

UFRRJ

**INSTITUTO DE TECNOLOGIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA
AGRÍCOLA E AMBIENTAL**

DISSERTAÇÃO

**DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO EM PÓ
PROBIÓTICO À BASE DE JUÇARA (*EUTERPE
EDULIS MARTIUS*).**

Diego Renan Sobreiro Falcão Paim

Março/2016



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA E
AMBIENTAL**

**DESENVOLVIMENTO DE UM PRODUTO EM PÓ PROBIÓTICO À
BASE DE JUÇARA (*EUTERPE EDULIS MARTIUS*).**

DIEGO RENAN SOBREIRO FALCÃO PAIM

Sob a Orientação da Professora
Renata Valeriano Tonon

Co-orientação do Professor
Eduardo Henrique Miranda Walter

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências**, no Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental, Área de Concentração em Ciências Agrárias I.

Seropédica, RJ
Março de 2016.

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA E AMBIENTAL**

DIEGO RENAN SOBREIRO FALCÃO PAIM

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências**, no Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental, área de Concentração em Ciências Agrárias I.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM ____/____/____

Renata Valeriano Tonon. *D.Sc.* EMBRAPA
(Orientador)

Eduardo Henrique Miranda Walter *D.Sc.* EMBRAPA
(Co-orientador)

Mônica Marques Pagani *D.Sc.* UFRRJ

Leda Maria Fortes Gottschalk . *D.Sc.* EMBRAPA

Dedico essa conquista
aos meus amados pais, Almir (*in memoriam*) e Jacira,
aos meus padrinhos Ubirajara (*in memoriam*) e Jurema,
ao meu grande amor Rozana.

Com vocês dividi aflições, orações, intenções e sonhos.
Alguns destes sonhos com o tempo se vão, outros, porém tornam-se reais.

A vocês toda a minha conquista,
por vocês toda fé na vida,
para vocês todo meu amor.

AGRADECIMENTOS

Agradeço acima de tudo a Deus. Foi sempre ele que me deu força, fé e entendimento para chegar até aqui. Agradeço pela infinita misericórdia; por sempre guiar meus passos e me fazer entender sua vontade em minha vida.

Minha sincera gratidão a minha esposa Rozana, por todo amor e compreensão nos meus muitos momentos de ausência decorrente da minha dedicação a esse trabalho. Agradeço por apoiar meus sonhos e compartilhar as minhas esperanças.

Agradeço à minha família querida, especialmente aos meus pais, Almir e Jacira, por todo incentivo, apoio e amor incondicional em todos os momentos da minha vida.

Agradeço aos meus irmãos (Hérica Barreto Sobreiro e Ubiratan Barreto Sobreiro), que estão sempre torcendo pela minha felicidade.

Agradeço ao meu amigo, Leilson de Oliveira Ribeiro. Verdadeiros amigos são como estrelas, nem sempre os vemos, mas sabemos que sempre estarão lá.

Obrigado a todos os meus colegas de bancada, Aline Cascaes, Thaís Caldas, Lucas Paiva, Fernando Bergara, Lívia Constant, Gabriela Nunes e André Souza pela ajuda, convivência, pelas conversas, pelas risadas e conselhos.

Meus sinceros agradecimentos à Professora Renata Valeriano Tonon, pela amizade, orientação, carinho, paciência e tempo despendido no decorrer desse trabalho. Levarei comigo seus preciosos ensinamentos.

Agradeço a CAPES, a EMBRAPA e ao PGEAAmb (Programa de Pós Graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental), pelo suporte financeiro e pela oportunidade enriquecedora de um Mestrado na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

Obrigado a todos os meus amigos do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental, pela convivência, pelas conversas, pelas risadas e conselhos.

Agradeço ao Técnico Sérgio Macedo Pontes do Laboratório de Secagem da Embrapa Agroindústria de Alimentos, por toda disponibilidade e boa vontade em me ensinar a utilizar o *Spray dryer*.

Por fim quero agradecer o imenso crescimento pessoal e profissional que este Mestrado me proporcionou. Agradeço por cada obstáculo que ultrapassei e que me fez mais forte. Agradeço pelas alegrias e tristezas, que se transformaram em força e aprendizado.

RESUMO

Paim, Diego Renan Sobreiro Falcão **DESENVOLVIMENTO DE UM PRODUTO EM PÓ PROBIÓTICO À BASE DE JUÇARA (*EUTERPE EDULIS MARTIUS*)**. 2016. 55 p
Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola e Ambiental, Ciências Agrárias I). Instituto de Tecnologia - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2016.

Este trabalho teve como objetivo a obtenção de um produto em pó probiótico à base de juçara, cuja palmeira vem sendo ameaçada de extinção devido à prática indiscriminada do extrativismo do palmito e, nesse sentido, agregar valor a esse fruto é uma proposta, na tentativa de preservar a espécie. Inicialmente, a polpa de juçara adicionada do microrganismo probiótico *Bifidobacterium* spp. lactis foi submetida ao processo de secagem por atomização (*spray drying*), que promoveu sua microencapsulação. Nesta primeira etapa, foram avaliados diferentes tipos e combinações de agentes carreadores, totalizando quatro formulações: maltodextrina, maltodextrina + inulina (1:1), maltodextrina + oligofrutose (1:1) e maltodextrina + inulina + oligofrutose (2:1:1). As amostras produzidas com as diferentes formulações foram caracterizadas em relação à contagem de microrganismos viáveis, fenólicos totais, antocianinas, atividade antirradical ABTS⁺, densidade, porosidade, higroscopicidade e tamanho de partículas. As amostras produzidas com maltodextrina + inulina (1:1) foram as que apresentaram os melhores resultados, sendo selecionadas para o posterior estudo de estabilidade. Nesse estudo, as amostras foram produzidas também por liofilização, a fim de se comparar os processos. O produto em pó produzido pelos dois processos foi estocado a diferentes temperaturas (7 e 35°C) e avaliado periodicamente, durante 60 dias. Os resultados mostraram que as amostras estocadas a 7°C apresentaram contagem de microrganismos superior a 10⁷ UFC/g após 60 dias de estocagem, podendo ser consideradas probióticas, enquanto as amostras armazenadas a 35°C apresentaram contagem inferior a 10⁴ UFC/g a partir de 30 dias. As amostras produzidas por liofilização apresentaram maior contagem quando comparadas às produzidas por atomização, a partir de 30 dias de estocagem. Em relação ao teor de fenólicos e à atividade antirradical, as amostras apresentaram comportamentos muito semelhantes entre si.

Palavras-chave: Juçara, *Euterpe edulis*, Spray Dryer, Liofilizador.

ABSTRACT

This study aimed to obtain a product in probiotic powder to juçara base, whose palm is being threatened with extinction due to indiscriminate practice of palm heart extraction and, in this sense, add value to this fruit is a proposal in an attempt to preserve the species. Initially, juçara pulp added probiotic microorganism *Bifidobacterium* spp. *lactis* was subjected to drying by spray drying (spray drying), which promoted a microencapsulation. In this first step, different types and combinations of carriers agents were evaluated, totaling four formulations: maltodextrin, maltodextrin + inulin (1:1), maltodextrin + oligofructose (1:1) and maltodextrin + inulin + oligofructose (2:1:1). The samples produced with different formulations were characterized in relation to the viable cell count, phenolics, anthocyanins, ABTS + antiradical activity, density, porosity, particle size and hygroscopicity. The samples produced with maltodextrin + inulin (1: 1) showed the best results, being selected for further stability study. In this study, samples were also produced by freeze drying, in order to compare the processes. The powders produced by the two processes were stored at different temperatures (7 and 35 ° C) and evaluated periodically for 60 days. Results showed that the samples stored at 7°C showed microorganism cell count higher than 10^7 CFU/g after 60 days of storage, being considered as probiotic products, whereas samples stored at 35°C showed cell counts lower than 10^4 CFU/g after 30 days. The samples produced by freeze drying showed higher viable cell counts compared to those produced by spray drying, after 30 days of storage. Regarding the phenolic content and antiradical activity, the samples showed a very similar behavior to each other.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição das formulações dos agentes carreadores utilizados na elaboração do produto probiótico em pó.....	21
Tabela 2 - Composição físico-química e centesimal média da polpa de juçara integral e filtrada (1º lote).....	26
Tabela 3 - Avaliação físico-química e microbiológica média das partículas obtidas com as diferentes formulações utilizando o 1º lote de polpa de juçara.....	28
Tabela 4 - Determinação da densidade solta, batida e da porosidade dos ensaios.	33
Tabela 5 - Determinação da Higroscopicidade das formulações.	34
Tabela 6 - Composição físico-química e centesimal da polpa de juçara filtrada (2º lote).	37
Tabela 7 - Caracterização das amostras obtidas por spray drying e por liofilização.....	38
Tabela 8 – Caráter higroscópico e tamanho de partícula das amostras obtidas por Spray Drying e por Liofilização.....	41
Tabela 9 - Contagem de Bifidobactérias viáveis nas formulações Atomizada e Liofilizada ao longo do tempo de estocagem.	41
Tabela 10 - Concentração de fenólicos totais nas formulações Atomizada e Liofilizada ao longo do tempo de estocagem.	42
Tabela 11 - Avaliação da Atividade Antirradical ABTS+ na formulação Atomizada e Liofilização ao longo do tempo de estocagem em base seca.	43

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Palmeira juçara (<i>Euterpe edulis</i>): (A) – Copa da palmeira; (B) – Raízes da palmeira; (C) – Inflorescência de <i>Euterpe edulis</i> ; (D) – Frutos em duas fases de maturação; (E) – Frutos maduros e (F) – Sementes após despulpamento. Fonte: Garbin (2011).	4
Figura 2 - Estrutura molecular das antocianidinas ou agliconas.	10
Figura 3 - Estrutura química do polímero de inulina. O número de moléculas de frutose pode variar entre 10 e 60 unidades. Fonte: Oliveira (2004).	16
Figura 4 – Processo de centrifugação da polpa integral de juçara.....	19
Figura 5 - Mini spray dryer LabPlant SD-06 (Huddersfield, Reino Unido).....	21
Figura 6 – Produto atomizado e embalado em embalagem laminada.	25
Figura 7 – Quantificação dos compostos fenólicos totais obtidos a partir das formulações em (mg ácido gálico/100g).....	29
Figura 8 - Quantificação das Antocianinas Totais das formulações em (mg/100g).....	30
Figura 9 – Avaliação da Atividade Antirradical ABTS ⁺ das formulações medidas em (μmol Trolox/g).	31
Figura 10 - Contagem de Bifidobactérias das formulações medidas em (log UFC/g).....	32
Figura 11 - Avaliação da higroscopicidade dos produtos das formulações ao longo do tempo.....	35
Figura 12 - Gráfico de dispersão dos tamanhos de partícula dos produtos obtidos no estudo.	36
Figura 13 - Avaliação da higroscopicidade da formulação 2 processada no <i>Spray Dryer</i> e no Liofilizador.....	39
Figura 14 - Gráfico de dispersão dos tamanhos de partícula dos produtos obtidos no spray dryer e no liofilizador.	40

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	3
2.1. OBJETIVO GERAL	3
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
3. REVISÃO DE LITERATURA	3
3.1. JUÇARA	3
3.2. COMPOSTOS FENÓLICOS	6
<i>3.2.1. Compostos fenólicos em juçara: propriedade funcional</i>	<i>6</i>
3.3. ANTOCIANINAS	8
3.4. ANTIOXIDANTES	8
<i>3.4.1. Estrutura química e propriedade antioxidante das antocianinas</i>	<i>9</i>
3.5. RADICAIS LIVRES	10
3.6. MICROENCAPSULAÇÃO	11
<i>3.6.1. Microencapsulação por Spray dryer</i>	<i>12</i>
<i>3.6.2. Microencapsulação por Liofilização</i>	<i>12</i>
3.7. MATERIAL DE PAREDE	13
<i>3.7.1. Maltodextrina</i>	<i>14</i>
<i>3.7.2. Inulina e Oligofrutose</i>	<i>15</i>
3.8. PROBIÓTICOS	17
3.9. PREBIÓTICOS	18
4. MATERIAL E MÉTODOS	19
4.1. MATERIAL	19
<i>4.1.1. Matéria-prima</i>	<i>19</i>
<i>4.1.2. Cultura probiótica</i>	<i>20</i>
<i>4.1.3. Agentes carreadores</i>	<i>20</i>
4.2. PREPARO DAS CULTURAS PROBIÓTICAS	20
4.3. OBTENÇÃO DO PRODUTO PROBIÓTICO EM PÓ	20
4.4. CONTAGEM DE MICRORGANISMOS	22
4.5. ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS E DE COMPOSIÇÃO CENTESIMAL DOS PRODUTOS EM PÓ	22
<i>4.5.1. pH</i>	<i>22</i>
<i>4.5.2. Sólidos Totais</i>	<i>23</i>
<i>4.5.3. Acidez Total Titulável</i>	<i>23</i>
<i>4.5.4. Composição Centesimal</i>	<i>23</i>
<i>4.5.5. Teor de Sólidos Solúveis</i>	<i>23</i>
<i>4.5.6. Atividade de água</i>	<i>23</i>
<i>4.5.7. Densidade e porosidade</i>	<i>23</i>
<i>4.5.8. Higroscopicidade</i>	<i>24</i>
<i>4.5.9. Teor de antocianinas e compostos fenólicos</i>	<i>24</i>
<i>4.5.10. Capacidade antioxidante</i>	<i>24</i>
<i>4.5.11. Tamanho de Partícula</i>	<i>24</i>
4.6. ESTUDO DA ESTABILIDADE	25
4.7. ANÁLISE ESTATÍSTICA	25
5. RESULTADOS	25
5.1. CARACTERIZAÇÃO DA MATÉRIA-PRIMA	25
5.2. AVALIAÇÃO DAS FORMULAÇÕES OBTIDAS ESTUDO	27
5.3. DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE E POROSIDADE DOS PÓS-OBTIDOS	33

5.4. HIGROSCOPICIDADE.....	34
5.5. DISTRIBUIÇÃO DO TAMANHO DE PARTÍCULA	36
5.6. SELEÇÃO DA MELHOR FORMULAÇÃO	37
5.7. ESTUDO DE ESTABILIDADE	37
<i>5.7.1. Estabilidade à estocagem.....</i>	<i>40</i>
6. CONCLUSÕES.....	44
7. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	44
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	46

1. INTRODUÇÃO

O crescente interesse dos consumidores por alimentos benéficos à saúde tem incentivado as pesquisas voltadas para o desenvolvimento dos chamados “alimentos funcionais”. Esta preocupação crescente tem levado a indústria alimentícia a desenvolver novas linhas de produtos, com características nutricionais especiais. Dentre os alimentos funcionais, os probióticos vêm se destacando pelos benefícios promovidos à flora intestinal de quem os consome (OZEN; PONS; TUR, 2012).

Em geral, os probióticos são incorporados em produtos lácteos, como iogurtes, leites fermentados, entre outros. No entanto, estes produtos nem sempre representam uma boa opção de consumo, devido ao seu teor de lactose e de colesterol, o que pode comprometer a saúde de consumidores com intolerância ou com níveis alterados de tais compostos. (HEENAN *et al.*, 2004). Nesse sentido, o desenvolvimento de sucos de frutas adicionados de probióticos representa uma opção de diversificação de produtos para a indústria, como alternativa aos produtos lácteos convencionais. O desenvolvimento de sucos de frutas adicionados de probióticos em pó (no caso de frutas muito perecíveis) também é uma opção de diversificação de produtos para a indústria, apresentando como vantagens o volume reduzido, maior vida útil, facilidade de manuseio, transporte e armazenamento.

O processo normalmente utilizado na produção de sucos de fruta em pó é a secagem por atomização, conhecida também como *spray drying*. Trata-se de um processo econômico e flexível, realizado em um equipamento de fácil manipulação, que consiste na atomização do líquido em um compartimento que recebe um fluxo de ar quente, de modo que a rápida evaporação da água permite manter baixa a temperatura das partículas. Dessa forma, permite a secagem de produtos sensíveis ao calor, sem afetar demasiadamente sua qualidade (RÉ, 1998). Quando aplicado em sucos de frutas, este processo geralmente exige a adição de agentes carreadores com a finalidade de reduzir a pegajosidade do produto e, conseqüentemente, sua aderência às paredes do secador (BHANDARI *et al.*, 1997).

A secagem por atomização também é o método mais comumente utilizado na indústria para a microencapsulação de ingredientes e compostos bioativos, sendo aplicada em microrganismos probióticos com o intuito de melhorar sua estabilidade ao processamento e armazenamento, protegendo-os contra condições ambientes adversas (BUSTOS & BÓRQUEZ, 2013; JANTZEN, *et al.*, 2013). Nesse caso, os agentes carreadores agem como

agentes encapsulantes, formando uma matriz polimérica, na qual os microrganismos a serem protegidos ficam “aprisionados”.

Alguns trabalhos vêm avaliando o uso de prebióticos como agentes encapsulantes na secagem dos microrganismos probióticos, visando aumentar sua taxa de sobrevivência tanto ao processo de secagem como à estocagem (FRITZEN-FREIRE *et al.*, 2012, RODRÍGUEZ-HUEZO *et al.*, 2007). Os prebióticos são componentes alimentares não digeríveis que afetam benéficamente o hospedeiro, por estimularem seletivamente a proliferação ou atividade de populações de bactérias desejáveis no cólon (WANG, 2009).

Estudos recentes vêm analisando a mistura de *berries* (frutas vermelhas) com microrganismos probióticos, e seu efeito contra doenças uropatogênicas e urogenitais (ANEKELLA & ORSAT, 2013). Segundo Reid (2002), algumas antocianinas podem auxiliar na modulação do sistema imunológico quando combinadas com probióticos. Além disso, segundo Chiou e Langrish (2007) as fibras dietéticas presentes nessas frutas, que possuem boas propriedades de absorção, podem atuar como potenciais agentes carreadores/encapsulantes, assim como agentes prebióticos.

A juçara é um fruto oriundo da palmeira *Euterpe edulis Martius*, originária da Mata Atlântica e encontrada principalmente nos estados do sul e sudeste brasileiro. Essa palmeira vem sendo ameaçada de extinção devido à prática indiscriminada do extrativismo do palmito e à redução da área composta pelo bioma. Dessa forma, a utilização dos frutos da juçara para obtenção de produtos alimentícios constitui uma alternativa frente à exploração do palmito, que, além de agregar valor à fruta, pode contribuir para a preservação deste importante componente da biodiversidade da Mata Atlântica. Estudos vêm demonstrando que o fruto da juçara, ainda pouco conhecido e pouco consumido, apresenta composição química e teores de antocianinas e polifenóis muito semelhantes ao açaí proveniente da região amazônica (BORGES *et al.*, 2011),

A elevada quantidade de compostos fenólicos, como as antocianinas, presentes no açaí, tem levado empresas estrangeiras (Life Dynamics, Physician Formulas, Sambazon, entre outras) a produzirem cápsulas de extrato de açaí, comercializadas com apelo funcional, devido principalmente à sua elevada capacidade antioxidante. Além disso, em países como os Estados Unidos, já é possível encontrar em farmácias cápsulas contendo probióticos com aromas de “berries” (Probiotic Complex / GNC Probiotics) e ainda probióticos combinados com açaí (Good Natural Açaí Daily Cleanse / Bio Plus). Atualmente, é comum também em lojas voltadas para atletas, encontrar suplementos alimentares à base de maltodextrina, com

sabor açaí e guaraná (Maltodextrin / Athletica, Carbextreme / Rednose, Mega Maltodextrin / Probiótica).

