



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DOMÉSTICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
ALIMENTOS



**POLPA MISTA DE ACEROLA (*MALPIGHIA EMARGINATA* D.C.) E
CERIGUELA (*SPONDIAS PURPUREA* L.) OBTIDA POR DIFERENTES
MÉTODOS DE SECAGEM**

MARCONY EDSON DA SILVA JÚNIOR

Recife
2018

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DOMÉSTICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
ALIMENTOS

MARCONY EDSON DA SILVA JÚNIOR

**POLPA MISTA DE ACEROLA (*MALPIGHIA EMARGINATA* D.C.) E
CERIGUELA (*SPONDIAS PURPUREA* L.) OBTIDA POR DIFERENTES
MÉTODOS DE SECAGEM**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como requisito para obtenção do Grau de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

ORIENTADORA: Prof^a Dr^a Maria Inês Sucupira Maciel

Recife
2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Biblioteca Central, Recife-PE, Brasil

S586p Silva Júnior, Marcony Edson da
Polpa mista de acerola (*Malpighia emarginata* D.C.) e ceriguela
(*Spondias purpurea* L.) obtida por diferentes métodos de secagem /
Marcony Edson da Silva Júnior. – 2018.
167 f. : il.

Orientadora: Maria Inês Sucupira Maciel.
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural de
Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia
de Alimentos, Recife, BR-PE, 2018.

Inclui referências, anexo(s) e apêndice(s).

1. Atomização 2. Compostos bioativos 3. Secagem por congelamento
4. Leite de jorro I. Maciel, Maria Inês Sucupira, orient. II. Título

CDD 664

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DOMÉSTICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
ALIMENTOS

**POLPA MISTA DE ACEROLA (*MALPIGHIA EMARGINATA* D.C.) E
CERIGUELA (*SPONDIAS PURPUREA* L.) OBTIDA POR DIFERENTES
MÉTODOS DE SECAGEM**

Por Marcony Edson da Silva Júnior

Esta dissertação foi julgada para obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos e aprovada em __/__/__ pelo Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimento em sua forma final.

Banca Examinadora:

Prof^a Dr^a. Enayde de Almeida Melo
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Prof^a Dr^a. Samara Alvachian Cardoso Andrade
Universidade Federal de Pernambuco

Prof^a Dr^a. Margarida Angélica da Silva Vasconcelos
Universidade Federal de Pernambuco

*A minha família, amigos e amigas,
com muito amor e carinho...*

AGRADECIMENTOS

À minha mãe Josefa Clara de Melo e meu pai Marcony Edson da Silva, pelo incentivo, confiança, apoio, conselhos, educação e amor. Sem dúvidas, vocês são as pessoas mais importantes na minha vida, foram vocês que me fizeram compreender o real valor do conhecimento e o grande prazer de se estudar. Também agradeço às minhas avós Eulália Mariano e Josefa Clara, e ao meu avó Teodoro Antônio (*in memoriam*) que lembrarei sempre das suas palavras, gestos e ensinamentos. E a toda família pelo carinho.

Às minhas amigas Priscilla Marinho, Jaqueline Ferreira e Rosemary Barros, obrigada a todas pela amizade sincera, pelo carinho e por toda ajuda durante as análises.

Ao meu amigo Diego Gondim, obrigado pelo incentivo, compreensão, companhia, horas de estudo e torcida nessa etapa difícil da minha vida. Sou eternamente grato por toda sua ajuda.

À professora Maria Inês Sucupira Maciel, muito obrigada pela sua orientação desde a época da iniciação científica e por todo aprendizado que suas aulas proporcionaram. Com certeza, esse período foi um dos mais valiosos para minha formação acadêmica.

À professora Ana Paula, muito obrigada por disponibilizar o secador leito de jorro e suas alunas para me auxiliarem quando estive desenvolvendo parte da pesquisa na UFCG.

À banca examinadora por todas as contribuições e por terem aceitado participar.

Agradeço a todos os colegas de sala pela troca de conhecimentos, em especial à minha amiga Nathália Barbosa, pelo carinho e por todos os trabalhos que sempre fizemos juntos da graduação e durante todo o mestrado.

À Ana Engracia, que sempre esteve disposta a ajudar e fazer o possível para que tudo ocorresse da melhor forma possível. Além da sua amizade e companheirismo.

Também agradeço a Thais Regina, pela amizade, divertimento e companheirismo no laboratório.

Ao CENAPESQ, por disponibilizar o liofilizador e a técnica Patrícia.

Ao CETENE, pela realização das análises físicas do produto.

À FACEPE pelo AMD - Auxílio à Mobilidade Discente, utilizado nas despesas e passagens para desenvolvimento da pesquisa realizada na UFCG.

