	OLIVEIRA <i>et al.</i> (2015)	Maltodextrina	Polpa de Mandacaru

Fonte: Autor da Pesquisa (2021).

Como citado anteriormente, o agente carreador mais utilizado na indústria de alimentos é a maltodextrina, por ser altamente solúvel em água, apresentar baixo custo, não ser higroscópica e ainda possuir a capacidade de retenção de cerca de 65 a 80% de compostos voláteis (OLIVEIRA *et al.*, 2015).

A maltodextrina utilizada no processo de secagem é obtida através da hidrólise do amido, possuindo dextrose equivalente (DE) de 20 ou inferior, sendo caracterizada como medida de açucares redutores presentes no produto em percentagem total de substancia (CAVALCANTE,2016). Cada maltodextrina é diferente, tanto pelo tamanho da cadeia quanto por onde se originou. As Dextroses Equivalentes maiores que 20 não são indicadas para o uso como agente carreador, pois apresentam cadeias maiores e ramificadas com grupos hidrofílicos que se ligam facilmente a água presente no ambiente externo.

Em seu estudo da estabilidade da polpa de mandacaru em pó no seu armazenamento, Oliveira *et al.* (2015) aplicou maltodextrinas com DE = 10 e DE= 14, na proporção de 10% e fez um comparativo entre o comportamento das duas em um período de 50 dias de armazenamento. Foi possível observar que durante este período, os teores de água da DE = 14 foram estaticamente maiores que os da DE = 10, indicando que quanto menor a dextrose equivalente menor o teor de água, isso

ocorreu pelo fato de a DE=14 ter uma cadeia maior e com mais ramificações hidrofílicas, facilitando a ligação com as moléculas de água presentes no ambiente.

O uso desta substância vem se mostrando bastante eficiente na liofilização de polpas de frutas e sucos, porém seu uso requer bastante cautela e deve ser utilizada em dosagens adequadas.

Deve-se ressaltar que produtos oriundos de secagem por liofilização, ainda que se beneficiem da diminuição do crescimento de microrganismos e do aumento do tempo de conservação exigem no período de armazenamento o uso de embalagens que mantenham as características desse tipo de produto (CAVALCANTE,2016)

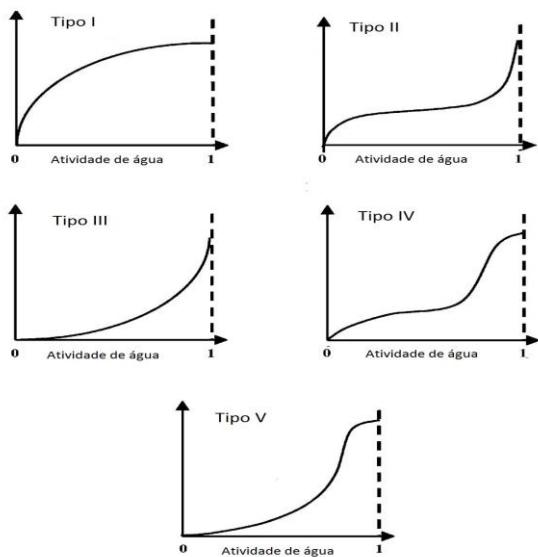
#### **4.4.1 Isotermas de sorção**

Os alimentos higroscópicos atingem umidade de equilíbrio quando postos em contato com um ambiente de umidade relativa e temperatura constantes. A representação gráfica de quando este equilíbrio é atingido a uma temperatura constante recebe o nome de isoterna de sorção, podendo ser durante o processo de secagem (dessorção) e durante o armazenamento (adsorção). Seu conhecimento é de importância relevante, pois por seu intermédio pode-se estudar o comportamento de um material desidratado, estabelecer a atividade de água mínima em cada alimento e buscar melhor qualidade nas embalagens (CAVALCANTE, 2017).

O comportamento de isotermas depende de diversos fatores, dentre eles a composição química dos alimentos, o estado físico-químico dos ingredientes e a sua estrutura física (COSTA,2017).