Diante do exposto, pretendeu-se com este projeto desenvolver um produto probiótico em pó à base de juçara utilizando como agentes carreadores maltodextrina adicionada ou não dos prebióticos inulina e oligofrutose. Para tanto, inicialmente foram avaliadas diferentes concentrações de agentes carreadores, visando garantir uma alta taxa de sobrevivência dos microrganismos ao processo de secagem por atomização e uma boa retenção de compostos fenólicos. Após selecionadas as melhores concentrações dos agentes carreadores, foi feito um estudo de estabilidade à estocagem sob duas temperaturas. Neste estudo, além do processo de secagem por atomização, o produto também foi seco por liofilização, para fins de comparação.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Este projeto teve como objetivo geral obter um produto em pó probiótico à base de juçara.

2.2. Objetivos específicos

- Avaliar o emprego de diferentes tipos e concentrações de agentes carreadores na secagem por *spray drying* do suco de juçara adicionado de probióticos;
- Caracterizar os produtos em pó obtidos em relação à contagem de microrganismos viáveis, e às suas propriedades físico-químicas (atividade de água, higroscopicidade, densidade, porosidade, teor de antocianinas, compostos fenólicos e capacidade antioxidante);
- Estudar a estabilidade do produto em pó obtido por *spray drying* ou por liofilização, sob duas temperaturas, em relação à contagem de microrganismos viáveis, compostos fenólicos e capacidade antioxidante, quando estocado em embalagens metalizadas compostas de poliéster e polietileno.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Juçara

A espécie *Euterpe edulis*, conhecida também como juçara, içara, palmito doce, ripa ou palmitero, é uma palmeira de caule ereto e único, delgado e cilíndrico, que pode alcançar de 20 a 25 metros de altura. Entre o término do tronco e a parte onde nascem as folhas, há uma

seção verde, mais grossa que o tronco, formada pela base do conjunto de folhas (Figura – 1A). Segundo Borges (2013), é dentro desta seção que se encontra a parte comestível da palmeira. No ápice encontra-se um tufo de folhas alternas de cor verde-oliva a verde-escuro, em número de 8 a 15, de 1,5 a 3 m de comprimento, que se destacam com facilidade da planta. Cada folha tem de 38 a 70 unidades (pinas) de cada lado, regularmente distribuídas ao longo do eixo central (raque). Na base do estipe encontra-se um cone visível de raízes de cor marrom até vermelho (Figura – 1B).



Figura 1 - Palmeira juçara (*Euterpe edulis*): (A) – Copa da palmeira; (B) – Raízes da palmeira; (C) – Inflorescência de *Euterpe edulis*; (D) – Frutos em duas fases de maturação; (E) – Frutos maduros e (F) – Sementes após despulpamento. Fonte: Garbin (2011).

Cada palmeira produz de 1 a 5 inflorescências que são intrafoliares e mais ou menos horizontais quando abrem as flores. As inflorescências, do tipo panícula, possuem flores pequenas em tríade (uma flor feminina e duas masculinas) (Figura – 1C). Os cachos são formados por centenas de frutos que são fibrosos e globosos com 1 a 1,4 cm de diâmetro, do tipo drupa (PACHECO-PALENCIA *et al.*, 2009).

Durante o desenvolvimento do fruto a casca é verde, passando de verde a roxa ou preta quando madura (Figura – 1D). O mesocarpo carnoso se encontra entre a casca (epicarpo) e o endocarpo (coquinho). O endocarpo é lenhoso, envolvendo completamente a semente; quando

imaturo é facilmente rompido, adquirindo consistência dura quando o fruto apresenta cor roxa em seu exterior (Figura – 1E). O fruto de juçara maduro apresenta propriedades sensoriais e nutritivas similares aos frutos de açaí (*Euterpe oleracea*, *Euterpe precatória*) (SILVA, BARRETO e SERÔDIO, 2004). No fruto já despulpado, o endocarpo solta fibras (Figura – 1F).

A espécie foi amplamente explorada durante muitos anos para a extração do palmito, representando uma fonte de renda nos estados em que as palmeiras são encontradas. Porém, para a extração do palmito, é necessário o corte da palmeira, que vem dessa forma sendo ameaçada de extinção. Nesse sentido, alternativas de agregação de valor a esse fruto vêm sendo propostas, na tentativa de preservar a espécie.

Nos últimos anos, os frutos de juçara vêm sendo estudados em relação a sua similaridade aos frutos de açaí. Os frutos de juçara estão sendo utilizados para produção de uma bebida popularmente chamada de polpa de juçara, ou até mesmo de açaí, como uma alternativa aos agricultores nos Estados do Sul.

Euterpe edulis é uma espécie encontrada na floresta ombrófila densa, sendo seu principal habitat ao longo da costa Atlântica. Sua distribuição geográfica vai desde o Rio Grande do Norte, Paraíba, Alagoas, Pernambuco, Sergipe, Bahia, Distrito Federal, Goiás, Minas Gerais, Espírito Santo, Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, e no nordeste da Argentina e Sudeste do Paraguai, em florestas tropicais entre o nível do mar e até 1.000 metros de altitude (HENDERSON, 2000)

A exploração dos frutos de juçara é uma forma de conciliar a proteção ambiental e o rendimento econômico de modo racional e mais equilibrado, uma atividade de utilização de produto florestal não madeireiro, o qual contribui para a conservação do bioma ameaçado. Assim, a palmeira neste sistema não é cortada para a colheita, como ocorre com a produção de palmito.

Considerando as possibilidades de ampliação do setor de fruticultura, vê-se a possibilidade de expansão de sua cultura no Brasil, especificamente no “bioma Mata Atlântica”, como uma nova fonte de renda para a agricultura familiar, visando a exploração dos frutos como fonte potencial de compostos bioativos para uma diversidade de aplicações na indústria alimentícia, farmacêutica e cosmética. Desta forma o extrativismo da palmeira para a extração do palmito, em algumas situações de forma clandestina, pode dar lugar à exploração dos frutos como fonte de renda sustentável.

3.2. Compostos Fenólicos

Os compostos fenólicos são originados do metabolismo secundário das plantas, sendo essenciais para o seu crescimento e reprodução, além disso, se formam em condições de estresse, como infecções, ferimentos, radiações UV, dentre outros (NACZK, 2004). São encontrados largamente em plantas e são um grupo muito diversificado de fitoquímicos derivados de fenilalanina e tirosina. Os fenólicos, em plantas, são essenciais no crescimento e reprodução dos vegetais, além de atuarem como agente antipatogênico e contribuírem na pigmentação (SHAHIDI, 1995). Em alimentos, são responsáveis pela cor, adstringência, aroma (PELEG *et al.*, 1998) e estabilidade oxidativa (NACZK, 2004). Quimicamente, os fenólicos são definidos como substâncias que possuem anel aromático com um ou mais substituintes hidroxílicos, incluindo seus grupos funcionais (LEE *et al.*, 2005). Possuem estrutura variável e com isso, são multifuncionais. Existem cerca de cinco mil fenóis, dentre eles, destacam-se os flavonóides, ácidos fenólicos, fenóis simples, cumarinas, taninos, ligninas e tocoferóis (SHAHIDI, 1995).

3.2.1. Compostos fenólicos em juçara: propriedade funcional

Há mais de duas décadas, frutos do gênero *Euterpe* tem sido objeto de considerável interesse científico e terapêutico por apresentar alto teor de compostos fenólicos e grande capacidade antirradical livre. Na literatura, os primeiros estudos são reportados por Iaderoza *et al.* (1992), que realizaram a extração de antocianinas a partir dos frutos de *Euterpe oleracea* e *Euterpe edulis*. Estes autores mostraram que o conteúdo em antocianinas totais dos frutos do palmitero (*Euterpe edulis*) é quatro vezes superior ao do açazeiro (*Euterpe oleracea*) do norte do Brasil, e relataram a presença de cianidina 3-glicosídeo e cianidina 3-rutinosídeo como as principais antocianinas em ambas as espécies, entretanto, não quantificaram cada uma delas. Esses resultados foram corroborados por Harborne *et al.* (1994), que identificaram a cianidina-3-glucosídeo e cianidina-3-rutinosídeo, como as duas principais antocianinas em frutos de *Euterpe edulis*. Bobbio *et al.* (2000) determinaram o teor de antocianinas totais em frutos de *Euterpe oleracea* (263 mg/100g de polpa) e identificaram cianidina-3-arabinosídeo e cianidina-3-arabinosil-arabinosídeo como as duas principais antocianinas dos frutos do açaí por meio de cromatografia líquida de alta eficiência.

Um estudo utilizando sistema HPLC-PDA-MS/MS identificou cinco antocianinas em frutos de açaí (*Euterpe oleracea*) liofilizado: cianidina 3-sambubiosídeo (40 mg/100 g), cianidina 3-glicosídeo (117 mg/100 g), cianidina 3-rutinosídeo (193 mg/100 g), peonidina-3-glucosídeo (20 mg/100 g) e peonidina-3-rutinosídeo (40 mg/100 g), sendo o conteúdo total de antocianinas de 319 mg/100 g de açaí liofilizado (SCHAUSS *et al.*, 2006). Utilizando

metodologia similar, Brito *et al.*(2007) relataram seis antocianinas em frutos liofilizados de juçara (*Euterpe edulis*): cianidina 3-sambubiosídeo (13 mg/100 g), cianidina 3-glicosídeo (1358 mg/100 g), cianidina 3-rutinosídeo (1565 mg/100 g), pelargonidin 3-glicosídeo (8 mg/100 g), pelargonidin 3-rutinosídeo (5 mg/100 g) e cianidina 3-ramnosídeo (7 mg/100 g), totalizando 2956 mg/100 g de polpa de juçara liofilizada.

Borges *et al.*, (2011) avaliando o conteúdo em antocianinas totais de juçara provenientes de cinco diferentes regiões de Santa Catarina (Barra Velha, Garuva, Luís Alves, Parque e Urussanga), encontraram valores que variaram de 14,84 a 409,85 mg cianidina 3-glicosídeo/100 g de fruto fresco. Os autores afirmam ainda que a radiação solar teve um efeito positivo sobre a síntese de antocianinas, já que os frutos colhidos no verão apresentaram maior conteúdo de antocianinas e maior capacidade antioxidante que os frutos colhidos no inverno.

Dados da literatura demonstram importante ação antioxidante do açaí, e sinalizam as possibilidades de classificá-lo como um alimento funcional. De acordo com Del Pozo-Insfran, Brenes e Talcott (2004), as antocianinas são os componentes que mais contribuem para a ação antioxidante do açaí. Utilizando o índice ORAC (acrônimo para Oxygen Radical Absorbance Capacity, ou capacidade de absorção do radical oxigênio), estes autores encontraram atividade antioxidante (48,6 µmol de atividade antioxidante equivalentes a Trolox (TEAC)/g) superior a outras frutas como morango (18,3 a 22,9 µmol TEAC/g), framboesa (19,2 a 22,6 µmol TEAC/g) e amora (13,7 a 25,1 µmol TEAC/g).

O potencial dos flavonóides em reduzir a ocorrência de doenças cardiovasculares e câncer é normalmente explicado pelos efeitos biológicos como antioxidantes (FIANDER e SCHNEIDER, 2000; DISILVESTRO, 2001), antiestrogênicos (MIKSICEK, 1995) e inibidores da proliferação celular (KUNTZ, WENZEL e DANIEL, 1999; WENZEL *et al.*, 2000).

Os efeitos benéficos dos compostos fenólicos encontrados em frutos de *Euterpe edulis* têm sido associados ao aumento do potencial antirradical livre no plasma e na proteção vascular do organismo humano. A polpa de açaí demonstrou importante papel como inibidor das enzimas mediadoras de processos inflamatórios e cancerígenos em células cerebrais de ratos (POULOSE *et al.*, 2012).

3.3. Antocianinas

Antocianinas (do grego “anthos” que significa flor e “kianos” que significa azul) são pigmentos vegetais importantes, pertencentes à classe de compostos fenólicos chamados coletivamente de flavonoides (KONG *et al*, 2003). Elas pertencem à categoria de metabólitos secundários, estando presentes em frutos com espectro de cor que varia do vermelho ao azul, hortaliças escuras e cascas de uvas escuras (DOWHANM, 2000). A função mais importante das antocianinas nas plantas é a sua capacidade de conferir cor à vegetais. Desta forma, desempenham um importante papel na atração de animais para polinização e dispersão de sementes. Juntamente com outros flavonóides, desempenham papel na resistência de plantas ao ataque de pragas, podendo agir como antioxidantes, fitoalexinas ou como agentes antibacterianos. A estrutura fenólica das antocianinas confere atividade antioxidante através de doação ou transferência de elétrons dos átomos de hidrogênio. Vários estudos têm demonstrado os efeitos benéficos a saúde, por suas propriedades antioxidantes, (MARTINEZ *et al*, 2002; KUSKOSKI *et al*, 2004; QIN *et al*, 2009; WANG *et al*, 1999) com um significativo papel na prevenção de várias doenças.

3.4. Antioxidantes

Antioxidantes são compostos que podem retardar ou inibir a oxidação de lipídios ou outras moléculas, evitando o início ou propagação das reações em cadeia de oxidação. A atividade antioxidante de compostos fenólicos é principalmente devida às suas propriedades de oxirredução, as quais podem desempenhar um importante papel na absorção e neutralização de radicais livres, quelando o oxigênio triplete e singlete ou decompondo peróxidos (SOUZA, 2013).

Diversos estudos demonstram que o consumo de substâncias antioxidantes na dieta diária pode produzir uma ação protetora efetiva contra os processos oxidativos que naturalmente ocorrem no organismo. Foram descobertas uma série de doenças, entre as quais câncer, aterosclerose, diabetes, artrite, malária, doenças do coração, que podem estar ligadas aos danos causados por formas de oxigênio extremamente reativas denominadas de “espécies reativas oxigenadas” ou simplesmente ERO. Estas substâncias também estão ligadas com processos responsáveis pelo envelhecimento do corpo. Os mecanismos endógenos de defesa (ou mediadores de redox tais como: superóxido dismutase, catalase, peroxidase e metaloproteínas) podem ser auxiliadas favoravelmente com a introdução de antioxidantes por meio da dieta (BORGES, 2013; SOUZA, 2013; BICUDO, 2014).

Células e tecidos estão constantemente sofrendo agressões devido à ação de radicais livres e espécies reativas do oxigênio, os quais são produzidos durante o metabolismo normal de oxigênio ou são induzidos por danos exógenos. Estudos sugerem que um consumo elevado de alimentos ricos em antioxidantes naturais, aumenta a capacidade antioxidante do plasma e reduz o risco de alguns tipos de câncer, doenças cardíacas e acidentes vasculares (MARTINEZ *et al*, 2002; PRIOR, 2003; GALVANO *et al*, 2007).

3.4.1. Estrutura química e propriedade antioxidante das antocianinas

As antocianinas são glicosídeos de derivados polihidroxi e polimetoxi de 2-fenilbenzopirílio ou íon flavílico. São componentes do grupo dos flavonóides.

São moléculas polares, em função dos grupos substituintes polares (hidroxilas, hidrogênio e metoxilas) e glicosilas ligados aos anéis aromáticos. Com isso, são solúveis em água. Na natureza, encontram-se associadas a moléculas de açúcares e quando livres destes açúcares são denominadas antocianidinas ou agliconas (Figura 2), sendo estas raramente encontradas em material fresco de plantas. Esta forma livre é quimicamente mais instável que a heterosídica. Existem mais de 17 tipos de agliconas na natureza, mas apenas seis delas têm distribuição mais frequente, sendo elas: cianidina, delphinidina, petunidina, peonidina, pelargonidina e malvidina. Mais de 600 ocorrências naturais de antocianinas já foram relatadas (WU *et al*, 2006). Os açúcares mais comuns presentes nas antocianinas são glicose, galactose, ramnose, xilose e arabinose. O número de açúcares na estrutura pode variar, assim como sua posição de ligação na molécula (ZUAZZI, JAS, MONTANHA, JAS, 2003). A ocorrência primária na natureza das antocianinas é na forma glicosídica ou acilglicosídica com a respectiva antocianidina ou aglicona.

As antocianinas são compostos reativos devido ao seu estado iônico, apresentando também uma grande sensibilidade a mudanças de temperatura e pH. São doadores efetivos de hidrogênio. Sua capacidade antioxidante é regulada por diferenças na estrutura química. Variando a posição e os grupos químicos nos anéis aromáticos, a capacidade de aceitar elétrons desemparelhados das moléculas de radicais livres também varia (PRIOR, 2003). O potencial antioxidante das antocianinas também é dependente do número e posição dos grupos hidroxilas e sua conjugação, assim como da presença de elétrons doadores no anel da estrutura, devido a capacidade que o grupo aromático possui de suportar o desemparelhamento de elétrons (KUSKOSKI *et al*, 2004).

A cianidina-3-glicosídeo e cianidina-3-rutinosídeo, são as antocianinas predominantes na Juçara.

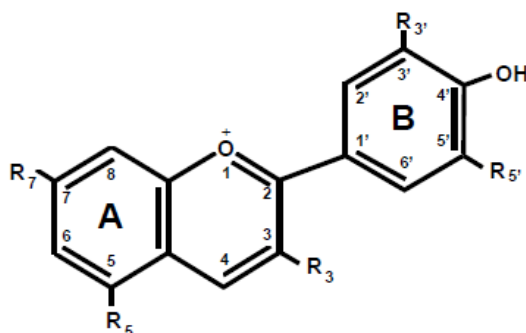


Figura 2 - Estrutura molecular das antocianidinas ou agliconas.

3.5. Radicais Livres

As camadas eletrônicas de um elemento químico são denominadas K, L, M e N, e seus subníveis, s, p, d, f. De maneira simples, o termo radical livre refere-se ao átomo ou molécula altamente reativo, que contém número ímpar de elétrons em sua última camada eletrônica. Este não emparelhamento dos elétrons da última camada confere alta reatividade a esses átomos ou moléculas, podendo atrair mediadores inflamatórios, contribuindo para uma resposta inflamatória generalizada e dano tecidual (COSTA *et al*, 2013). Como em sua maioria são derivados do metabolismo do O₂, costuma-se utilizar a expressão “espécies reativas de oxigênio” (ERO).

Em condições fisiológicas do metabolismo celular aeróbio, o O₂ sofre redução tetravalente, com aceitação de quatro elétrons, resultando na formação de H₂O. Durante esse processo são formados intermediários reativos, como os radicais superóxido (O²⁻), hidroperoxila (HO₂.) e hidroxila (OH.), e o peróxido de hidrogênio (H₂O₂). Normalmente, a redução completa do O₂ ocorre na mitocôndria, e a reatividade destas espécies é neutralizada com a entrada dos quatro elétrons (FERREIRA e MATSUBARA, 2014).

Como elementos de combate a oxidação, o organismo conta com as enzimas superóxido dismutase, glutathione peroxidase, catalase e compostos antioxidantes como os compostos fenólicos, ácido ascórbico, tocoferóis e carotenóides. Quando a produção dos radicais excede a capacidade antioxidante do organismo, estas espécies de radicais atacam lipídios, proteínas e DNA, desestabilizando a integridade estrutural e função das membranas celulares, enzimas e material genético (COSTA *et al*, 2013). O aumento da produção de espécies reativas de oxigênio resulta em consumo dos componentes endógenos antioxidantes, podendo os compostos como a antocianina ter efeito aditivo a capacidade carreadora dos radicais.