Por fim, agradeço a CAPES pelo apoio financeiro e a Universidade Federal Rural de Pernambuco por ter concedido a oportunidade de obter o título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

*“A menos que modifiquemos a nossa
maneira de pensar, não seremos capazes
de resolver os problemas causados pela
forma como nos acostumamos a ver o
mundo”.*

Albert Einstein

RESUMO

Durante o processamento por meio da secagem os produtos alimentícios podem sofrer redução na qualidade nutricional quando comparados ao produto fresco. Os diferentes métodos de secagem (leito de jorro, liofilização e atomização) podem influenciar diferentemente na qualidade do produto final. Portanto, torna-se necessário conhecer o método de secagem que minimizará essas mudanças e maximizará a eficiência do processo. Sendo assim, este trabalho teve como objetivo verificar o efeito dos diferentes métodos de secagem (leito de jorro, atomização e liofilização) sobre a qualidade nutricional e sensorial da polpa mista de acerola e ceriguela em pó. Selecionando o método de secagem que proporcione principalmente, um produto com baixa atividade de água, umidade e higroscopicidade e maior retenção de compostos bioativos (ácido ascórbico, carotenoides e compostos fenólicos). A influência das condições de processo sobre a umidade, atividade de água, higroscopicidade e retenção de ácido ascórbico foi analisada por meio de um planejamento experimental 2^3 composto por 11 ensaios. As condições otimizadas obtidas a partir da análise dos gráficos de superfície de resposta para os pós mistos de acerola e ceriguela desidratados em leito de jorro foram temperatura de secagem (75°C), vazão de suspensão (5 mL/min) e concentração de agente carreador (15%) e em liofilizador, temperatura de liofilização (-20°C), pressão da câmara (500mTorr) e concentração de agente carreador (25%). Em atomizador utilizou-se as condições otimizadas, já existentes na literatura, temperatura de entrada (140 °C), vazão de líquido (0,60 L/h) e concentração de agente carreador (14%). A análise sensorial foi realizada com consumidores por meio de testes afetivos: aceitação com escala hedônica estruturada de 9 pontos e o método CATA, utilizando uma lista de atributos sensoriais previamente definidos, baseados em características comuns para sucos e refrescos de acerola e ceriguela e intenção de compra. A partir das características físico-químicas, físicas, retenção de compostos bioativos e sensorial ficou evidenciado que a liofilização proporcionou a obtenção de pó que foi mais aceito como refresco de polpa mista de acerola e ceriguela e o que apresentou maior retenção de ácido ascórbico. Sendo assim a polpa mista de acerola e ceriguela em pó, obtida por liofilização pode ser considerada como um ingrediente rico em nutrientes e compostos bioativos a ser utilizada na produção de novos produtos alimentícios, além de ser reconstituída como refresco.

Palavras-chave: Atomização; Compostos bioativos; Liofilização; Leito de jorro.

ABSTRACT

During processing through drying the food products may suffer reduction in nutritional quality when compared to the fresh product. The different drying methods (spouted bed drying, freeze drying and spray drying) may influence the quality of the final product differently. Therefore, it is necessary to know the drying method that will minimize these changes and maximize the efficiency of the process. The objective of this work was to verify the effect of the different drying methods (spray drying, spouted bed drying and freeze drying) on the nutritional and sensorial quality of the mixed pulp of acerola and ceriguela powder. Selecting the drying method that mainly provides a product with low water activity, humidity and hygroscopicity and greater retention of bioactive compounds (ascorbic acid, carotenoids and phenolic compounds). The influence of process conditions on moisture, water activity, hygroscopicity and retention of ascorbic acid was analyzed by means of an experimental design 23 composed of 11 trials. The optimized conditions were obtained by analysis of the response surface plots for the mixed pulp of acerola and ceriguela powder in spouted bed, drying temperature (75°C), suspension flow (5 mL/min) and carrier agent concentration (15%), in freeze dryer were temperature (-20°C), chamber pressure (500mTorr) and carrier agent concentration (25%). The optimized conditions, inlet temperature (140 ° C), liquid flow rate (0.60 L / h) and carrier agent concentration (14%) were used in the spray drying. Sensory analysis was performed with consumers through affective tests: acceptance with a structured hedonic scale of 9 points, CATA method, using a list of sensorial attributes previously defined, based on common characteristics for juices and refreshments of acerola and ceriguela and purchase intention. By the physico-chemical, physical, retention of bioactive compounds and sensorial analyzes it was obtained that the freeze-dryer produced the best and most accepted refreshment of mixed pulp of acerola and ceriguela. Freeze-dried was the drying method that showed the highest retention of ascorbic acid in the mixed pulp of acerola and ceriguela powder. Thus, the mixed pulp of acerola and ceriguela powder, is presented as an ingredient for the production of new food products, besides being reconstituted as a soft drink.