De acordo com os autores Costa (2017), e Brunauer *et al.* (1940), a isoterna pode ser classificada de acordo com sua forma, em cinco tipos diferentes, como na imagem a seguir:

Figura 2. Classificação de Isotermas de sorção de acordo com sua forma.



Fonte: Costa (2017).

Segundo Cavalcante (2017); Mathlouthi; Rogé, (2003), dos 5 tipos de isotermas mostrados, as isotermas II (sigmoidal) e IV geralmente são as que caracterizam produtos alimentícios. Sendo a sigmoidal aplicada para produtos solúveis, mostrando tendência assinótica a medida que aumenta a quantidade de água. Já na isoterma IV aplicada a produto com sólidos hidrofílicos que se incham até sua hidratação máxima. Já a isoterma III conhecida como Flory-Huggins caracteriza a isoterma de materiais cristalinos, como o açúcar presente em polpas de fruta e sucos liofilizados, onde a absorção na superfície cristalina é baixa, até esses cristais se dissolverem em água.

Na Tabela 4 observa-se citações de estudos da caracterização e comportamento de isotermas de sorção de vegetais liofilizados.

Tabela 4: Citações de estudos sobre o comportamento de isotermas de vegetais liofilizados

Título do Trabalho	Autor	Vegetal	Isoterma
Comportamento das isotermas de adsorção do pó da polpa de manga liofilizada	MOREIRA <i>et al.</i> (2013).	Polpa da Manga	Tipo III
Modelos	FEITOSA <i>et al.</i>	Mix de Batata Yacon	Tipo II

matemáticos na predição do comportamento higroscópico para pó do mix de batata yacon e suco de lima.	(2017)	e suco de lima	
Estudo higroscópico da polpa em pó do fruto da pitaya ( <i>Hylocereus costaricensis</i> ) em diferentes concentrações de maltodextrina	SOUSA et al. (2019)	Pó da Pitaya	Tipo II

Fonte: Autor da Pesquisa (2021)

As isotermas de sorção de água em alimentos são determinadas a partir de ajustes de modelos matemáticos. Na literatura existem mais de 200 tipos de fórmulas que propõem o comportamento isotérmico de um alimento.

Em seu estudo Sousa et.al (2019), ao analisar o comportamento higroscópico da polpa em pó da pitaya, fez o uso de modelos matemáticos com o auxílio de programas estatísticos para justificar o comportamento isotérmico da sua amostra.

Figura 3. Modelos matemáticos para avaliar isotermas de sorção.

Modelo (ano)	Equação
GAB (1981)	$X = X_m CK_a_w / [(1-K_a_w) (1-K_a_w + CK_a_w)]$
Oswin (1946)	$X = a [a_w / (1 - a_w)]^b$
Peleg (1993)	$X = k_1 a_w^{n1} + k_2 a_w^{n2}$
Caurie (1970)	$X = \exp(a + b a_w)$

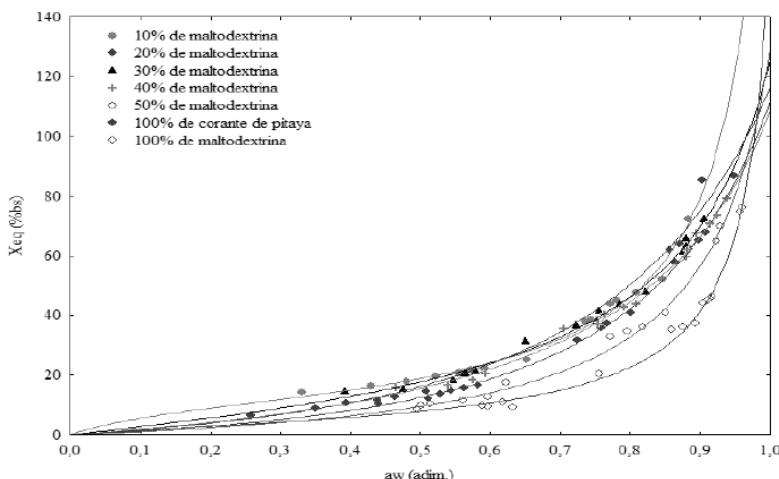
Fonte: Sousa et al. (2019)