A atividade antirradical livre pode ser expressa por meio de vários parâmetros, incluindo a remoção de um radical peroxil (ORAC - oxygen radical absorbance capacity, TRAP – total reactive antioxidant potential), a capacidade de redução de metal (FRAP - ferric

reducing antioxidant power, CUPRAC - cupric ion reducing antioxidant capacity), a capacidade de remoção de radical orgânico (ABTS - 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid), DPPH - peroxidação do 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) e a quantificação de produtos formados durante a peroxidação de lipídeos (TBARS, a oxidação do LDL, co-oxidação do β -caroteno)³. Os métodos FRAP, ABTS, DPPH e ORAC são mais utilizados para determinar a atividade antirradical livre *in vitro* de materiais alimentícios (SUCUPIRA, 2012). Para o presente estudo a técnica mais adequada para determinar a atividade antirradical livre é a do ABTS.

3.6. Microencapsulação

A microencapsulação pode ser definida como a tecnologia de recobrir partículas ou pequenas gotas de material líquido ou gasoso, formando cápsulas em miniatura, as quais podem liberar seu conteúdo em taxas controladas e/ou sob condições específicas.

Os propósitos gerais da microencapsulação consistem na possibilidade de fazer um líquido comportar-se como sólido, separar materiais reativos, reduzir a toxicidade do material ativo, controlar a liberação do material, reduzir volatilidade de líquidos, mascarar gosto de componentes amargos, aumentar a *shelf-life* e proteger contra a luz, água, e calor (FÁVARO-TRINDADE *et al.*, 2008; MIRZAEI *et al.*, 2012).

As microcápsulas podem apresentar tamanho na faixa de frações de micron até vários milímetros, possuindo diferentes formas, dependendo dos materiais e métodos utilizados em sua preparação. O material externo é denominado agente encapsulante ou material de parede, enquanto o ingrediente interno é o material ativo (FRITZEN-FREIRE *et al.*, 2013).

Entre os materiais que podem ser encapsulados, para aplicação na indústria alimentícia, incluem-se ácidos, bases, óleos, vitaminas, sais, gases, aminoácidos, flavors, corantes, enzimas e microrganismos (AUGUSTIN *et al.*, 2001).

Vários são os métodos empregados para formar as microcápsulas, os quais podem ser divididos em (KANAKDANDE; BHOSALE; SINGHAL, 2007):

- **Métodos físicos:** *spray drying* (tamanho médio de partículas 5-500 μm), pulverização em banho térmico, leito fluidizado, extrusão, centrífuga com múltiplos orifícios, co-cristalização, liofilização;
- **Métodos químicos:** inclusão molecular, polimerização interfacial;
- **Métodos físico-químicos:** coacervação, separação por fase orgânica, pulverização em agente formador de reticulação, envolvimento lipossômico.

3.6.1. Microencapsulação por Spray dryer

O processo normalmente utilizado na produção de sucos de fruta em pó é a secagem por atomização (*spray drying*). Trata-se de um processo econômico e flexível, realizado em um equipamento de fácil manipulação, que consiste na atomização do líquido em um compartimento que recebe um fluxo de ar quente, de modo que a rápida evaporação da água permite manter baixa a temperatura das partículas. Dessa forma, permite a secagem de produtos sensíveis ao calor, sem afetar demasiadamente sua qualidade (RÉ, 1998).

No entanto, apesar de suas vantagens, os produtos da secagem de sucos de fruta costumam apresentar problemas de manipulação, tais como pegajosidade (*stickiness*) e alta higroscopicidade, decorrentes da presença de açúcares e ácidos de baixo peso molecular, que apresentam baixa temperatura de transição vítrea. Isso torna necessário o uso de agentes carreadores, a fim de aumentar a temperatura de transição vítrea do produto, facilitando a secagem e as operações de transporte e armazenamento (BHANDARI; DATA; HOWES, 1997). Os agentes carreadores mais comuns em sucos de frutas são as maltodextrinas, devido ao seu baixo custo e ao fato de serem inodoras e possuírem baixa viscosidade em altas concentrações (REINECCIUS, 2001).

A secagem por atomização também é o método mais comumente utilizado na indústria para a microencapsulação de ingredientes e compostos bioativos, ultimamente bastante aplicada no processamento de microrganismos probióticos, com o intuito de melhorar sua estabilidade ao processamento e armazenamento, protegendo-os contra condições ambientais adversas (BUSTOS; BÓRQUEZ, 2013; JANTZEN; GÖPEL; BEERMANN, 2013; PEIGHAMBARDUST; GOLSHAN TAFTI; HESARI, 2011). Nesse caso, os agentes carreadores (ou agentes encapsulantes) formam uma matriz polimérica, na qual os microrganismos a serem protegidos ficam “aprisionados”.

3.6.2. Microencapsulação por Liofilização

A liofilização é uma técnica de secagem na qual a retirada de umidade dos produtos é feita por sublimação a partir de produtos previamente congelados (COSTA, 2007). Os liofilizadores, em geral, mantêm os alimentos congelados a uma temperatura de até -40°C e, em seguida, com o aumento gradativo da temperatura, sob baixa pressão, a água congelada é retirada sob a forma de vapor. A liofilização ocorre em três estágios: congelamento do alimento em um equipamento de congelamento convencional, remoção da água durante a secagem e secagem do alimento (FELLOWS, 2006).

A vantagem da utilização da liofilização na secagem é a manutenção das características nutritivas do produto final, onde para a secagem de um pigmento, tem-se a manutenção da sua cor e seu sabor natural (ORDOÑEZ, 2005). No entanto, trata-se de uma operação mais lenta, com custo muito alto, já que o congelamento e a produção de vácuo constituem custos adicionais no processo de secagem. Portanto, o uso da liofilização na indústria de alimentos está restrito aos produtos de alto valor agregado, como café, chás e infusões, ingredientes para comida pronta como legumes, macarrão, carne, pescado, além de várias ervas aromáticas (RATTI, 2001).

O produto final liofilizado apresenta uma estrutura uniforme e uma alta porosidade, o que permite uma reidratação rápida, embora o torne mais susceptível a ação da umidade e oxigênio (COSTA, 2007).

Mukai-Correa *et al.*, (2005) constataram a considerável reidratação de microcápsulas secas por liofilização após contato com água e mudança parcial de sua estrutura. Segundo os autores estas características funcionais indicam que as microcápsulas elaboradas podem se prestar ao desenvolvimento de microdietas para substituir ou complementar, em parte, o alimento vivo para peixes.

Um estudo realizado com bactérias probióticas, utilizando a técnica de liofilização para microencapsulação, demonstrou a eficiência dessa técnica para gerar microcápsulas secas com dimensões definidas contendo bactérias probióticas, *Lactobacillus paracasei* (SEMYONOV *et al.*, 2010).

3.7. Material de Parede

A composição do material de parede é determinante para as características das microcápsulas. O material encapsulante é selecionado em função das propriedades físicas e químicas do agente ativo, da aplicação pretendida e do método utilizado para formar as micropartículas (SUAVE *et al.*, 2006).

Segundo Santos, Ferreira e Grosso (2000), o encapsulante ideal deve apresentar as seguintes características: possuir baixa higroscopicidade, para facilitar a manipulação e evitar aglomeração; não ser reativo com o material a ser encapsulado; ter capacidade de selar e segurar o material ativo dentro da estrutura da cápsula; boas propriedades reológicas em concentração elevada; capacidade de dispersar ou emulsificar o material ativo estabilizando a emulsão produzida; liberar completamente o solvente ou outros materiais utilizados durante o processo de encapsulação; proporcionar máxima proteção ao material ativo contra condições

adversas, tais como luz, pH, oxigênio e ingredientes reativos; ser solúvel em solventes comumente usados na indústria de alimentos (por exemplo, água e etanol); possuir as propriedades desejadas de liberação do material ativo; não apresentar sabor desagradável no caso de consumo oral e ser econômico.

Somando a essas características, como já comentadas, o material de parede deve ser compatível com a técnica a ser utilizada na obtenção das microcápsulas. Na técnica de atomização, por exemplo, frequentemente utilizam-se gomas, amidos modificados e hidrolisados, xarope de milho e sacarose, por englobarem boa parte das propriedades desejáveis para um material de parede e se adequarem perfeitamente a essa técnica (BARBOSA, 2009).

Segundo Suave *et al.*, (2006) os materiais mais utilizados como encapsulantes incluem: carboidratos: amido, dextrinas, açúcar, xarope de milho, celuloses, goma arábica, alginato de sódio, carragena; lipídeos: cera, parafina, triestearina, ácido esteárico, monoglicérides e diglicérides, óleos e gorduras hidrogenadas; poliésteres naturais: poli(hidroxicanoatos), tais como poli(3-hidroxitirato) P(3HB), poli(3-hidroxi valerato) P(3HV) e seus copolímeros; Polímeros sintéticos: poli(D, L-ácido láctico) (PDLA), poliacrilatos, copolímeros de polietileno-co-propileno, poli(M-caprolactona) (PCL); Proteínas: glúten, caseína, gelatina, albumina; Quitosana: fonte alternativa extraída da casca de crustáceos.

3.7.1. Maltodextrina

Maltodextrinas são produtos da hidrólise do amido, que consistem em unidades de α -D-glicose ligadas principalmente por ligações (1 \rightarrow 4) glicosídicas. Eles são descritos por sua equivalência de dextrose (DE), que está inversamente relacionada com o seu peso molecular. As maltodextrinas são muito úteis para a secagem por pulverização de materiais alimentícios, principalmente devido ao seu baixo custo, por contribuir para redução da higroscopicidade do produto final e por sua boa atuação quanto à proteção do produto quanto às condições adversas do processamento.

Assim tornando-se um dos agentes veiculares mais utilizados para sucos de frutas são as maltodextrinas e goma arábica (CANO-CHAUCA *et al.*; RIGHETTO e NETTO, 2005; GABAS *et al.*, 2007 e BICUDO, 2014).

3.7.2. Inulina e Oligofrutose

Os frutanos são reconhecidos como uma classe de carboidratos que, depois do amido, são os polissacarídeos não estruturais de maior ocorrência entre as plantas (FRANCK, 2006; MADRIGAL e SANGRONIS 2007). São constituídos por uma molécula de glicose, à qual se unem resíduos de frutose por ligações glicosídicas β (2-1) e/ou β (2-6), podendo ser lineares ou ramificados (CAPITO, 2001). Estão presentes em várias espécies vegetais como carboidratos de reserva, principalmente em cebola, banana, alcachofra, alho, raízes de almeirão, chicória e raízes de batata yacon (CÉRANTOLA *et al.*, 2004; KELLY, 2008).

Os frutanos podem ser classificados, de acordo com sua estrutura, em três grupos: Inulina, polímero linear contendo uma glicose na extremidade da cadeia e ligações do tipo β (2-1) entre as moléculas de frutose; Levano, polímero linear contendo uma glicose na extremidade da cadeia e com ligações β (2-6) entre as moléculas de frutose; Neosérie de inulina, difere da inulina e do levano por ter a glicose ligada a duas frutoses através dos carbonos 1 e 6. O alongamento da cadeia, neste caso, pode se dar pelos dois resíduos de frutose por ligações β (2-1) e β (2-6), uma vez que o resíduo de glicose está no interior do polímero. Além desses três tipos básicos de frutanos, também foram encontrados outros tipos, contendo ligações mistas na mesma cadeia e outros com estruturas altamente ramificadas com ligações β (2-1) e β (2-6) (CARPITA *et al.*, 1991; ZULETA e SAMBUCETTI, 2006).

A inulina possui grau de polimerização que pode chegar até 60 unidades de frutose (RAULT-NANIA *et al.*, 2008).

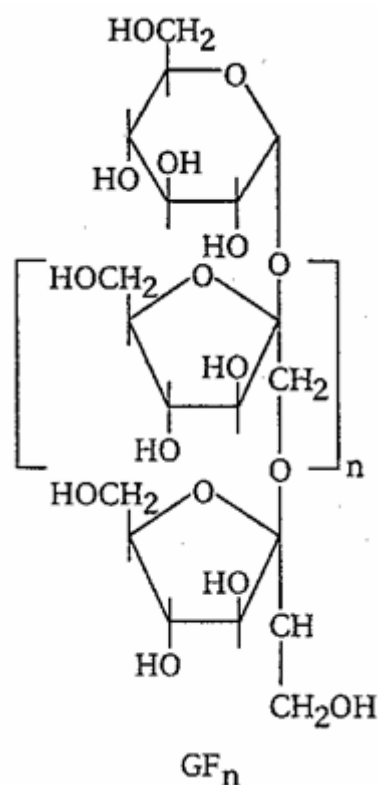


Figura 3 - Estrutura química do polímero de inulina. O número de moléculas de frutose pode variar entre 10 e 60 unidades. Fonte: Oliveira (2004).

A partir da hidrólise enzimática parcial da inulina podem se obter frações de frutooligossacarídeos (FOS), denominados também de oligofrutoses, nos quais o grau de polimerização é menor que 10 unidades de frutose (CAPITO, 2001; CUMMINGS e STEPHEN, 2007). Segundo Madrigal e Sangronis (2007), a inulina e os frutooligossacarídeos (FOS) são os frutanos mais amplamente estudados e de maior uso a nível industrial. A única diferença que existe entre eles é o grau de polimerização. As diferenças nos tamanhos das cadeias entre a inulina e o FOS, causam diferenças nos atributos funcionais tecnológicos destes compostos (SAAD, 2006).

Alguns trabalhos vêm avaliando o uso de agentes prebióticos na secagem dos microrganismos probióticos, visando aumentar sua taxa de sobrevivência tanto ao processo de secagem como à estocagem (FRITZEN-FREIRE *et al.*, 2012, RODRÍGUEZ-HUEZO *et al.*, 2007). Os prebióticos são componentes alimentares não digeríveis que afetam benéficamente o hospedeiro, por estimularem seletivamente a proliferação ou atividade de populações de bactérias desejáveis no cólon (WANG, 2009). Fritzen-Freire *et al.* (2012) estudaram a microencapsulação de bifidobactérias por *spray drying* utilizando como agentes encapsulantes leite em pó desnatado e sua mistura com os prebióticos inulina e oligofrutose. Os autores

verificaram que todas as amostras apresentaram elevada taxa de sobrevivência durante a estocagem, mas aquelas produzidas com inulina apresentaram maior contagem inicial, ou seja, foram mais resistentes ao processo de secagem.

Estudos recentes vêm avaliando a mistura de *berries* (frutas vermelhas) com microrganismos probióticos, e seu efeito contra doenças uropatogênicas e urogenitais (ANEKELLA; ORSAT, 2013). Segundo Reid (2002), algumas antocianinas podem auxiliar na modulação do sistema imunológico quando combinadas com probióticos. Além disso, segundo Chiou e Langrish (2007), as fibras dietéticas presentes nessas frutas, que possuem boas propriedades de absorção, podem atuar como potenciais agentes carreadores/encapsulantes, assim como agentes prebióticos. Anekella e Orsat (2013) microencapsularam lactobacilos probióticos em suco de framboesa utilizando maltodextrina como agente encapsulante e observaram que o aumento da concentração de maltodextrina resultou em uma maior taxa de sobrevivência dos microrganismos.

3.8. Probióticos

Os probióticos são definidos pela Organização Mundial da Saúde (FAO/WHO, 2002) como microrganismos vivos que, quando administrados em quantidades adequadas, conferem um benefício à saúde do hospedeiro. De acordo com a ANVISA (2013), Resolução – RDC nº323, a quantidade mínima viável de probióticos deve estar entre 10^8 e 10^9 unidades formadoras de colônia (UFC) na recomendação diária do produto pronto para o consumo, o que corresponde ao consumo de 100g contendo de 10^7 a 10^8 UFC/g.

Ainda de acordo com ANVISA (2013) os microrganismos classificados como probióticos são: *Lactobacillus acidophilus*; *Lactobacillus casei shirota*; *Lactobacillus casei spp. rhamnosus*; *Lactobacillus casei spp. defensis*; *Lactobacillus paracasei*; *Lactococcus lactis*; *Bifidobacterium bifidum*; *Bifidobacterium animalis* (incluindo a *spp. B. lactis*); *Bifidobacterium longum* e *Enterococcus faecium*.

Devido aos benefícios conferidos à saúde, os probióticos têm sido incorporados a uma vasta gama de produtos lácteos, incluindo iogurtes, queijos, sorvetes, leite em pó e sobremesas lácteas congeladas (KARACA *et al.*, 2009). No entanto, estes produtos nem sempre representam uma boa opção de consumo, devido ao seu teor de lactose e de colesterol, o que pode comprometer a saúde de consumidores com intolerância ou com níveis alterados de tais compostos. (HEENAN *et al.*, 2004). Nesse sentido, a produção de sucos ou polpas de

frutas contendo probióticos representa uma alternativa para consumidores vegetarianos e intolerantes à lactose.

O desenvolvimento de sucos de frutas adicionados de probióticos em pó também pode ser uma opção de diversificação de produtos para a indústria, apresentando como vantagens o volume reduzido, maior vida útil, facilidade de manuseio, transporte e armazenamento, além do fato de não necessitarem de estocagem refrigerada. Os produtos lácteos são os pioneiros nessa categoria e, atualmente, são considerados como o principal veículo para a liberação de probióticos (RANADHEERA; BAINES; ADAMS, 2010; SANCHEZ *et al.*, 2009).

Antunes *et al.* (2013) estudaram a sobrevivência de *Bifidobacterium spp animalis* microencapsulado em ftalato de acetato de celulose, adicionado ao néctar acerola, durante a estocagem de 35 dias sob refrigeração, concluindo que a microencapsulação é uma técnica adequada para melhorar a viabilidade de microrganismos probióticos em néctar de acerola durante o armazenamento a frio.

Pereira *et al.* (2014) avaliaram a secagem por *spray drying* de suco de caju contendo *Lactobacillus casei* NRRL B-442, utilizando com agentes encapsulantes 20%(p/v) maltodextrina ou 10 % (p/v) maltodextrina + 10 % (p/v) goma arábica, verificando a influência da temperatura de armazenamento (25 e 4 ° C) dos produtos obtidos sobre a viabilidade dos probióticos ao longo do tempo de estocagem de 35 dias, observando que o maior rendimento foi através da formulação contendo apenas maltodextrina, este produto apresentou atividade de água (<0,30) e maior preservação da cor.

Kingwatee *et al* (2015) determinaram as condições ótimas de secagem por *spray drying* de *Lactobacillus casei* em suco de lichia. Utilizando as seguintes condições de processamento, temperatura de entrada (150 e 170 °C) e temperaturas de saída (60, 70, 80 e 90 °C), e maltodextrina e inulina como encapsulante, observando que esta formulação foi considerada ideal para proteger as células dos danos causados pelas condições adversas do processamento e do trato gastrointestinal, os resultados mostraram também que a temperatura de saída ideal para a secagem por *spray dryer* de *Lactobacillus casei* em suco de Líchia foi alcançada a 80 °C, uma vez que permitiu produto em pó com um número satisfatório de células viáveis, uma boa solubilidade, baixo teor de humidade e baixa atividade de água.

3.9. Prebióticos

O desenvolvimento dos prebióticos veio se originou da descoberta dos fatores bifidus, oligossacarídeos presentes apenas no leite humano, que favorecem a multiplicação de

bifidobactérias do recém-nascido amamentado. De acordo com a legislação brasileira ANVISA (2013), prebióticos são definidos como todo ingrediente alimentar não digerível que afeta positivamente o organismo por estimular seletivamente o crescimento e ou atividade de um ou um número limitado de bactérias do cólon.

Dentre as substâncias com características prebióticas, pode-se citar a lactulose, o lactiol, o xilitol, a inulina e os frutooligossacarídeos (FOS). Em especial a inulina contém até 60 unidades de frutose, já o FOS possui de 2 a 9 unidades de frutose.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. -Material

4.1.1. Matéria-prima

Como matéria-prima foi utilizada polpa de juçara congelada, adquirida da empresa VIP POLPA (V.P Bortolotti), no Alto São Vicente, cidade do Rio Novo do Sul, situada no estado do Espírito Santo.

A polpa de juçara foi centrifugada em uma centrífuga de cestos (Centrifuga IEC - Modelo K 7165, EUA) com malha de nylon de 150 μ m, para redução dos sólidos em suspensão, conforme a Figura 3.



Figura 4 – Processo de centrifugação da polpa integral de juçara.

A polpa de juçara *in natura* e a Polpa filtrada (aqui chamada de suco de juçara) foram caracterizadas quanto à composição centesimal, em relação aos teores de umidade, cinzas, proteínas, lipídeos e acidez, de acordo com a metodologia da A.O.A.C. (2006). Também foram avaliados os teores de antocianinas (GIUSTI; WROLSTAD, 2001), compostos fenólicos (GEORGE *et al.*, 2005) e a capacidade antioxidante (RE *et al.*, 1999).

4.1.2. Cultura probiótica

Foi utilizada cultura liofilizada do tipo DVS (*direct vat set*) de *Bifidobacterium animalis* spp. lactis, produzida pela Chr. Hansen Ind. (Copenhague, Dinamarca), armazenada a -20 °C até a sua utilização.

4.1.3. Agentes carreadores

Os agentes carreadores utilizados foram a maltodextrina 1910[®] classificada como DE10 (Ingredion, São Paulo), inulina HPX[®] (Orafti, São Paulo) e a oligofrutose P95[®] (Orafti, São Paulo).

4.2. Preparo das culturas probióticas

Para a primeira etapa do trabalho, a cultura probiótica foi hidratada individualmente em suco de juçara, refrigerado durante 30 minutos, em uma concentração de 1% (m/m), resultando em uma contagem de microrganismos viáveis de aproximadamente 10¹⁰ unidades formadoras de colônia (UFC/g) ou 10 ciclo log UFC/g.

Como os pós obtidos apresentaram alta contagem de microrganismos viáveis, na segunda etapa utilizou-se uma concentração de 0,1% de cultura, na tentativa de reduzir o custo de produção e ainda assim obter um número adequado de células viáveis.

4.3. Obtenção do produto probiótico em pó

Para obtenção do produto em pó, o suco de juçara contendo os probióticos foi adicionado dos agentes carreadores em concentração pré-definida de 15% (m/m), sendo mantida sob agitação magnética até a completa dissolução destes materiais.

Quatro formulações foram testadas, de acordo com a Tabela 1. Na primeira, utilizou-se apenas maltodextrina, por ser o agente carreador mais comumente utilizado na secagem de sucos de frutas. Nas demais, parte da maltodextrina foi substituída pelos agentes prebióticos inulina e/ou oligofrutose.

Tabela 1 - Composição das formulações dos agentes carreadores utilizados na elaboração do produto probiótico em pó.

Formulações	% Maltodextrina	% Inulina	% Oligofrutose
F1	100	--	--
F2	50	50	--
F3	50	--	50
F4	50	25	25

A mistura foi então submetida à secagem em um mini *spray dryer* LabPlant (figura 5), com pressão do ar comprimido de 2,5 bar, velocidade média do ar de 4,3 m/s e temperatura de secagem de 140 °C. Cada processo foi realizado em triplicata.



Figura 5 - Mini spray dryer LabPlant SD-06 (Huddersfield, Reino Unido)

Os produtos obtidos a partir dessas quatro formulações foram avaliados em relação às suas propriedades físico-químicas (umidade, atividade de água, densidade, porosidade, higroscopicidade, compostos fenólicos totais, teor de antocianinas, capacidade antioxidante), composição centesimal e contagem de células viáveis.

A partir da seleção da melhor formulação (produto que apresentou maior retenção de compostos fenólicos), foi realizado um estudo de estabilidade. Para o presente estudo, as partículas foram produzidas também pelo processo de liofilização, conhecido por promover uma melhor preservação da qualidade dos produtos, devido ao uso de baixas temperaturas. Sendo assim, a formulação selecionada foi seca também em um liofilizador de bandejas Pirani 501 (Edwards, New York, EUA).

4.4. Contagem de microrganismos

A contagem de microrganismos probióticos foi realizada a partir da diluição seriada de uma amostra do produto em água peptonada 0,1% (m/v) de acordo com metodologia da International Dairy Federation (2006). O plaqueamento foi realizado em placas de Petri por inoculação em profundidade de meio MRS com adição de sobrecamada (De MAN, ROGOSA & SHARPE, 1960), incubadas a 35°C por 72 horas em jarras de anaerobiose contendo sistema de remoção de oxigênio (INTERLAB, SP, Brasil), seguida da contagem de unidades formadoras de colônia (UFC).

4.5. Análises físico-químicas e de composição centesimal dos produtos em pó

Na polpa de juçara, foram realizadas as seguintes análises: pH, sólidos totais, acidez total titulável, composição centesimal (cinzas, proteínas, gordura e teor de umidade) e teor de sólidos solúveis.

Para a caracterização físico-química dos produtos em pó, foram determinados: Atividade de Água, Densidade e porosidade, Higroscopicidade, Teor de Antocianinas e Compostos Fenólicos, Capacidade Antioxidante e Tamanho de Partícula.

4.5.1. pH

As medidas de pH foram realizadas através de leitura direta em titulador automático, marca Metrohm, modelo 785 DMP – Titrino de acordo com a metodologia descrita pela A.O.A.C. (1984 – 13.010).

4.5.2. Sólidos Totais

O teor de sólidos totais foi obtido através da metodologia descrita no livro de normas analíticas INSTITUTO ADOLFO LUTZ (1985), a qual se baseia na determinação do peso seco obtido pela secagem em estufa a vácuo a 60 °C do material de interesse até obtenção de peso constante. Os valores são expressos em porcentagem mássica.

4.5.3. Acidez Total Titulável

A acidez titulável total foi realizada através do método titulométrico proposto pela A.O.A.C. (1997), em titulador automático, marca Metrohm, modelo 785 DMP – Titrino, utilizando como titulante uma solução de hidróxido de sódio fatorada com biftalato de sódio. Os valores obtidos foram expressos em mg de ácido cítrico por 100 g de amostra.

4.5.4. Composição Centesimal

As determinações de umidade, cinzas, proteína e lipídeos, foram feitas de acordo com A.O.A.C. (2010).

4.5.5. Teor de Sólidos Solúveis

O teor de sólidos solúveis foi determinado pela leitura direta em refratômetro de acordo com a metodologia descrita pelo A.O.A.C., 1997 – 932,12, utilizando um refratômetro digital de bancada, marca Atago modelo Pocket Refractometer Pal-3 com escala de 0 a 93 °Brix.

4.5.6. Atividade de água

A atividade de água das amostras foi determinada em um higrômetro digital Aqualab 3TE (Decagon, Pullman, USA), a 25°C.

4.5.7. Densidade e porosidade

Por meio de um funil, 0,5g do material granulado fluiu livremente em uma proveta graduada de 10 ml. Após adição do pó na proveta, a partir do volume ocupado, pode-se calcular a densidade aparente (ρ_a); foram então realizadas 60 batidas na proveta, de modo a aumentar a densidade do material por meio de rearranjo dos grânulos. A nova densidade atingida foi considerada como a densidade real (ρ_r), sendo realizadas no mínimo três medidas (ensaios) para cada pó.

As densidades foram calculadas através da relação entre a massa e o volume da amostra (SANTOS 2014; GOULA e ADAMOPOULOS, 2004, modificado).

A porosidade intragranular (ε) dos pós foi calculada como: $\varepsilon = 1 - \frac{\rho_a}{\rho_r}$.

4.5.8. Higroscopicidade

A higroscopicidade foi determinada de acordo com o método proposto por AL-KAHTANI e HASSAN (1990), com algumas modificações. Amostras de cada pó (aproximadamente 0,2 g) foram colocadas a 25° C em um recipiente com NaCl - solução saturada (75,29% de umidade relativa) e o ganho de peso devido à adsorção de umidade foi registrada a cada 15 minutos de intervalo, por 2 horas.

4.5.9. Teor de antocianinas e compostos fenólicos

O teor de antocianinas totais foi determinado pelo método espectrofotométrico do pH diferencial, descrito por Giusti e Wrolstad (2001). Os resultados foram expressos em mg cianidina-3-glicosídeo/100g.

O conteúdo de polifenóis totais foi determinado através do método colorimétrico utilizando o reagente Folin-Ciocalteu (Singleton e Rossi, 1965). Os resultados foram expressos em mg ácido gálico equivalente (AGE)/100g.

4.5.10. Capacidade antioxidante

A capacidade antioxidante foi determinada pelo método espectrofotométrico baseado na descoloração do radical livre ABTS⁺ (ácido 2,2'-azino-bis-3-etilbenzotiazolina-6-sulfônico sal diamônio 98% pureza), de acordo com RE *et al* (1999). Os resultados foram expressos como TEAC (Capacidade Antioxidante Equivalente ao Trolox) em $\mu\text{mol TROLOX/g}$ de amostra.

4.5.11. Tamanho de Partícula

A distribuição do tamanho de partículas foi medido utilizando um instrumento de difracção de luz laser, SDC – Microtrac S3500 (Mitrotrac, EUA). Uma pequena quantidade de amostra do pó (cerca de 0,1 g) foi suspenso em etanol, para atingir os índices de transmitância adequados para a realização das leituras (indicados pelo equipamento). O tamanho de partícula foi expresso como D [4,3], diâmetro médio da distribuição de volume. As análises ocorreram em triplicata.

4.6. Estudo da estabilidade

Para a avaliação da estabilidade, as amostras produzidas por spray drying e por liofilização, de acordo com a formulação selecionada, foram armazenadas em embalagens laminadas de polietileno (Figura 4) e estocadas nas temperaturas de 7 °C e 35 °C. As amostras foram analisadas com relação à viabilidade das bactérias probióticas, teor de compostos fenólicos totais, antocianinas totais e capacidade antioxidante a cada 15 dias, durante um período de 60 dias.



Figura 6 – Produto atomizado e embalado em embalagem laminada.

4.7. Análise estatística

Os dados obtidos nas análises foram tratados estatisticamente por meio de análise das médias, utilizando o teste *Tukey* para verificação da existência de diferenças significativas entre as médias e utilizando o intervalo de confiança de 95%, com o auxílio do *software Statistica 8.0*.

5. RESULTADOS

5.1. Caracterização da matéria-prima

A composição química centesimal da polpa de juçara (integral e filtrada) utilizada nos ensaios de secagem encontra-se na Tabela 2. Os dados apresentados correspondem a uma média de no mínimo três determinações, com seu desvio padrão.

A Tabela 2 apresenta a juçara como sendo uma fruta com baixo teor de lipídeos e proteínas, quando comparado a outras frutas. Estes resultados estão de acordo com os publicados por Nascimento (2012), sendo que pequenas variações em comparação com os valores obtidos pelo autor podem ser atribuídas às diferentes condições climáticas e diferentes épocas em que o fruto foi plantado e colhido.

Tabela 2 - Composição físico-química e centesimal média da polpa de juçara integral e filtrada (1º lote).

Componente	Polpa Integral	Polpa filtrada
Umidade (g/100g)	93,80 ± 0,35	97,34 ± 0,04
Proteínas (g/100g)	0,09 ± 0,00	0,02 ± 0,01
Lipídeos (g/100g)	2,20 ± 0,01	0,54 ± 0,01
Cinzas (g/100g)	0,21 ± 0,10	0,26 ± 0,08
pH	4,71 ± 0,01	4,81 ± 0,01
Sólidos Solúveis (°Brix)	2,5 ± 0,85	2,2 ± 0,72
Acidez (g ácido cítrico/100g)	1,67 ± 0,03	1,82 ± 0,03
Fenólicos Totais (mg AGE /100g)	302,10 ± 4,91	277,56 ± 2,77
Fenólicos Totais (mg AGE /100g m.s.)*	4872,58 ± 79,19	10434,58 ± 104,13
Antocianinas Totais (mg/100g)	104,66 ± 2,7	89,10 ± 1,8
Antocianinas Totais (mg/100g m.s.)*	1688,06 ± 43,1	3349,62 ± 66,5
Atividade Antirradical ABTS ⁺ (µmol de Trolox equivalente/g)	21,92 ± 1,08	20,96 ± 0,51
Atividade Antirradical ABTS ⁺ (µmol de Trolox equivalente/g m.s.)*	353,5 ± 17,4	788,0 ± 19,17

* Resultados de fenólicos totais, antocianinas e atividade antirradical ABTS⁺ expressos em base seca.

O teor de lipídeos teve uma redução de 75,45% e o de sólidos totais apresentou uma redução de 57% após a centrifugação. O teor de antocianinas totais foi 13,74% menor para a polpa filtrada, em relação à polpa integral, enquanto o teor de fenólicos totais teve uma redução de 8,12%. Isso se deve a possíveis perdas no processo de centrifugação, sendo que estes compostos podem ter sido degradados por oxidação ou podem ter ficado retidos na torta resultante da centrifugação. No entanto, como o objetivo era obter um produto em pó, os teores de antocianinas e fenólicos foram calculados em base seca, de forma a descontar a umidade contida nas polpas.

Nesse caso, a polpa filtrada apresentou teores maiores de compostos fenólicos e antocianinas, em relação à polpa integral.

Kuskoski *et al.* (2006) encontraram um teor de fenólicos totais, antocianinas totais e atividade antirradical de $136,8 \pm 0,4$ mg/100g; $22,8 \pm 0,8$ mg/100g e $6,9 \pm 0,2$ respectivamente em polpa de açaí. Cruz (2008) encontrou um teor de compostos fenólicos, de antocianinas totais, antocianinas monoméricas e atividade antirradical de $343,7 \pm 15,4$ mg/100g; $80,4 \pm 1,6$ mg/100g; $52,7 \pm 1,2$ mg/100g e $27,8 \pm 1,0$ μ mol de Trolox equivalente/g em polpa de açaí. Corrêa *et al.* (2010) encontraram os seguintes teores de compostos fenólicos, antocianinas e atividade antirradical: $499,6 \pm 10,8$ mg ác. gálico/100g; $14,5 \pm 2,7$ mg cianidina-3-glicosídeo equivalente/100g e 3020 ± 200 μ mol Trolox/100g, em seu estudo com a fração retida da polpa de açaí microfiltrada. Já Cipriano (2011) encontrou os seguintes teores de fenólicos totais, antocianinas totais e atividade antirradical: 310,39 mg ác. gálico/100g; 74,38 mg cianidina-3-glicosídeo equivalente/100g e 40,02 μ mol Trolox/g de polpa de açaí respectivamente. Yuyama *et al.* (2011) verificou uma grande variação no teor de antocianinas totais de polpas de açaí coletadas em várias regiões que foi de 128,40 à 868,91 mg/100g.

Os resultados encontrados por estes autores foram semelhantes aos encontrados neste estudo quanto aos compostos fenólicos, já para atividade antirradical livre, os resultados identificados por Cruz (2008); Corrêa *et al.* (2010) e Cipriano (2011); para Yuyama *et al.* (2011), foram divergentes, que identificaram vários teores de antocianinas totais em amostras de açaí, onde todos foram superiores aos identificados neste trabalho.

5.2. Avaliação das formulações obtidas estudo

Conforme o item 4.3 o comportamento das misturas alimentadas no *spray dryer* foi estudado através da determinação das análises de atividade antirradical ABTS⁺, fenólicos totais, antocianinas totais, monoméricas e de microbiologia. Como a mistura da polpa de juçara filtrada + maltodextrina é bastante homogênea, as respostas foram muito semelhantes entre si, para cada concentração de maltodextrina e de agentes prebióticos utilizada.

A Tabela 3 apresenta os resultados obtidos para os produtos obtidos com as diferentes concentrações de agentes carreadores

Tabela 3 - Avaliação físico-química e microbiológica média das partículas obtidas com as diferentes formulações utilizando o 1º lote de polpa de juçara.

Componente	F1	F2	F3	F4
Fenólicos Totais (mg AGE /100g)	1229,44 ± 23,48	1697,49 ± 17,20	1370,32 ± 17,85	1536,49 ± 23,30
Antocianinas Totais (mg/100g)	574,67 ± 39,44	739,16 ± 43,91	622,63 ± 7,12	657,31 ± 57,50
Atividade Antirradical ABTS⁺ (µmol de Trolox equivalente/g)	172,47 ± 7,07	224,34 ± 24,78	173,98 ± 16,97	184,75 ± 38,06
Contagem microbiológica (log UFC/g)	10,45 ± 0,11	10,66 ± 0,19	10,53 ± 0,55	10,45 ± 0,19

As Figuras 6 a 9 exibem as médias apresentadas na tabela 3, com suas respectivas análises estatísticas.

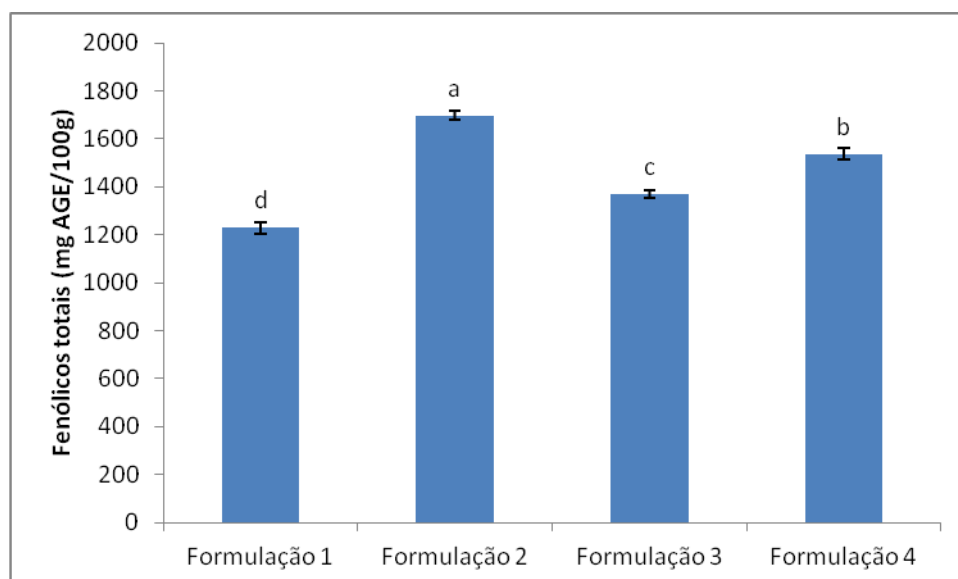


Figura 7 – Quantificação dos compostos fenólicos totais obtidos a partir das formulações em (mg ác. gálico/100g).