Nas fórmulas da figura acima X é o conteúdo de umidade de equilíbrio da base seca,  $a_w$  atividade de água e a, b, C,  $K_1$ ,  $K_2$ , n1 e n2 são coeficientes que dependem do produto e das condições do ar.

Após a análise dos valores dos parâmetros estatísticos, foi possível verificar que o modelo GAB foi o que melhor se ajustou ao comportamento higroscópico da

polpa de pitaya em pó com adição de 10% de maltodextrina, isso porque o método GAB é capaz de avaliar isotermas experimentais com atividade de água de até 0,9%, sendo adequado para mais de 50% de frutas, carnes e vegetais.

Figura 4. Isoterma de adsorção dos pós de pitaya a 25°C



Fonte: Sousa et.al (2019)

Nesta isoterma de adsorção pode-se verificar que a Aw abaixo de 0,3 não exerce influência significativa na umidade de equilíbrio, na curva de 10% de maltodextrina se manteve superior as demais nos modelos de 0,3 a 0,5. Já a curva de 100% se manteve abaixo de todas as outras concentrações.

Além disso, com o modelo GAB, a isoterma se apresenta tipo II sigmoidal, indicando a existência de umidade adsorvida e acentuando o comportamento exponencial para todas as concentrações a partir de aw 0,6, sugerindo que a partir deste valor um pequeno aumento de umidade relativa do ambiente, provoca um aumento considerável na umidade presente no pó comprometendo a qualidade do produto em locais que a umidade relativa seja maior que 60%.

## 5. CONCLUSÃO

É possível concluir, através de estudos citados e analisados nesta revisão e aplicações, que a liofilização vem se mostrando ao longo dos anos uma alternativa eficaz na busca de melhorar a qualidade e conservação de alimentos de origem vegetal, sendo o único processo capaz de preservar sem uso de aditivos as características sensoriais e nutricionais destes alimentos, devido a capacidade de combinar dois métodos importantes de conservação; o congelamento e secagem.

Também se mostra uma boa alternativa para evitar a perda de hortifrutis no pós colheita, já que no Brasil essa taxa percentual ultrapassa 30%, além de apresentar o produto de forma diferenciada e mais atrativa ao consumidor.

Nos últimos anos seu uso vem se difundindo bastante, principalmente em países desenvolvidos, porém ainda tem muito o que crescer pois possui um custo elevado, mas seus benefícios se mostram superiores aos custos.

## 6. REFERÊNCIAS

ARAUJO, Erick Jarles Santos de et al. Avaliação da influência de diferentes condições de liofilização nas características físico químicas e sensoriais do umbu em pó. **Brazilian Journal Of Development**. Curitiba, p. 68815-68821. set. 2020. Disponível em: <https://www.brazilianjournals.com>. Acesso em: 22 mar. 2021.

BRASIL. Resolução ANVISA nº 272 de 22 de setembro de 2005. Regulamento Técnico Para Produtos De Vegetais, Produtos De Frutas E Cogumelos Comestíveis. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 22 set. 2005. Seção 1.

CAVALCANTE, Carlos Eliardo Barros. **SECAGEM DE POLPA DE GRAVIOLA EM SPRAY-DRYER E LIOFILIZADOR: AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS, HIGROSCÓPICAS E MORFOLÓGICAS**. 2016. 110 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Alimentos, Departamento de Engenharia de Alimentos, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2016.

COSTA, Laiana de Oliveira. **OBTENÇÃO DE POLPA DE MANGA EM PÓ PELO PROCESSO DE LIOFILIZAÇÃO**. 2017. 119 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Alimentos, Departamento de Engenharia de Alimentos, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017. Disponível em: <http://repositorio.ufc.br>. Acesso em: 08 mar. 2021.