* Formulação 1 (100% maltodextrina); Formulação 2 (50% maltodextrina + 50% inulina); Formulação 3 (50% maltodextrina + 50% oligofrutose) e Formulação 4 (50% maltodextrina + 25% inulina + 25% oligofrutose).

O conteúdo de fenólicos totais encontrado nas formulações variou entre 1229,44 e 1697,49 mg AGE /100g (Figura 6). Estes valores foram inferiores aos observados por Tonon *et al.* (2009) na secagem por atomização do suco de açaí, utilizando diferentes agentes carreadores, onde foram observados valores de 13.216 a 14.933 mg AGE/100g de compostos fenólicos. Essas diferenças podem ser atribuídas, além das diferenças nas matérias-primas, à menor concentração de agente carreador utilizado pelos autores, que conseqüentemente resultou em um pó mais concentrado em fenólicos.

De acordo com a Figura 6, a Formulação 2 (50% maltodextrina + 50% inulina) foi a que apresentou maior teor de fenólicos, seguida pela Formulação 4 (50% maltodextrina + 25% inulina + 25% oligofrutose). Já as formulações contendo apenas maltodextrina ou a mistura maltodextrina + oligofrutose resultaram em produtos em pó concentrado com menor conteúdo de fenólicos. Esses resultados indicam que a inulina conferiu maior proteção a estes compostos durante o processo de secagem por atomização.

Julia, P., & Dalla. (2012) encontraram teores de fenólicos totais entre 759,60 e 785,59 mg ác. gálico/100g no suco de jabuticaba microencapsulado variando a concentração de

encapsulante e a temperatura de processamento, concluindo que independente da temperatura e da concentração de maltodextrina, o encapsulante foi capaz de preservar os compostos fenólicos.

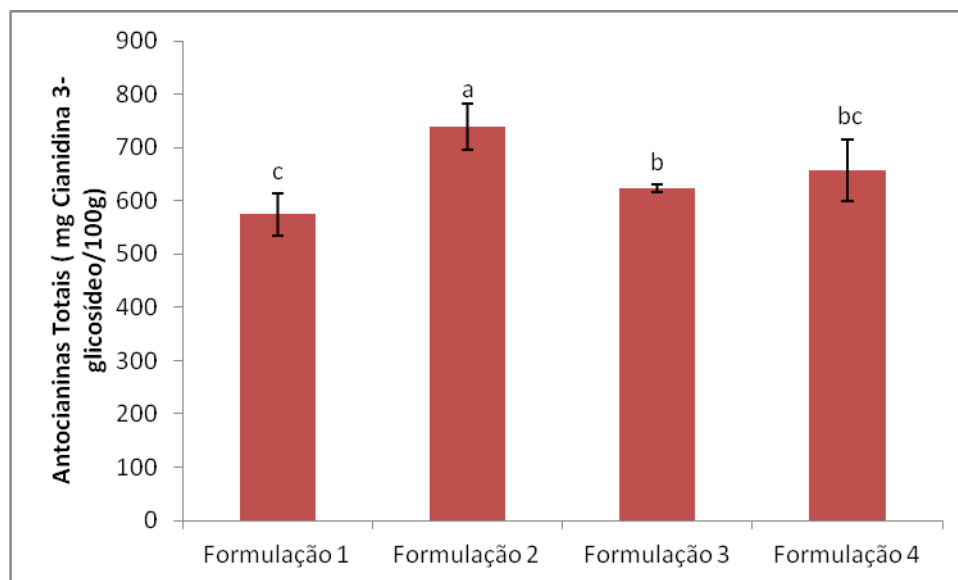


Figura 8 - Quantificação das Antocianinas Totais das formulações em (mg/100g).

* Formulação 1 (100% maltodextrina); Formulação 2 (50% maltodextrina + 50% inulina); Formulação 3 (50% maltodextrina + 50% oligofrutose) e Formulação 4 (50% maltodextrina + 25% inulina + 25% oligofrutose).

Em relação ao teor de antocianinas, os resultados obtidos no presente estudo (Tabela 3) foram inferiores ao encontrado por Pena, Mendonça e Almeida (2010), que obtiveram teor de antocianinas, de 958 mg/100g em polpa de juçara atomizada, obtido em spray dryer, com percentual de agente encapsulante não mencionado pelo estudo.

De acordo com a Figura 7, a Formulação 2 (50% maltodextrina + 50% inulina) foi a que apresentou maior teor de antocianinas totais, seguida pela Formulação 4 (50% maltodextrina + 25% inulina + 25% oligofrutose). Já as formulações contendo apenas maltodextrina ou a mistura maltodextrina + oligofrutose resultaram em pós com menor teor de antocianinas. De forma semelhante aos resultados da análise de compostos fenólicos esses resultados indicam que a inulina conferiu maior proteção a estes compostos durante o processo de secagem por atomização.

Saézn *et al.* (2009) estudaram a microencapsulação por *spray drying* de suco de figo da Índia utilizando maltodextrina e inulina como materiais de parede e observaram que ambos foram eficientes na preservação de betacianinas durante o processo de secagem. Os autores

também avaliaram a microencapsulação de um extrato etanólico obtido a partir do suco e verificaram que, neste caso, a inulina conferiu maior proteção às betacianinas, quando comparada à maltodextrina.

Quanto à atividade antioxidante, os resultados encontrados (Figura 8), seguiram a tendência dos compostos fenólicos e das antocianinas, com pequena variação entre as amostras.

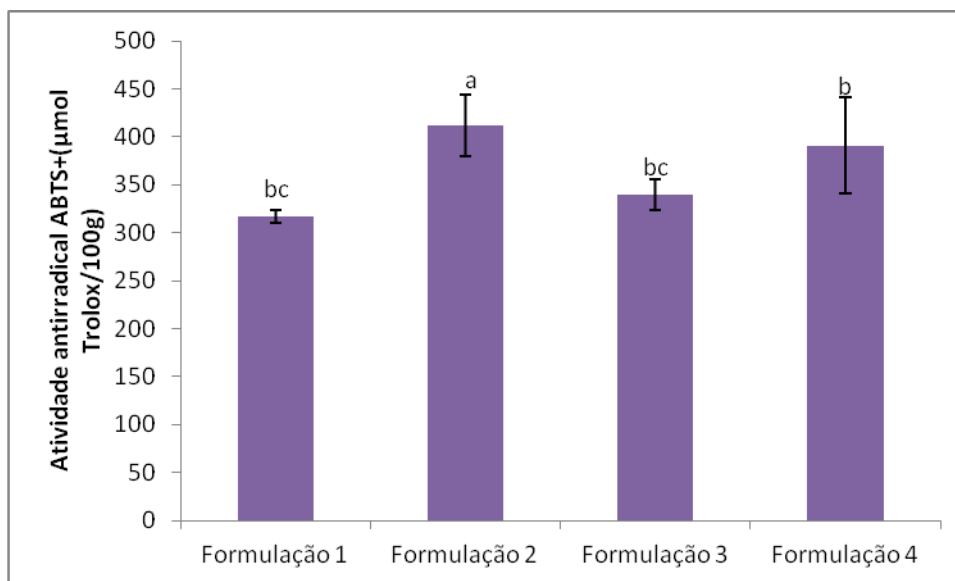


Figura 9 – Avaliação da Atividade Antirradical ABTS⁺ das formulações medidas em (µmol Trolox/g).

* Formulação 1 (100% maltodextrina); Formulação 2 (50% maltodextrina + 50% inulina); Formulação 3 (50% maltodextrina + 50% oligofrutose) e Formulação 4 (50% maltodextrina + 25% inulina + 25% oligofrutose).

Tonon, Brabet e Hubinger (2013) ao estudar a atividade antirradical ABTS⁺ de amostras de açaí em pó produzidas com maltodextrina (DE10), maltodextrina (DE20), goma arábica e fécula de mandioca a uma proporção de 6% e processadas a 140 °C observaram que não houve diferença significativa entre as amostras encapsuladas em relação à atividade antirradical.

De acordo com a Figura 8, a Formulação 2 (50% maltodextrina + 50% inulina) foi a que apresentou maior atividade antirradical, seguida pela Formulação 4 (50% maltodextrina + 25% inulina + 25% oligofrutose). Já as formulações 1 e 3 contendo apenas maltodextrina ou a mistura maltodextrina + oligofrutose respectivamente resultaram em produtos em pó com menor atividade antirradical. Esses resultados podem ser atribuídos à maior proteção

conferida pela inulina aos compostos fenólicos, que normalmente são os grandes responsáveis pela atividade antioxidante de frutas e hortaliças.

Quanto à preservação da viabilidade das bactérias probióticas, os resultados mostram que as quatro formulações alcançaram uma contagem de colônias muito semelhante, não apresentando diferença significativa entre si. A contagem de microrganismos foi superior aos resultados de Pereira *et al.* (2014), que ao avaliar suco de caju probiótico em pó encontrou contagens de 6,40 log UFC/g e 6,88 log UFC/g em amostras encapsuladas com maltodextrina e maltodextrina + goma arábica processadas a 120 °C, respectivamente. Kingwatee *et al.* (2015) observaram contagens de microrganismos entre 2,46 e 6,80 log UFC/g no suco de lichia probiótico encapsulado utilizando maltodextrina e goma arábica.

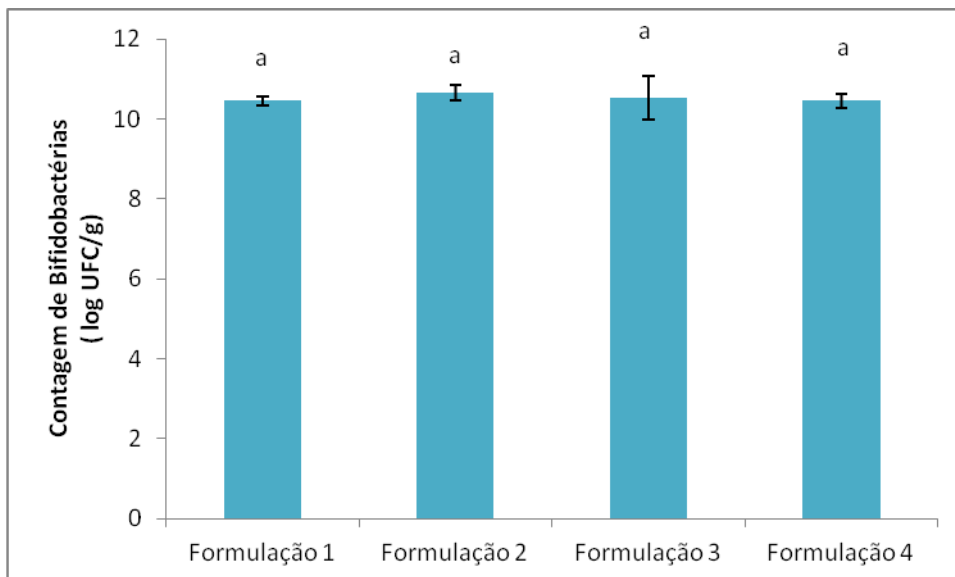


Figura 10 - Contagem de Bifidobactérias das formulações medidas em (log UFC/g).

* Formulação 1 (100% maltodextrina); Formulação 2 (50% maltodextrina + 50% inulina); Formulação 3 (50% maltodextrina + 50% oligofrutose) e Formulação 4 (50% maltodextrina + 25% inulina + 25% oligofrutose).

A contagem de bactérias probióticas variou entre $10,45 \pm 0,11$ à $10,66 \pm 0,19$ log UFC/g. Estes valores foram superiores aos observados por Freire *et al.* (2012) em seu estudo com *Bifidobacterium* microencapsulado por *spray drying* utilizando como materiais de parede: leite desnatado reconstituído + meio de cultura bacteriana MRS; inulina + MRS; oligofrutose + inulina + MRS e oligofrutose + MRS., As microcápsulas produzidas

apresentaram contagem superior ao exigido pela legislação (6 log UFC/g) para caracterizá-la como probiótica, assim como as obtidas neste estudo.

Corcoran *et al.* (2004), verificaram em seus processos de microencapsulação por *spray drying* a 170 °C com *Lactobacillus rhamnosus GG*, *Lactobacillus. Rhamnosus E800* e *Lactobacillus. Salivarius UCC 500e* que formulações contendo 10 e 20% de Inulina (p/v) apresentaram boa atuação quanto à proteção das culturas probióticas.

Barona, Montes e Ramírez (2012), também observaram que a utilização de inulina ou oligofrutose em proporção de 1:1 com maltodextrina influenciou de forma positiva na viabilidade das culturas probióticas, encapsulando *Lactobacillus casei* ATCC 393 e *Lactobacillus rhamnosus* ATCC 9469.

5.3. Determinação da densidade e porosidade dos pós-obtidos

Os resultados de densidade aparente, densidade compactada e porosidade intergranular, obtidos para as partículas produzidas, estão apresentados na tabela 4. As amostras F2, F3 e F4 apresentaram a maior densidade aparente e real em comparação às demais, enquanto a amostra F2 apresentou a menor porosidade.

Tabela 4 - Determinação da densidade solta, batida e da porosidade dos ensaios.

Amostra	Densidade aparente (g/cm³)	Densidade real (g/cm³)	Porosidade (%)
F1	0,29 ± 0,00 b	0,41 ± 0,06 c	33,24 ± 3,50 a
F2	0,37 ± 0,01 a	0,47 ± 0,03 a,b,c	22,22 ± 3,85 b
F3	0,36 ± 0,00 a	0,54 ± 0,01 a,b	33,33 ± 0,00 a
F4	0,38 ± 0,01 a	0,55 ± 0,03 a	31,05 ± 2,39 a

*Letras diferentes indicam diferença significativa entre os resultados obtidos com diferentes concentrações de maltodextrina, inulina e oligofrutose.

Quanto mais pesado o material, mais facilmente esse se acomoda nos espaços entre as partículas, ocupando menor volume e resultando, assim, em maior densidade e menor porosidade. A menor porosidade intergranular é desejável, pois representa menor quantidade de ar (poros) presente entre as partículas, reduzindo assim as chances de oxidação dos compostos presentes na superfície das partículas.

Os dados observados na Tabela 4 estão de acordo com os dados de densidade aparente reportados por Julia, P., & Dalla. (2012), em seu estudo com polpa de pitanga e jabuticaba

microencapsulada com maltodextrina (5 e 10%) a 140 e 180 °C, que encontraram valores entre 0,354 e 0,428 g/cm³. Já os dados de porosidade são bem menores que os apresentados por Julia, P., & Dalla. (2012) e Tonon, Brabet e Hubinger (2013), provavelmente devido aos diferentes métodos de medida, sendo que estes autores utilizaram um picnômetro de gás hélio, sendo a densidade reportada como “real”, enquanto no presente trabalho a densidade “compactada” foi determinada realizando-se manualmente a compactação do pó dentro da proveta.

Secolin (2014) reportou que produtos com baixa densidade, como os obtidos neste estudo possuem ótimas propriedades de fluxo e de compressão, atributos importantes para a indústria, o que agrega potencial tecnológico ao produto.

5.4. Higroscopicidade

A higroscopicidade das amostras está apresentada na Tabela 5, onde as amostras F2 e F3, produzidas com misturas de 50% maltodextrina e 50% de inulina ou oligofrutose, respectivamente, foram as que apresentaram os menores valores de higroscopicidade. Os valores obtidos estão na mesma ordem dos observados por Tonon, Brabet e Hubinger *et al.* (2011) na secagem de suco de açaí utilizando maltodextrina 10DE, maltodextrina 20DE e goma arábica. Os autores verificaram que a maltodextrina 10DE foi o material que resultou em menor higroscopicidade.

Tabela 5 - Determinação da Higroscopicidade das formulações.

Amostras	Higroscopicidade (g água/kg/min)
F1	0,3409
F2	0,1715
F3	0,1672
F4	0,2359

A partir dos resultados apresentados na tabela 5, pode-se sugerir que a adição dos agentes prebióticos atuou de forma positiva, reduzindo a higroscopicidade dos produtos.

Damoaran, Parkin e Fennema (2010) reportaram que o fato da maltodextrina ser um material com baixa higroscopicidade, estimula sua utilização como agente carreador, visando reduzir a higroscopicidade de produtos desidratados em *spray dryer*.

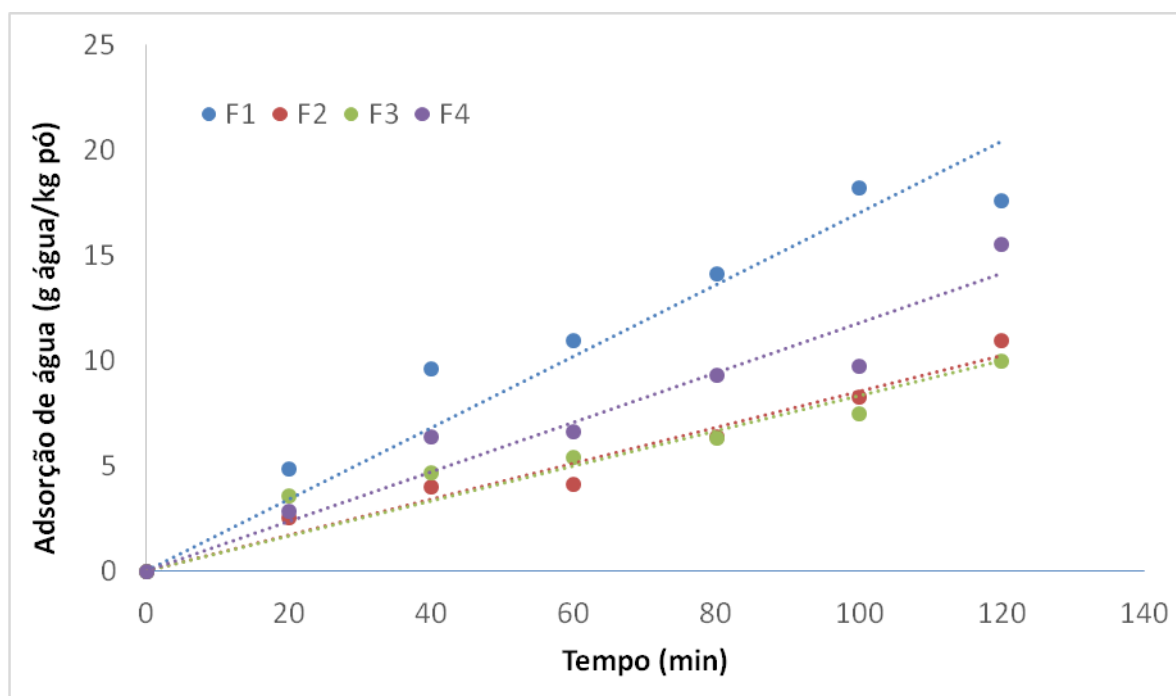


Figura 11 - Avaliação da higroscopicidade dos produtos das formulações ao longo do tempo.

A Figura 10 mostra o comportamento das mesmas ao longo do tempo ficando evidente que as amostras F2 e F3, com dispersão muito similar, apresentaram menor adsorção de água e, portanto, foram menos higroscópicas quando comparadas as amostras F1 e F4.

Fernandes *et al.* (2014) em seu estudo avaliando a goma arábica, o amido, a maltodextrina e a inulina como materiais de parede na proporção (1:1) para microencapsulação de óleo essencial de alecrim, também verificaram que a higroscopicidade das partículas com inulina ou maltodextrina se manteve baixa e estável, estando de acordo com os resultados do presente trabalho.

Oliveira (2014) avaliando polpa de cajá microencapsulada com maltodextrina por liofilização verificou também que as formulações que continham maltodextrina apresentavam

perfil higroscópico menor, o que ratifica a importância da elaboração de uma proporção ideal de agentes encapsulantes, visando otimizar ainda mais a formulação.

5.5. Distribuição do tamanho de partícula

O diâmetro de Brouckere (D[4.3]), utilizado geralmente para caracterizar partículas produzidas por *spray drying*, corresponde ao diâmetro equivalente a uma esfera de mesmo volume. Os diâmetros médios D [4,3] dos pós produzidos a partir das formulações foram de $9,13 \pm 0,23 \mu\text{m}$; $6,80 \pm 0,08 \mu\text{m}$; $8,76 \pm 0,97 \mu\text{m}$; $6,23 \pm 0,07 \mu\text{m}$, para as formulações 1, 2, 3 e 4, respectivamente.

A Figura 10 apresenta o gráfico com as distribuições do tamanho de partículas das formulações estudadas.

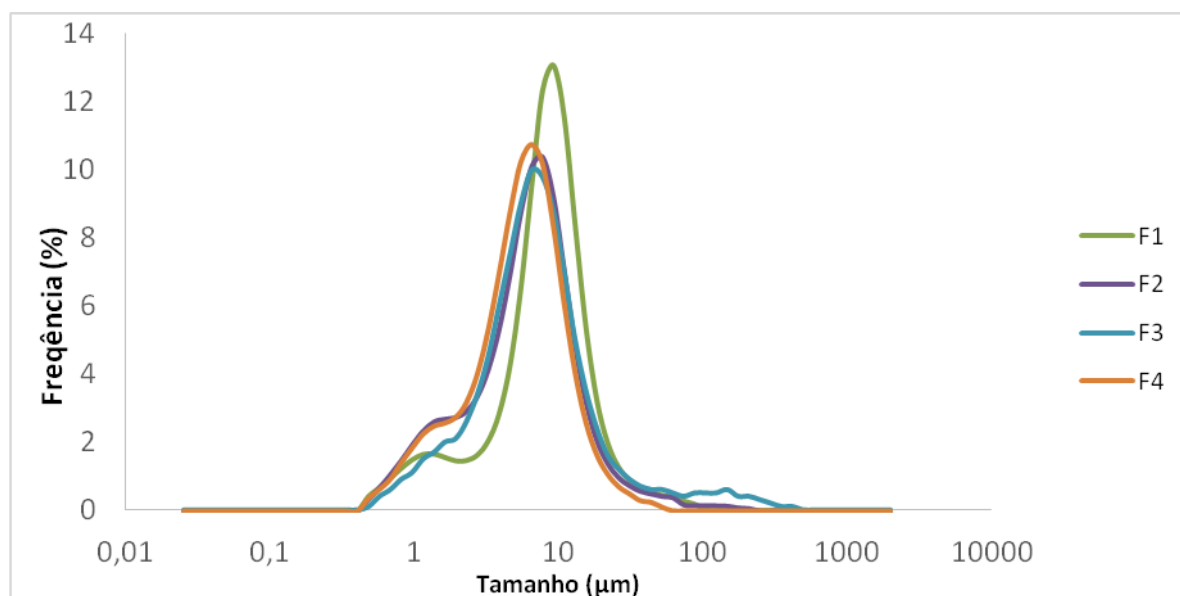


Figura 12 - O gráfico de dispersão dos tamanhos de partícula dos produtos obtidos no estudo.

Os valores encontrados no presente estudo foram superiores aos encontrados por Mata, Medeiros e Duarte (2005) que encontraram o diâmetro médio de $4,58 \mu\text{m}$ e inferiores ao de Tonon, Brabet e Hubinger (2008) com diâmetro médio de $13,27 \mu\text{m}$, com Umbu e Açai respectivamente, utilizando a mesma metodologia.

Augusta (2011), encontrou partículas com diâmetros muito variados, com uma predominância entre 15 a $18 \mu\text{m}$, 40 e $65 \mu\text{m}$, 250 a $300 \mu\text{m}$ e 485 e $555 \mu\text{m}$, todos maiores aos encontrados com as formulações estudadas neste trabalho.

Pagani (2010) ressalta que embora não exista uma correlação entre estabilidade e tamanho de partícula, alguns autores associaram tamanhos maiores de partículas com uma maior retenção de núcleo, uma vez que maiores diâmetros correspondem a menores áreas superficiais, ou seja, menor área de exposição das partículas ao oxigênio do ar, resultando em maior estabilidade.

5.6. Seleção da melhor formulação

Reunindo os resultados obtidos nas análises físico-químicas e microbiológicas, pôde-se verificar que a formulação 2 apresentou melhor desempenho quanto a proteção dos compostos bioativos presentes na polpa filtrada de juçara e das bactérias probióticas, bem como às suas propriedades físicas, fazendo assim com que fosse escolhida para o estudo de estabilidade. Nesse estudo, a formulação 2 foi preparada também por liofilização, a fim de se comparar a influência de diferentes processos de secagem na qualidade dos pós obtidos.

5.7. Estudo de estabilidade

Para execução do estudo da estabilidade, foi necessária a utilização de outro lote de polpa de juçara, que foi caracterizada, conforme tabela 6.

Tabela 6 - Composição físico-química da polpa de juçara filtrada (2º lote).

Componente	Polpa filtrada
Umidade (g/100g)	93,19 ± 0,17
pH	4,82 ± 0,02
Sólidos Solúveis (°Brix)	5,0 ± 0,1
Acidez (g ácido cítrico/100g)	0,10 ± 0,00
Fenólicos Totais (mg AGE /100g)	415,07 ± 26,87
Fenólicos Totais (mg AGE /100g m.s.)*	6095,00 ± 394,56
Antocianinas Totais (mg/100g)	79,42 ± 1,95
Antocianinas Totais (mg/100g m.s.)*	1166,22 ± 28,63
Atividade Antirradical ABTS ⁺ (µmol de Trolox equivalente/g)	27,75 ± 1,39
Atividade Antirradical ABTS ⁺ (µmol de Trolox equivalente/g m.s.)*	407,48 ± 20,41

* Resultados de fenólicos totais, antocianinas e atividade antirradical ABTS⁺ expressos em base seca.

Para o estudo da estabilidade, as amostras foram produzidas por *spray drying* e por liofilização, conforme descrito previamente. As amostras obtidas foram caracterizadas em relação à atividade de água, densidade aparente e real e porosidade intergranular, higroscopicidade e tamanho de partícula. Os resultados estão apresentados a seguir nas tabelas 7 e 8.

Tabela 7 - Caracterização das amostras obtidas por *spray drying* e por liofilização.

Amostra	a_w	Densidade aparente (g/cm³)	Densidade real (g/cm³)	Porosidade intergranular (%)
Spray dryer	0,310 ± 0,002 a	0,30 ± 0,03 a	0,45 ± 0,02 b	33,03 ± 7,42 a
Liofilizador	0,141 ± 0,004 b	0,15 ± 0,01 b	0,21 ± 0,01 a	29,72 ± 6,79 a

Os resultados para a análise de atividade de água realizada com as amostras liofilizada e atomizada, à temperatura de 25 °C foram de 0,141 ± 0,004 e de 0,310 ± 0,002 respectivamente. Bazo *et al.*(2012) no estudo da caracterização e seleção de diferentes fontes de fibras alimentares e Bicudo (2015) ao estudar a composição fenólica, atividade antioxidante e microencapsulação de juçara, observaram valores de A_w abaixo de 0,6, para os produtos microencapsulados por *spray drying*, que segundo os autores garantem a estabilidade microbiológica dos produtos, observando também que as amostras com atividade de água superior a 0,65, começaram a apresentar proliferação de microrganismos específicos e que as amostras contendo maltodextrina tinham atividades de água baixa.

Tonon, Brabet e Hubinger (2013) observaram valores de 0,229; 0,245; 0,244 e 0,189 para suco de açaí microencapsulado com os agentes carreadores Maltodextrina DE10, Maltodextrina DE20, Goma Arábica e Fécula de Mandioca, respectivamente.

Silva (2013) em seu estudo da conservação de polpa de juçara submetida à radiação gama, pasteurização, liofilização e atomização, verificou que todas as formulações obtidas por *spray drying* e liofilização exibiram A_w diferente em cada tratamento, confirmando o que foi encontrado entre as amostras atomizada e liofilizada.

Tabela 8 – Caráter higroscópico e tamanho de partícula das amostras obtidas por spray drying e por liofilização.

Amostra	Higroscopicidade (g água/kg/min)	D[4,3] (μm)
Spray dryer	0,299	6,07 \pm 0,1
Liofilizador	0,7238	169,2 \pm 20,5

A Figura 13, a seguir, se refere ao gráfico de higroscopicidade da amostra F2, que foi processada por spray drying e liofilização, mostrando que a amostra liofilizada possui maior tendência de adsorção de água do ambiente que a amostra atomizada.

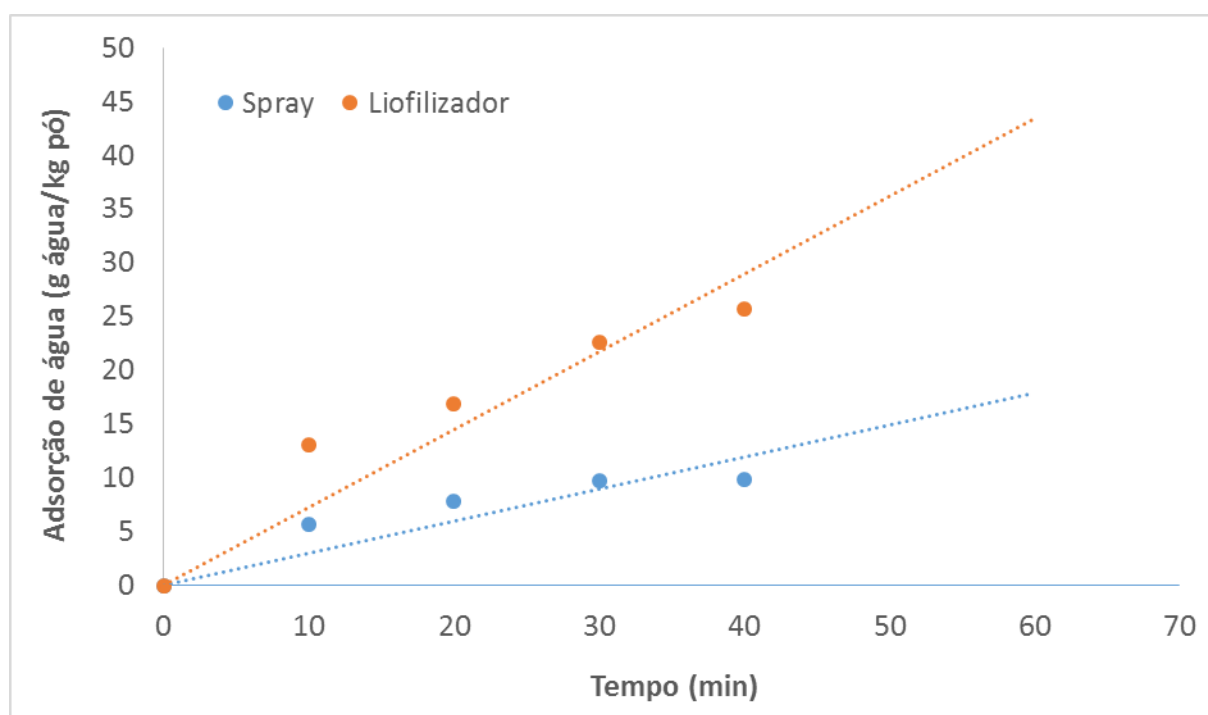


Figura 13 - Avaliação da higroscopicidade da formulação 2 processada no *Spray Dryer* e no Liofilizador.

Barbosa (2010) estudando amostras de sucos mistos de fruta microencapsuladas por *spray drying* com maltodextrina DE10 e DE20 sob as temperaturas de 155 e 165 °C verificou que a temperatura do processo de secagem tem influência direta sobre a capacidade higroscópica do produto.

Pedro *et al.* (2010) estudando o efeito dos métodos de secagem nas isotermas de sorção da polpa de maracujá microencapsulada com maltodextrina também verificaram que o método

de secagem afeta de forma significativa a capacidade de adsorção do produto seco, sendo que o desidratado por *spray dryer* proporcionou um produto seco com menor higroscopicidade que a dos outros métodos avaliados no estudo (liofilização; secagem a vácuo e leito fluidizado.).

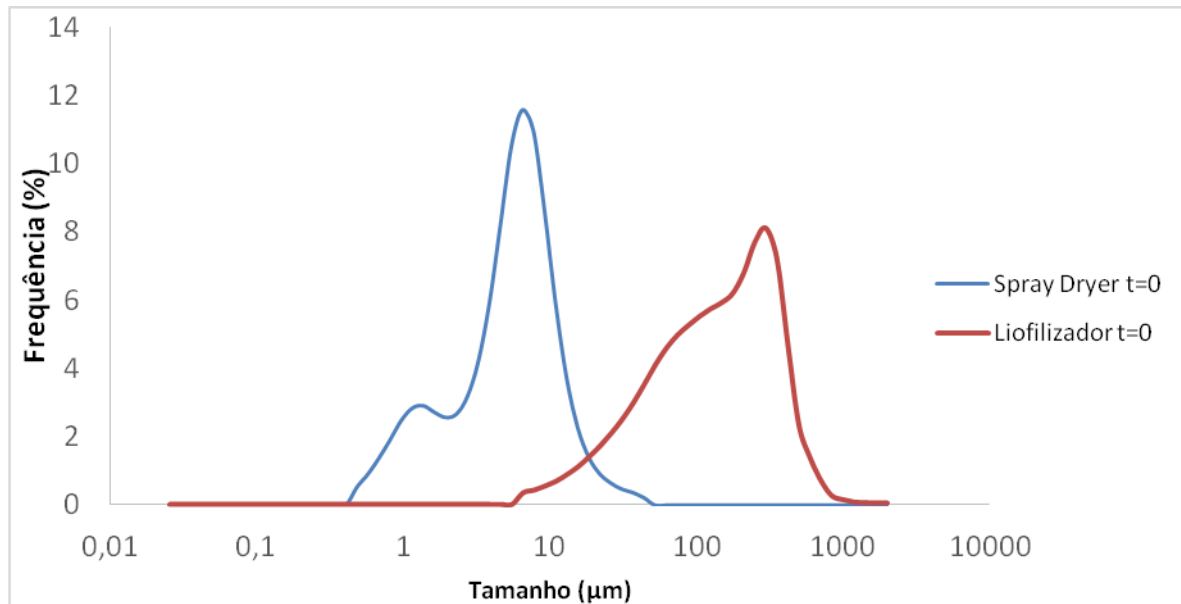


Figura 14 - Gráfico de dispersão dos tamanhos de partícula dos produtos obtidos no spray dryer e no liofilizador.

Os diâmetros médios encontrados para as amostras produzidas por *spray drying* e por liofilização foram de $6,06 \pm 0,1 \mu\text{m}$ e $169,2 \pm 20,5 \mu\text{m}$, respectivamente. Observa-se, na Figura 12, que a amostra produzida por liofilização apresentou uma distribuição muito ampla e pouco homogênea, quando comparada à amostra produzida por *spray drying*. Isso se deve ao fato de que a polpa liofilizada foi produzida em bandejas, sendo “raspada” e triturada após o fim do processo. No caso do processo de *spray drying*, a polpa foi alimentada no secador por um bico atomizador, com diâmetro fixo, resultando na formação de partículas mais uniformes.

5.7.1. Estabilidade à estocagem

As microcápsulas de *Bifidobacterium animalis spp. lactis* foram armazenadas em embalagens laminadas de polietileno, em temperaturas de 7 e 35 °C, em geladeira e estufa, respectivamente. A sobrevivência destes probióticos foi monitorada através de análise microbiológica, como descrito no item 4.6, após os tempos 0, 15, 30 e 60 dias de estocagem do produto.

Nas Tabelas 8, 9 e 10 estão apresentados os resultados obtidos para as análises físico-químicas e microbiológicas dos produtos, onde se verificou que o produto estocado a 7 °C, produzido por ambos os métodos, apresentou contagem superior ao exigido pela legislação ANVISA (2013) RDC n° 323, após 60 dias de estocagem.

Tabela 9 - Contagem de Bifidobactérias viáveis nas formulações Atomizada e Liofilizada ao longo do tempo de estocagem.

Contagem de bifidobactérias (log UFC/g)				
TEMPO (dias)	Liofilização		<i>Spray drying</i>	
	7 °C	35 °C	7 °C	35 °C
0	9,55 ± 0,01 ^{aA}	9,55 ± 0,01 ^{aA}	9,13 ± 0,02 ^{aA}	9,13 ± 0,02 ^{aA}
15	8,90 ± 0,09 ^{aA}	6,50 ± 0,71 ^{bB}	8,90 ± 0,09 ^{aA}	7,15 ± 0,21 ^{bB}
30	9,96 ± 0,01 ^{aA}	ND	7,93 ± 0,21 ^{aB}	ND
60	8,59 ± 0,63 ^{aA}	ND	7,69 ± 0,12 ^{aB}	ND

* ND = Contagem inferior a 10⁻⁴ UFC/g.

**Letras diferentes indicam diferença significativa: Letra minúscula: entre diferentes temperaturas; Letra maiúscula: entre diferentes processos.

A análise dos dados exibidos na Tabela 9 demonstra o número de células viáveis de *Bifidobacterium animalis spp. lactis* armazenada a 7 e 35 °C, onde a estocada a 35 °C reduziu após 15 dias de estocagem, e já não apresentaram contagem de bactérias viáveis a partir do 30° dia. As amostras liofilizadas armazenadas a 7 °C não apresentaram diferença significativa ao longo dos 60 dias de estocagem, enquanto as produzidas por *spray drying* apresentaram uma redução significativa na contagem de células viáveis a partir do trigésimo dia.

De acordo com Anal e Singh (2007), bactérias probióticas são sensíveis à temperatura à qual são submetidas durante a secagem, pois as membranas celulares e proteínas das bactérias podem sofrer danos, o que pode levar à perda da atividade probiótica após algumas semanas de armazenamento. Isso pode explicar as menores taxas de sobrevivência observadas nas amostras produzidas por *spray drying*.

Conforme mencionado, houve uma redução maior para o pó estocado a 35 °C em relação ao estocado a 7 °C (Tabela 9), indicando que a utilização da temperatura de refrigeração para o armazenamento de *Bifidobacterium animalis spp. lactis* microencapsulado e seco em *spray dryer* e liofilizador teve efeito benéfico. Este resultado foi semelhante ao

reportado por Desmond *et al.*, (2002), que armazenaram *Lactobacillus paracasei* NFBC 338 microencapsulado por *spray dryer* a 4, 15 e 30 °C e verificaram que quanto menor a temperatura utilizada na estocagem, maior a viabilidade dos probióticos durante 4 meses de estocagem.