EMBRAPA. **Agência de Informação Embrapa**. [Home Page]. Disponível em: <https://www.embrapa.br>. Acesso em: 30.mar.2021.

FEITOSA; Regilane Marques et al. Modelos matemáticos na predição do comportamento higroscópico para pó do mix de batata yacon e suco de lima. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, v. 12, n. 2, p. 319-324, jun. 2017. Disponível em: <https://www.researchgate.net/> Acesso em: 07 mar. 2021.

FILHO, Carlos José Alves da Silva. **ESTUDO DA MUCILAGEM DE ABELMOSCHUS ESCULENTUS (L.) MOENCH (QUIABO) E SUAS POTENCIALIDADES NA COMPOSIÇÃO DE FILMES BIODEGRADÁVEIS**. 2017. 53 f. TCC (Graduação) - Curso de Química Bacharelado, Departamento de Química Organica e Inorganica, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017. Disponível em: <http://repositorio.ufc.br>. Acesso em: 09 mar. 2021.

GUERRA, Antonia Mirian Nogueira de Moura et al. Avaliação das principais causas de perdas pós-colheita de hortaliças comercializadas em Santarém, Pará. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Santarém, v. 12, n. 1, p. 32-40, jan. 2017. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es>. Acesso em: 30 mar. 2021.

JUNIOR, Leonardo Balcewicz. **DESENVOLVIMENTO DE LIOFILIZADOR PARA CONSERVAÇÃO DE ALIMENTOS**. 2020. 29 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Desenvolvimento Rural e Sustentável, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2020. Disponível em: <http://tede.unioeste.br/>. Acesso em: 24 fev. 2021.

KÖNIG, Dyonatha Luis. **LIOFILIZAÇÃO APLICADA A PRODUTOS CÁRNEOS AVÍCOLAS.** 2016. 42 f. TCC (Graduação) - Curso de Tecnologia em Alimentos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2016. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br>. Acesso em: 09 mar. 2021.

KOROISHI, Erika Tomie. **ESTUDO DO PROCESSO DE LIOFILIZAÇÃO: APLICAÇÃO PARA SUCO DE LARANJA.** 2005. 156 p. DISSERTAÇÃO (MESTRADO) - UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS, CAMPINAS, 2005. Disponível em: <http://repositorio.unicamp.br/>. Acesso em: 23 mar. 2021.

LIMA, Francisco Jose da Conceição. **SECAGEM DA POLPA DE MURICI (*Byrsonima crassifolia*) E EFEITOS SOBRE COMPOSTOS BIOATIVOS.** 2017. 123 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual Paulista, São José do Rio Preto, 2017. Disponível em: [repositorio.unesp.br](http://repositorio.unesp.br). Acesso em: 22 mar. 2021

MARQUES, Elisabete Coentrão; COSTA, Stella Regina Reis da. **ESTUDO DA LIOFILIZAÇÃO PELA ENGENHARIA DE PRODUTO NO PROCESSAMENTO INDUSTRIAL DE ALIMENTOS.** *Acta Tecnológica*, São Luis, v. 10, n. 1, p. 44-52, jan. 2015. Disponível em: [portaldeperiodicos.ifma.edu.br](http://portaldeperiodicos.ifma.edu.br). Acesso em: 08 mar. 2021.

MARQUES, Luanda Gimeno. **LIOFILIZAÇÃO DE FRUTAS TROPICais.** 2008. 293 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Química, Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2008. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br>. Acesso em: 22 mar. 2021.

MOREIRA, Teresinha B. et al. Comportamento das isotermas de adsorção do pó da polpa de manga liofilizada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, CAMPINA GRANDE, v. 17, ed. 10, p. 1093 - 1098, 2013. Disponível em: <http://www.scielo.br>. Acesso em: 23 mar. 2021.