Pereira *et al.* (2014) observou comportamento semelhante no suco de caju probiótico microencapsulado por *spray drying* utilizando maltodextrina e goma arábica como materiais de parede. Os autores verificaram que a contagem de *Lactobacillus casei* foi consideravelmente maior para os pós estocados a 4 °C, em comparação aos estocados a 25 °C, confirmando o efeito negativo da temperatura sobre a sobrevivência dos microrganismos.

A Tabela 10 apresenta os teores de compostos fenólicos totais presentes nas amostras armazenadas a 7 °C e a 35 °C.

Tabela 10 - Concentração de fenólicos totais nas formulações Atomizada e Liofilizada ao longo do tempo de estocagem.

Fenólicos Totais (mg ác. Gálico/100g)				
TEMPO (dias)	Liofilização		Spray drying	
	7°C	35°C	7°C	35°C
0	2567,4 ± 47,7 ^{aA}	2567,4 ± 47,7 ^{aA}	2493,6 ± 70,4 ^{aA}	2493,6 ± 70,4 ^{aA}
15	2649,9 ± 95,8 ^{aA}	2711,0 ± 48,5 ^{aA}	2662,5 ± 30,3 ^{aA}	2635,3 ± 63,3 ^{aA}
30	2506,3 ± 56,1 ^{aA}	2364,7 ± 324,5 ^{bA}	2462,7 ± 95,4 ^{aA}	2472,6 ± 46,7 ^{aA}
45	2605,1 ± 149,7 ^{aA}	2465,5 ± 58,7 ^{aA}	2287,7 ± 91,9 ^{aB}	2433,3 ± 38,2 ^{aA}
60	2617,6 ± 38,4 ^{aA}	2540,6 ± 151,9 ^{aA}	2350,5 ± 150,1 ^{aB}	2488,1 ± 36,6 ^{aA}

**Letras diferentes indicam diferença significativa. Letra minúscula: entre diferentes temperaturas; Letra maiúscula: entre diferentes processos.

Os compostos fenólicos se mostraram estáveis ao longo da avaliação do produto, com poucas variações entre as diferentes amostras, indicando que a formulação foi capaz de proteger os biocompostos das condições adversas do processamento e também da estocagem ao longo do tempo.

O maior teor de fenólicos observado nos pós produzidos com o segundo lote de polpa, em relação ao primeiro, se deve ao maior teor de sólidos presente na polpa filtrada (6,81%, de acordo com a Tabela 6).

O conteúdo de fenólicos totais encontrado durante a estabilidade, assim como na caracterização da polpa e das 4 formulações, se manteve superior aos valores encontrados nos estudos de Silva (2013) com juçara atomizada, segundo o qual as amostras não se mantiveram estáveis no período de 60 dias quanto aos compostos fenólicos.

Quanto à atividade antioxidante, os resultados encontrados (Tabela 11), apresentam uma variação muito pequena entre as amostras, indicando que a amostra F2 processada por liofilização e atomização foi capaz de estabilizar os compostos que conferem essa atividade antirradical nas temperaturas de estocagem avaliadas no período de 60 dias. Estando em conformidade com Saénz (2009) que observou maior retenção de Betacianinas no período de estocagem no estudo da polpa de figo da Índia microencapsulada com maltodextrina e inulina, estocadas a 60 °C.

Tabela 11 - Avaliação da Atividade Antirradical ABTS⁺ na formulação Atomizada e Liofilização ao longo do tempo de estocagem em base seca.

Atividade Antirradical ABTS ⁺ (µmol de Trolox equivalente/g)				
TEMPO (dias)	Liofilização		Spray drying	
	7°C	35°C	7°C	35°C
0	172,6 ± 16,0 ^{aA}	172,6 ± 16,0 ^{aA}	144,2 ± 24,4 ^{aA}	144,2 ± 24,4 ^{aA}
15	182,9 ± 37,7 ^{aA}	172,8 ± 22,0 ^{aA}	111,7 ± 12,2 ^{aB}	95,3 ± 15,6 ^{aB}
30	217,3 ± 21,4 ^{aA}	186,6 ± 14,6 ^{aA}	137,8 ± 25,5 ^{aB}	149,8 ± 36,6 ^{aA}
45	172,1 ± 12,1 ^{aA}	227,4 ± 48,0 ^{aA}	139,3 ± 4,5 ^{aB}	129,5 ± 17,6 ^{aB}
60	164,6 ± 34,3 ^{aA}	158,6 ± 14,7 ^{aA}	145,2 ± 13,8 ^{aA}	130,2 ± 27,8 ^{aB}

* Letras diferentes indicam diferença significativa. Letra minúscula: entre diferentes temperaturas; Letra maiúscula: entre diferentes processos.

6. CONCLUSÕES

O presente estudo mostrou que os processos de *spray drying* e liofilização foram adequados para se obter um produto probiótico em pó a base de juçara.

Dentre as formulações de agentes carreadores avaliadas, a mistura de 50% maltodextrina e 50% inulina foi a que apresentou os melhores resultados em termos de retenção de compostos bioativos (compostos fenólicos e antocianinas), sendo selecionada para o estudo de estabilidade.

Em relação aos diferentes processos, as amostras produzidas por liofilização apresentaram maior contagem de microrganismos viáveis durante a estocagem, quando comparadas às produzidas por *spray drying*. O aumento da temperatura de estocagem afetou negativamente a sobrevivência dos microrganismos, sendo que as amostras estocadas a 35°C apresentaram contagem inferior a 10^6 UFC/g após 30 dias de estocagem, indicando que o produto deve ser estocado sob-refrigeração.

Este estudo, além de buscar agregar valor ao fruto da juçara, pouco conhecido e consumido atualmente e de gerar conhecimentos sobre o efeito da secagem sobre as propriedades do suco de juçara adicionado de probióticos, dados ainda pouco encontrados na literatura, permitiu a obtenção de um produto que poderá ser de interesse tanto das indústrias de alimentos como farmacêuticas.

Desta forma, o objetivo de desenvolver um processo para obtenção de um produto funcional, com grande possibilidade de apresentar um impacto ambiental positivo foi alcançado.

7. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Estudar a estocagem em outras temperaturas, como por exemplo, a de congelamento;
- Avaliar a estrutura das microcápsulas através da técnica de microscopia eletrônica de varredura;
- Avaliar a estabilidade física do produto quando armazenado em diferentes umidades relativas, através da construção de isotermas de sorção e determinação da temperatura de transição vítrea;
- Avaliar a viabilidade de aplicação do produto na formulação de alimentos, como iogurtes e produtos lácteos;

- Produzir cápsulas de gelatina contendo o suco de juçara probiótico em pó, para serem consumidas como suplementos alimentares;
- Avaliar formulações utilizando outros agentes encapsulantes.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A.O.A.C. **Official Methods of Analysis**. 18th ed. Association of official analytical chemists, gaithersburg, maryland, 2006.

AOAC. **Official Methods of Analysis**. Arlington, VA, USA: Association of official analytical chemist, 2010.

AL-KAHTANI,H.A. and HASSAN,B.H. 1990.*Spray drying* of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) extract. **Journal Food and Science**. 55, 1073–1076.

ALVES, R. M. V.,JAIME, S. B.M., ITO, D., MOREIRA, C. Q. Influência das propriedades de barreira de embalagens flexíveis na estabilidade de leite em pó integral **Brazilian Journal Food and Technology**., v. 11, n. 1, p. 46-53, jan./mar. 2008.

ANAL, A.K.; SINGH, H. Recent advances in microencapsulation of probiotics for industrial applications and targeted delivery. **Trends in Food Science & Technology**, v.18, n.5, p.240-251, 2007.

ANEKELLA, K.; ORSAT, V. Optimization of microencapsulation of probiotics in raspberry juice by *spray drying*. **LWT – Food Science and Technology**, v.50, n.1, p.17-24, 2013.

ANTUNES, A. E. C., LISERRE, A. M., COELHO, A. L. A., MENEZES, C. R., MORENO, I., YOTSUYANAGI, K., & AZAMBUJA, N. C. (2013). Acerola nectar with added microencapsulated probiotic. **LWT-Food Science and Technology**, 54(1), 125-131.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Alimentos com Alegação de Propriedades Funcionais e ou de Saúde, Novos Alimentos/Ingredientes, Substâncias Bioativas e Probióticos**, 2008.

AUGUSTA, I. M. A. **Extração e secagem da casca de jambo vermelho (*Syzygium malaccensis*, (L) Merryl et Perry) para obtenção de corante** 2011. Tese (doutorado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Programa de Pós- Graduação de Processos Químicos e Bioquímicos, Rio de Janeiro, 2011.

AUGUSTIN, M.A. *et al.* Microencapsulation of food ingredients. **Food Australia**, v.53, p.220-223, 2001.

BARBOSA, M. I. M. J. **Microcápsulas de bixina: obtenção, aplicação e estudos de fotodegradação em sistemas-modelo**. 2009.155p. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos). Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2009.

- BARBOSA, S. J. **Qualidade de suco em pó de mistura de frutas obtido por Spray drying** (Doctoral dissertation, Dissertação (Mestrado), Universidade Estadual de Montes Claros–UNIMONTES) (2010).
- RODRÍGUEZ-BARONA, S., MONTES, L. M., & RAMÍREZ, D. D. J. (2012). MICROENCAPSULACIÓN DE PROBIÓTICOS MEDIANTE SECADO POR ASPERSIÓN EN PRESENCIA DE PREBIÓTICOS. *Vitae*, 19(1), S186-S188.
- BAZO, G. R.; ALVIM, I. D.; NABESHIMA, E. H.; VISSOTO, F.Z.; RUFFI, C. R. G. Caracterização e seleção de diferentes fontes de fibras alimentares quanto às propriedades físicas e físico-químicas para aplicação em biscoitos visando a redução de colesterol. **6° Congresso Interinstrumental de Iniciação Científica – CIIC 2012** – Jaguariuna, SP.
- BICUDO, M. O. P. **Phenolic composition, antioxidant activity and microencapsulation of juçara fruits (*Euterpe edulis*): interesting issues for the food industry**. 2014. Thesis (Doctorate in Food Engineering) – Graduate Program in Food Engineering, Federal University of Parana, Curitiba.
- BHANDARI, B.R.; DATA, N.; HOWES, T. Problems associated with *spray drying* of sugar-rich foods. *Drying Technology*, v.15, n.2, p.671-684, 1997.
- BORGES, G.D.S.C.; VIEIRA, F.G.K.; COPETTI, C.; GONZAGA, L.V.; ZAMBIAZI, R.C.; FILHO, J.M.; FETT, R. Chemical characterization, bioactive compounds, and antioxidant capacity of jussara (*Euterpe edulis*) fruit from the Atlantic Forest in southern Brazil. *Food Research International*, v.44, n.7, p.2128-2133, 2013.
- BORGOGNONI, C. F. **Microencapsulação por liofilização de d-limoneno em maltrodextrina e quitosana modificada**. 2005. 123p. Dissertação. Mestrado em Tecnologia de Alimentos. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.
- BRAVO L. Polyphenols: chemistry, dietary sources, metabolism and nutrition significance. *Nutr Rev* 1998; 56 (11): 317-33.
- BUSTOS, P.; BÓRQUEZ, R. Influence of osmotic stress and encapsulating materials on the stability of autochthonous *Lactobacillus plantarum* after *spray drying*. *Drying Technology*, v.31, n.1, p.57-66, 2013.
- CANO-CHAUCA, M.; STRINGHETA, P. C.; RAMOS, A. M.; CAL-VIDAL, J. Effect of the carriers on the microstructure of mango powder obtained by *spray drying* and its functional characterization. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, v.5, n.4, p.420-428, 2005.
- CAPITO, S. M. P. **Raiz tuberosa de yacon (*Polyminia sonchifolia*): caracterização química e métodos de determinação de frutanos (CG e CLAE-DPA)**. 2001. 101p.

Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade Estadual de São Paulo, São Paulo, 2001.

CARMO, E. L.; FERNANDES, R. V. B.; BORGES, S. V. Microencapsulação por Spray Drying, novos biopolímeros e aplicações na tecnologia de alimentos. **Journal of Chemical Engineering and Chemistry**. v. 1, n. 2 p.30 – 44, 2015.

CARPITA, N.C.; KELLER, F.; GIBEAUT, D.M.; HOUSLEY, T.L.; MATILE, P. Synthesis of inulin oligomers in tissue slices, protoplasts and intact vacuoles of Jerusalem artichoke. **Journal of Plant Physiology**, v. 138, p. 204-210, 1991.

CASTRO, R. W. **Caracterização de açaí obtido de frutos de *Euterpe edulis Martius* tratados termicamente**. 2012. 57 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Título de Engenheiro Agrônomo) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

CÉRANTOLA, S.; KERVAREC, N.; PINCHON, R.; MAGNÉ, C.; BESSIERES, M.A.; DESLANDES, E. NMR characterisation of inulin-type fructooligosaccharides as the major water-soluble carbohydrates from *Matricaria maritima* (L.). **Carbohydrate Research**, v.339, n.14, p.2445-2449, 2004.

CIPRIANO, P. D. A. (2011). **Antocianinas de açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) e casca de jaboticaba (*Myrciaria jaboticaba*) na formulação de bebidas isotônicas** - Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

CHIOU, D.; LANGRISH, T. A. G. Development and characterisation of novel nutraceuticals with spray drying technology. **Journal of Food Engineering**, v.82, n.1, 84-91, 2007.

COHEN MV. Free radicals in ischemic and reperfusion myocardial injury: is this time for clinical trials? **Ann Intern Med** 111;918-31:1989.

CORCORAN, B. M., ROSS, R. P., FITZGERALD, G. F., & STANTON, C. (2004). Comparative survival of probiotic lactobacilli spray-dried in the presence of prebiotic substances. **Journal of Applied Microbiology**, 96(5), 1024-1039.

CORRÊA, C. B.; CABRAL, L. M. C.; DELIZA, R.; MATTA, V. M. Açaí blend formulated with the microfiltration retentate fraction. **Alimentos Nutrição**, Araraquara, v. 21, n. 3, p. 377-383, jul./set. 2010.

COSTA, E. C. **Secagem Industrial**. 1ª Ed. São Paulo. Blücher. 2007. 177p.

COSTA, DAYANE ALVES *et al.* Avaliação do potencial antioxidante in vitro do composto ciano-carvona. **Revista de Ciências Farmacêuticas Básica e Aplicada**, v. 33, n. 4, p. 567-575, 2013.

CRUZ, A. P. G. Avaliação do efeito da extração e da microfiltração do açaí sobre sua composição e atividade antioxidante. *Rio de Janeiro: UFRJ/IQ* (2008).

CUMMINGS, J.H.; STEPHEN, A.M. Carbohydrate terminology and classification. **European Journal of Clinical Nutrition**, v. 61, n. 1, p. 5-18, 2007.

DAMODARAN, S.; PARKIN, K.; FENNEMA, O.R. **Química de Alimentos de Fennema**. Porto Alegre: Artmed, 2010.

DE MAN J. C., ROGOSA M. AND SHARPE M. E. A medium for the cultivation of lactobacilli. **Journal of Applied Bacteriology**, v. 23, p.130-135, 1960.

DESMOND, C.; STANTON, C.; GITZGERALD, G. F.; COLLINS, K.; ROSS, R.P. Environmental adaptation of probiotic lactobacilli towards improvement of performance during *spray drying*. **International Dairy Journal**, v.11, p.801-808, 2002.

DONKOR, O. N.; HENRIKSSON, A.; VASILJEVIC, T.; SHAH, N. P. Rheological properties and sensory characteristics of set type soy yogurt. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 55, p. 9868-9876, 2007.

DOWNHAM A, COLLINS P. Colouring our foods in the last and next millennium. **Int J Food Sci Technol** 35(1);5-22: 2000

FAO/WHO. **Working Group Report on Drafting Guidelines for the Evaluation of Probiotics in Food**. London, Ontario, Canada, April 30 and May 1, 2002.

FÁVARO-TRINDADE, C.S. *et al.* Revisão: microencapsulação de ingredientes alimentícios. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.11, p.103-112, 2008.

FELLOWS, P.J. **Tecnologia do processamento de alimentos**. 2ª edição. Artmed, 2006.

FERREIRA, A. L.; MATSUBARA, L. S. Free radicals: concepts, associated diseases, defense system and oxidative stress. **Revista da Associação Médica Brasileira**, v. 43, n. 1, p. 61-8, 2014.

FRANCK, A. inulin. In: **Food Polysaccharides and their applications**. STEPHEN, A. (Ed). 2 ed., New York, USA: Marcel Dekker, 2006. 733p.

FRITZEN-FREIRE, C. B.; PRUDÊNCIO, E. S.; AMBONI, R. D. M. C.; PINTO, S. S.; NEGRÃO-MURAKAMI, A. N.; MURAKAMI, F. S. Microencapsulation of bifidobacteria by spray drying in the presence of prebiotics. **Food Research International**, v. 45, p.306-312, 2012.

FRITZEN-FREIRE, C.B.; PRUDÊNCIO, E.S.; AMBONI, R.D.M.C.; PINTO, S.S.; NEGRÃO-MURAKAMI, A.N.; MURAKAMI, F.S. Microencapsulation of bifidobacteria by *spray drying* in the presence of prebiotics. **Food Research International**, v.45, n.1, p.306-312, 2012.

FRITZEN-FREIRE, C.B. *et al.* Effect of microencapsulation on survival of Bifidobacterium BB-12 exposed to simulated gastrointestinal conditions and heat treatments. **LWT- Food Science and Technology**, v.50, p.39-44, 2013.

GABAS, A.L., TELIS, V.R.N., SOBRAL, P.J.A. and TELIS-ROMERO, J. 2007. Effect of maltodextrin and Arabic gum in water vapor sorption thermodynamic properties of vacuum dried pineapple pulp powder. **J. Food Eng.** 82, 246–252.

GALVANO F, LA FAUCI L, VITAGLIONE P, FOGLIANO V, VANELLA L, FELGINES C. **Bioavailability, antioxidant and biological properties of the natural free-radical scavengers cyanidin and related glycosides.** Ann Ist Super Sanita. 43(4):382-393: 2007.

GARBIN, V.P. **Análise da atividade antimicrobiana dos extratos dos frutos, oleos das sementes e fungos isolados da palmeira juçara (*Euterpe edulis Martius* 1824).** 86p. Dissertação (Mestrado em Microbiologia), Departamento de Patologia Básica, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

GEORGE, S.; BRAT, P.; ALTER, P.; AMIOT, M. J. Rapid determination of polyphenols and vitamin C in plant-derived products. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.53, n.5, p.1370-1373, 2005.

GIUSTI, M. M.; WROLSTAD, R. E. Characterization and measurement of anthocyanins by UV-visible spectroscopy. In WROLSTAD, R. E. (Ed.). **Current Protocols in Food Analytical Chemistry**. New York: John Wiley & Sons, Inc., 2001. Cap. F1, p.F1.2.1–1.2.13.

GODERSKA, K. A. M. I. L. A., & CZARNECKI, Z. (2008). Influence of microencapsulation and spray drying on the viability of Lactobacillus and Bifidobacterium strains. **Polish Journal of Microbiology**, 57(2), 135-140.

GOMES, C.R.; VISSOTO, F.Z.; FADINI, A.L.; FARIA, E.V.; LUIZ, A.M. Influência de diferentes agentes de corpo nas características reológicas e sensoriais de chocolates diet em sacarose e light em calorias. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n. 3, p. 614-623, 2007.

GOULA, A. M.; ADAMOPOULOS, K. G. *Spray drying* of tomato pulp: Effect of feed concentration. **Drying Technology**, v.22, n.10, p.2309-2330, 2004.

HEENAN, C.N., ADAMS, M.C., HOSKEN, R.W., FLEET, G.H. Survival and sensory acceptability of probiotic microorganisms in a nonfermented frozen vegetarian dessert. **LWT - Food Science and Technology**, v.37, n.4, p.461-466, 2004.

HENDERSON, A. The genus *Euterpe* in Brazil. In: REIS, M.S.; REIS, A. (Eds.) ***Euterpe edulis Martius* – (Palmito) biologia, conservação e manejo**. Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues, 2000.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas: Métodos Químicos e Físicos para Análise de Alimentos**. São Paulo, 1985.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION; INTERNATIONAL DAIRY FEDERATION. **ISO 20128/IDF 192: Milk products – Enumeration of presumptive *Lactobacillus acidophilus* on a selective medium – Colony-count technique at 37°C**. Geneva: ISO, 2006. 11p.

ISHIBASHI N, SHIMAMURA S. Bifidobacteria: research and development in Japan. **Food Technology** v. 47, p. 126-135, 1993.

JANTZEN, M., GÖPEL, A., BEERMANN, C. Direct *spray drying* and microencapsulation of probiotic *Lactobacillus reuteri* from slurry fermentation with whey. **Journal of Applied Microbiology**, v.115, n.4, p.1029-1036, 2013.

JAWORSKA, D.; NEFFE, K.; KOLOZYN-KRAJEWSKA, D.; DOLATOWSKI, Z. Survival during storage and sensory effect os potential probiote lactic acid bacteria *Lactobacillus acidophilus* Bauer and *Lactobacillus casei* Bif3⁷/IV in dry fermented pork lions. **International Journal of Food Science and Tecnology**, v. on line, p. 1-7, 2011.

JULIA, P., & DALLA, D. **DESIDRATAÇÃO DE POLPA DE PITANGA E JABUTICABA EM SPRAY DRYER: CONDIÇÕES DE PROCESSO E PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DO PÓ**. 6º Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica - CIIC 2012 - 13 a 15 de agosto de 2012– Jaguariúna, SP

KANAKDANDE, D.; BHOSALE, R.; SINGHAL, R. S. Stability of cumin oleoresin microencapsulated in diVerent combination of gum arabic, maltodextrin and modiWed starch. **Carbohydrate Polymers**, v.67, p. 536–541, 2007.

KARACA, O. B.; GÜVEN, M.; YASAR, K.; RAYA, S.; KAHYAOGLU, T. The functional, rheogological and snsory characteristics of ice cream with various fat replacers. **International Journal of Dairy Tecnology**, v. 62, p. 93-99, 2009.

KAUSHIK,V.;ROOS,Y.H. Limonene encapsulation in freeze-drying of gum Arabic-sucrose-gelatin systems. **Food Science and Techonology**, v.40, p.1381–1391, 2007.

KELLY, N.D. Inulin-Type Prebiotics: A Review (Part 1). **Alternative Medicine Review**, v.13, n.4, p. 315-329, 2008.

KINGWATEE, N., APICHARTSRANGKOON, A., CHAIKHAM, P., WORAMETRACHANON, S., TECHARUNG, J., & PANKASEMSUK, T. (2015). Spray drying *Lactobacillus casei* 01 in lychee juice varied carrier materials. **LWT-Food Science and Technology**, 62(1), 847-853.

- KIM, D. C.; CHAE, H. J.; & IN, M. J. Fermentation characteristics of Korean pear (*Pyrus pyrifolia* Nakai) puree by the *Leuconostoc mesenteroides* 51-3 strain isolated from kimchi. **African Journal of Biotechnology**, v. 9, p. 5735-5738, 2010.
- KONG JM, CHIA LS, GOH NK, CHIA TF, BROUILLARD R. Analysis and biological activities of anthocyanins. **Phytochemistry** 64:923-933: 2003
- KUSKOSKI EM *et al.*, Actividad antioxidante de pigmentos antocianicos. **Cienc Tecnol Aliment** 24(4):691-3:2004.
- KUSKOSKI, E. M.; ASUERO, A. G.; MORALES, M. T.; FETT, R. Frutos tropicais silvestres e polpas de frutas congeladas: atividade antioxidante, polifenóis e antocianinas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 4, p. 1283-1287, jul./ago. 2006.
- LEE SJ, UMANO K, SHIBAMOTO T, LEE KG. Identification of volatile components in basil (*Ocimum basilicum* L.) and thyme leaves (*Thymus vulgaris* L.) and their antioxidant properties. **Food Chem** 2005; 91(1): 131-7.
- LEITE, SABRINA TORRES. **Iogurte simbiótico de açaí (*Euterpe edulis* Mart.): caracterização físico-química e viabilidade de bactérias lácticas e probiótica**. 2015. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, ES.
- LEONEL, M.; OLIVEIRA, M.A.; MISCHAN, M.M.; PINHO, S.Z. Composição química e perfil de açúcares de tubérculos de alcachofra de Jerusalém submetidos a diferentes condições de armazenamento. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 9, n. 2, p. 109-113, 2006.
- MADRIGAL, L.; SANGRONIS, E. La inulina y derivados como ingredientes claves em alimentos funcionales. **Archivos Latinoamericanos de Nutritión**, v. 57, n. 4, p.387-396, 2007.
- MAGARIÑOS, H.; CARTES, P.; FRASER, B.; SELAIVE, S.; COSTA, M.; FIGUEROLA, F.; PIZZARO, O. Viability of probiotic microorganisms (*Lactobacillus casei* Shirota and *Bifidobacterium animalis* subsp. *Lactis*) in a Milk-based dessert with cranberry sauce. **International Journal of Dairy Technology**, v. 61, p. 96-101, 2008.
- MARTINEZ-FLORES S, GONZALEZ-GALEGO J, CULEBRAS JM, TUNÓN MJ. Los flavonóides: propiedades y acciones antioxidantes. **Nutr Hosp** 17(6):271-8: 2002.
- MATA, M. E. R. M. C.; MEDEIROS, S. S. A.; DUARTE, M. E. M. Microencapsulamento do umbu em pó com diferentes formulações de maltodextrina: estudo do tamanho das partículas por microscopia eletrônica. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande-PB, v. 7, n. 1, p. 59-70, 2005.

MIRZAEI, H. *et al.* Effect of calcium alginate and resistant starch microencapsulation on the survival rate of *Lactobacillus acidophilus* La5 and sensory properties in Iranian white brined cheese. **Food Chemistry**, v.132, p.1966-1970, 2012.

MESTRY, A. P., MUJUMDAR, A. S., & THORAT, B. N. (2011). Optimization of spray drying of an innovative functional food: fermented mixed juice of carrot and watermelon. **Drying Technology**, 29, 1121–1131.

MUKAI-CORREA,R.; PRATA, A.S.; ALVIM, I.D.; GROSSO,C. Caracterização de Microcápsulas Contendo Caseína e Gordura Vegetal Hidrogenada Obtidas por Gelificação Iônica. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.8, p. 73-80, 2005.

NACZK M, SHAHIDI F. Extraction and analysis of phenolics in **Food. J Chromatography A** 2004; 1054 (1/2): 95-111.

NACZK, M.; SHAHIDI, F. Extraction and analysis of phenolics in food. **Journal of Chromatography A**. v. 1054, p 95-111, 2004.

NASCIMENTO, R. J. S.; COURI, S.; ANTONIASSI, R.; FREITAS, S. P. Composição em ácidos graxos do óleo da polpa de açaí extraído com enzimas e com hexano. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 30, n. 2, 2008.

OLIVEIRA, G. S., COSTA, J. & AFONSO, M. R. (2014). Caracterização e comportamento higroscópico do pó da polpa de cajá liofilizada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, 18(10), 1059-1064.

ORDÓÑEZ, J.A. **Tecnologia de Alimentos**. 1ªEd. Porto Alegre. Artemed 2005. 293p.

OZEN, A.E.; PONS, A.; TUR, J.A. Worldwide consumption of functional foods: A systematic review. **Nutrition Reviews**, v.70, n.8, p.472-481, 2012.

PACHECO-PALENCIA, L. A.; DUNCAN, C. E.; TALCOTT, S. T. Phytochemical composition and thermal stability of two commercial açaí species, *Euterpe oleracea* and *Euterpe precatoria*. **Food Chemistry**, 115, 4, p.1199-1205, 2009.

PAGANI, M. M. **Obtenção de suco de acerola (*Malpighia emarginata*, D.C.) concentrado e pós estáveis através da integração dos processos de separação por membranas e microencapsulação por atomização**/Mônica Marques Pagani. - Rio de Janeiro: UFRJ/ IQ, 2010.

PANESAR, P. S. Fermented dairy products: starter cultures and potencial nutritional benefits. **Food and Nutrition Sciences**, v. 2, p. 47-51, 2011.

PEDRO, M. A. M., TELIS-ROMERO, J., & TELIS, V. R. N. (2010). Effect of drying method on the adsorption isotherms and isosteric heat of passion fruit pulp powder. **Food Science and Technology**, 30(4), 993-1000.

- PEIGHAMBARDOUST, S.H.; GOLSHAN TAFTI, A.; HESARI, J. Application of *spray drying* for preservation of lactic acid starter cultures: A review. **Trends in Food Science and Technology**, v.22, n.5, p.215-224, 2011.
- PELEG H, BODINE KK, NOBLE AC. **The influence of acid on adstringency of alum and phenolic compounds**. Chem Senses 1998; 23 (3): 371-8.
- PENA, R. S.; MENDONÇA, N. B.; ALMEIDA, M. D. C. Comportamento higroscópico do açaí em pó. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 12, n. 2, p. 153-161, 2010.
- PEREIRA, A. L. F., ALMEIDA, F. D. L., LIMA, M. A., DA COSTA, J. M. C., & RODRIGUES, S. (2014). Spray-drying of probiotic cashew apple juice. **Food and bioprocess technology**, 7(9), 2492-2499.
- POSSEMIERS, S.; MARZORATI, M.; VERSTRATE, W.; & VAN DE WIELE, T. Bacteria and chocolate: a successful combination for probiotic delivery. **International Journal of Food Microbiology**, v. 141(1e2), p. 97-103, 2010.
- PRIOR, RL. Fruits and vegetables in the prevention of cellular oxidative damage. **Am J Clin Nutr** 78 (suppl) 570-578: 2003.
- PORUBCAN RS, SELLARS RL. Lactic starter culture concentrates. In: Pepler HJ, Perlman D. (Eds.), **Microbial Technology**, 2th ed. New York: Academic Press. p 59-92, 1979.
- RANADHEERA, R. D. C. S.; BAINES, S. K.; ADAMS, M. S. Importance of food in probiotic efficacy. **Food Research International**, v. 43, p. 1-7, 2010.
- RATTI, C. Hot air and freeze-drying of high-value foods: a review. **Journal of Food Engineering, London**, v. 49, p. 311-319, 2001.
- RAULT-NANIA, M.H.; DEMOUGEOT, C.; GUEUX, E.; BERTHELOT, A.; DZIMIRA, S.; RAYSSIGUIER, Y.; ROCK, E.; MAZUR, A. Inulin supplementation prevents high fructose diet-induced hypertension in rats. **Clinical Nutrition**, v. 21, p. 276-282, 2008.
- RÉ, M.I. Microencapsulation by *spray drying*. **Drying Technology**, v.16, n.6, p.1195-1236, 1998.
- RE, R.; PELLEGRINI, N.; PROTEGGENTE, A.; PANNALA, A.; YANG, M.; RICE-EVANS, C. Antioxidant Activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. **Free Radical Biology & Medicine**, v.26, n.9/10, p.1231-1237, 1999.
- REID, G. The role of Cranberry and probiotics in intestinal and urogenital tract health. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 42, n.3, p.293-300, 2002.

- REINECCIUS, G. A. Multiple-core encapsulation: the *spray drying* of food ingredients. In: VILSTRUP, P. **Microencapsulation of food ingredients**. Leatherhead Publishing, 2001, p.151-185.
- RIGHETTO, A.M. and NETTO, F.M. 2005. Effect of encapsulating materials on water sorption, glass transition and stability of juice from immature acerola. **Int. J. Food Prop.** 8, 337–346.
- RODRÍGUEZ-HUEZO, M.E.; DURÁN-LUGO, R.; PRADO-BARRAGÁN, L.A.; CRUZ-SOSA, F.; LOBATO-CALLEROS, C.; ALVAREZ-RAMÍREZ, J.; VERNON-CARTER, E.J. Pre-selection of protective colloids for enhanced viability of *Bifidobacterium bifidum* following spray-drying and storage, and evaluation of aguamiel as thermoprotective prebiotic. **Food Research International**, v.40, n.10, p.1299-1306, 2007.
- SAAD, S. M. I. Probióticos e prebióticos: o estado da arte. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 42, n.1, p.1-16, 2006.
- SAAD, S. M. I.; CRUZ, A. G.; FARIA, J. A. F. **Probióticos e Prebióticos em Alimentos: Fundamentos e Aplicações Tecnológicas**. 1 ed. São Paulo: Livraria Varela, 2011.
- SAÉNZ, C., TAPIA, S., CHÁVEZ, J., & ROBERT, P. (2009). Microencapsulation by spray drying of bioactive compounds from cactus pear (*Opuntia ficus-indica*). **Food Chemistry**, 114(2), 616-622.
- SANCHEZ, B.; REYES-GAVILAN, C. G.; MARGOLLES, A.; GUEIMONDE, M. Probiotic fermented milks: present and future. **International Journal of Dairy Technology**, v. 62, p. 1-10, 2009.
- SANTOS, A. A. **ESTUDO DAS VARIÁVEIS NO PROCESSO DE COMPACTAÇÃO DE PÓS À BASE DE ALUMINA**. 2012. Tese de Doutorado. UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO São Paulo.
- SANTOS, A. B.; FERREIRA V. P.; GROSSO, C. R. F. Microcápsulas: Uma alternativa viável. Microencapsulação de produtos sensíveis à oxidação óleo-resina de páprica. **Biotecnologia, Ciência e Desenvolvimento**, v.3, p.26-30, 2000.
- Schutyser, M. A. I., Perdana, J., & Boom, R. M. (2012). Single droplet drying for optimal spray drying of enzymes and probiotics. **Trends in Food Science & Technology**, 27, 73–82.
- SCHULTZ, J. **Compostos fenólicos, antocianinas e atividade antioxidante de açais de *Euterpe edulis Martius* e *Euterpe oleracea Martius* submetidos a tratamentos para a sua conservação**. 2008.

SECOLIN, VANESSA APARECIDA. **Microencapsulação de compostos bioativos de *Camellia sinensis* em sistemas lipídicos por spray drying**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

SEMYONOV,D.;RAMON,O.;KAPLUN,Z.;LEVINSRENER, L.; GUREVICH,N.;SHIMONI, E. Microencapsulation of *Lactobacillus paracasei* by spray freeze drying. **Food Research International** ,v.43 , p.193–202, 2010.

SHAHIDI F, NACZK M. Food phenolics: sources, chemistry, effects and applications. **Lancaster: Technomic**; 1995.

SHARP, M. D.; MCMAHON, D. J.; BROADBENT, J. R. Comparative evaluation of yogurt and low-fat Cheddar cheese as delivery media for probiotic *Lactobacillus casei*. **Journal of Food Science**, v. 73, p. M375-M377, 2008.

SILVA, M. G. P. C.; BARRETTO, W. S.; SERÔDIO, M. H. **Comparação nutricional da polpa dos frutos de juçara e de açai**. In: XVIII CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA. Florianópolis, Santa Catarina, 22 a 26 de novembro de 2004..Anais...CD ROOM, Florianópolis, SC, 2004.

SILVA, G. J. F. D., CONSTANT, P. B. L., FIGUEIREDO, R. W. D., & MOURA, S. M. (2010). Formulação e estabilidade de corantes de antocianinas extraídas das cascas de jabuticaba (*Myrciaria ssp.*) Formulation and stability of anthocyanins's colorants formulated with peels jabuticaba (*Myrciaria ssp.*). **Alimentos e Nutrição** Araraquara, 21(3), 429-436.

SILVA, P. P. M. **Conservação de polpa de juçara (*Euterpe edulis*) submetida à radiação gama, pasteurização, liofilização e atomização**. Tese (Doutorado – Programa de Pós-Graduação em Ciências. Universidade de São Paulo, (2013).

SOUZA, André Luis Rodrigues. **Estabilização de moléculas bioativas presentes em suco de camu-camu (*Myrciaria dubia* (H.B.K) Mc Vaugh) pela integração dos processos de Osmose Inversa, Evaporação Osmótica e Atomização**. 2012. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Instituto de Tecnologia, Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2012.

SUAVE, J.; DALL'AGNOL, E. C.; PEZZIN, A. P. T.; SILVA, D. A. K.; MEIER, M. M.1;

SOLDI, V. Microencapsulação: Inovação em diferentes áreas. **Health and Environment Journal**, v. 7, p.12-20, 2006.

SUCUPIRA, N. R., DA SILVA, A. B., PEREIRA, G., & DA COSTA, J. N. (2015). Métodos para determinação da atividade antioxidante de frutos. **UNOPAR Científica Journal of Health Sciences**, 14(4).

TONON, R. V.; BRABET, C.; HUBINGER, M. D. Influence of process conditions on the physicochemical properties of acai (*Euterpe oleraceae* Mart.) powder produced by *spray drying*. **Journal of Food Engineering**, v. 88, n. 3, p. 411-418, 2008.

TONON, R. V., BRABET, C., & HUBINGER, M. D. (2013). **Aplicação da secagem por atomização para a obtenção de produtos funcionais com alto valor agregado a partir do açaí**. *Inclusão Social*, 6(2).

TSUDA T, HORIO F, KITO J, OSAWA T. Protective effects of dietary cyanidin 3-O- β -D-Glucoside on liver ischemia-reperfusion injury in rats. *Archives Biochemistry and Biophysics* 368 (2);361-366:1999.

WANG, Y. Prebiotics: Present and future in food science and technology. **Food Research International**, v.42, n.1, p.8-12, 2009.

WANG *et al.*. Antioxidant and antiinflammatory activities of anthocyanins and their aglycon, cyanidin, from tart cherries. **J. Nat Prod** 62;294-96: 1999.

WU X, BEECHER GR, HOLDEN, JM, HAYTOWITZ DB, GEBHARDT SE, PRIOR RL, Concentrations of anthocyanins in common foods in the United States and estimation of normal consumption. **J. Agric. Food Chem.** 54;4069-75:2006

Yuyama, L. K. O., Aguiar, J. P. L., FILHO, D. F. S., Yuyama, K., de Jesus Varejão, M., Fávaro, D. I. T., & Caruso, M. S. F. (2011). **Caracterização físico-química do suco de açaí de Euterpe precatoria Mart. oriundo de diferentes ecossistemas amazônicos**. *Ilha*, 47, 2.

ZULETA, A.; SAMBUCETTI, M.E. Fructanos: características estructurales y metodología analítica. In: LAJOLO, F.M.; MENEZES, E.W. (eds). **Carboidratos en Alimentos Regionales Iberoamericanos**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2006. 648p.

ZUANAZZI, JAS, MONTANHA, JA, **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. 5ª ed. Porto Alegre/Florianópolis: Editora da UFRGS/ Editora da UFSC. p. 577-614. 2003.