NAVAS, Juan Sebastián Ramirez, **LIOFILIZACIÓN DE ALIMENTOS**, Universidad del Valle, págs. 1, 2, 25, 26.

OLIVEIRA, Arali da S. et al. Estabilidade da polpa do Cereus jamacaru em pó durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 19, n. 2, p. 147-153, fev. 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br>. Acesso em: 08 mar. 2021.

OPATA, Patricia. **DESIDRATAÇÃO DA POLPA DE GUABIROBA (*Campomanesia xanthocarpa* Berg) POR DIFERENTES PROCESSOS E AVALIAÇÃO DA ESTABILIDADE DOS COMPOSTOS BIOATIVOS PRESENTES.** 2016. 74 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Alimentos, Universidade Federal da Fronteira Sul, Laranjeiras do Sul, 2016. Disponível em: <https://rd.uffs.edu.br/>. Acesso em: 22 mar. 2021.

RIBEIRO, Pedro Francisco Folque de Almeida e Costa. **Processo de Liofilização de Produtos Alimentares Perecíveis.** 2012. 117 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Mecânica, Departamento de Engenharia Mecânica, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Lisboa, 2012. Disponível em: <https://repositorio.ipl.pt>. Acesso

em: 21 fev. 2021.

RODRIGUES, Brena Kelle Moreira. **LIOFILIZAÇÃO DE POLPA DE MANGA (MANGIFERA INDICA L.) c.v TOMMY ATKINS: CONDIÇÕES DE SECAGEM E ESTABILIDADE.** 2017. 139 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Alimentos, Departamento de Engenharia de Alimentos, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017. Disponível em: <http://repositorio.ufc.br>. Acesso em: 08 mar. 2021.

SARDELLA, Larissa Angélica Cirelli Zuanon. **Produção, caracterização e aplicação de extrato de beterraba microencapsulado em matrizes de maltodextrina e amido modificado.** 2016. 132 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual Paulista, São José do Rio Preto, 2016. Disponível em: [repositorio.unesp.br](http://repositorio.unesp.br). Acesso em: 22 mar. 2021.

SILVA, Ranilda N. G. et al. ISOTERMAS DE ADSORÇÃO DE UMIDADE DO UMBU-CAJÁ EM PÓ. **Revista Educação Agrícola Superior**, Campina Grande, v. 30, n. 1, p. 33-36, dez. 2015. Disponível em: <https://www.researchgate.net>. Acesso em: 10 mar. 2021.

SOARES, Cyntia Trevisan. **SECAGEM DA POLPA DE PEQUI POR LIOFILIZAÇÃO.** 2018. 96 p. TESE (DOUTORADO) - UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS, CAMPINAS, 2018. Disponível em: <http://repositorio.unicamp.br>. Acesso em: 23 mar. 2021. SOUSA, Erika Milene Pinto de et al. Estudo higroscópico da polpa em pó do fruto da pitaya (*Hylocereus costaricensis*) em diferentes concentrações de maltodextrina. **Revista de La Facultad de Agronomía**, La Plata, v. 118, n. 2, p. 1-9, set. 2019. Disponível em: <http://sedici.unlp.edu.ar/>. Acesso em: 09 mar. 2021.

TAVARES, Sandra Aparecida et al. CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA MUCILAGEM DE INHAME LIOFILIZADA. **Ciência e Agrotecnologia**, LAVRAS, v. 35, ed. 5, p. 973 - 979, SET/OUT 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br>. Acesso em: 22 mar. 2021.

TURATTI, Maisa Cristina. **AVALIAÇÃO DO DESPERDÍCIO DE FRUTAS E HORTALIÇAS EM UMA REDE DE SUPERMERCADOS DO MUNICÍPIO DE CUIABÁ-MT: UM ESTUDO DE CASO.** 2016. 25 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Alimentos, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso, Cuiabá, 2016. Disponível em: <http://cea.blv.ifmt.edu.br>. Acesso em: 22 mar. 2021.