Keywords: Spray drying; bioactive compounds; freeze-dried; spouted bed drying.

LISTA DE FIGURAS

REVISÃO DE LITERATURA

Figura 1. Frutos de acerola (<i>Malpighia Emarginata</i> D.C.)	28
Figura 2. Frutos de ceriguela (<i>Spondias Purpurea</i> L.)	30
Figura 3. Secador em leito de jorro	37
Figura 4. Liofilizador	39
Figura 5. Atomizador	41

ARTIGO 1

Figura 1. Fluxograma de obtenção das polpas de acerola e de ceriguela	64
Figura 2. Diagrama de Pareto da atividade de água na polpa mista de acerola e ceriguela obtida em leito de jorro	77
Figura 3. Superfície de resposta para atividade de água em função da temperatura de secagem (°C) e vazão de suspensão (mL/min) da polpa mista de acerola e ceriguela obtida em leito de jorro.....	78
Figura 4. Superfície de resposta para atividade de água em função da temperatura de secagem (°C) e da concentração de maltodextrina 10 DE (%) da polpa mista de acerola e ceriguela obtida em leito de jorro	78
Figura 5. Desejabilidade para obtenção de polpa mista de acerola e ceriguela em leito de jorro em relação à variável atividade de água.....	79
Figura 6. Diagrama de Pareto da umidade na polpa mista de acerola e ceriguela obtida em leito de jorro.....	81
Figura 7. Superfície de resposta para umidade em função da temperatura de secagem (°C) e da vazão de suspensão (mL/min) da polpa mista de acerola e ceriguela em pó obtida em leito de jorro.....	82
Figura 8. Superfície de resposta para umidade em função da temperatura de secagem (°C) e concentração de maltodextrina 10 DE (%) da polpa mista de acerola e ceriguela obtida em leito de jorro.....	83
Figura 9. Superfície de resposta para umidade em função da vazão de suspensão (mL/min) e concentração de maltodextrina 10 DE (%) da polpa mista de acerola e ceriguela obtida em leito de jorro	84

Figura 10. Desejabilidade para obtenção de polpa mista de acerola e ceriguela em leite de jorro em relação à variável umidade.....	84
Figura 11. Mudanças nas características físicas do pó de acerola e ceriguela mantido a 25°C e 75,29% de UR.....	85
Figura 12. Diagrama de Pareto da higroscopicidade na polpa mista de acerola e ceriguela obtida em leite de jorro	86
Figura 13. Superfície de resposta para higroscopicidade (A) em função da temperatura de secagem (°C) e da concentração de maltodextrina 10 DE (%) e (B) em função da vazão de suspensão (mL/min) e da concentração de maltodextrina 10 DE (%) da polpa mista de acerola e ceriguela obtida em leite de jorro	87
Figura 14. Desejabilidade para obtenção de polpa mista de acerola e ceriguela em leite de jorro em relação à variável higroscopicidade	88
Figura 15. Diagrama de Pareto da retenção de ácido ascórbico na polpa mista de acerola e ceriguela obtida em leite de jorro.....	89
Figura 16. Superfície de resposta para retenção de ácido ascórbico em função da temperatura de secagem (°C) e da vazão de suspensão (mL/min) da polpa mista de acerola e ceriguela obtida em leite de jorro.....	90
Figura 17. Superfície de resposta para retenção de ácido ascórbico em função da temperatura de secagem (°C) e concentração de maltodextrina 10 DE (%) da polpa mista de acerola e ceriguela obtida em leite de jorro	91
Figura 18. Superfície de resposta para retenção de ácido ascórbico em função da vazão de suspensão (mL/min) e concentração de maltodextrina 10 DE (%) da polpa mista de acerola e ceriguela obtida em leite de jorro.....	91
Figura 19. Desejabilidade para obtenção de polpa mista de acerola e ceriguela em leite de jorro em relação à retenção de ácido ascórbico	92
Figura 20. Diagrama de Pareto da atividade de água na polpa mista de acerola e ceriguela obtida por liofilização	94
Figura 21. Superfície de resposta para atividade de água em função da temperatura de liofilização (°C) e da pressão da câmara (mTorr) para a polpa mista de acerola e ceriguela obtida por liofilização	95
Figura 22. Superfície de resposta para atividade de água em função da temperatura de liofilização (°C) e concentração de agente carreador (%) para a polpa mista de acerola e ceriguela obtida por liofilização	95

Figura 23. Superfície de resposta para atividade de água em função da pressão da câmara (mTorr) e da concentração de agente carreador (%) para a polpa mista de acerola e ceriguela obtida por liofilização.....	96
Figura 24. Desejabilidade para obtenção de polpa mista de acerola e ceriguela liofilizada em relação à atividade de água.....	97
Figura 25. Diagrama de Pareto da umidade na polpa mista de acerola e ceriguela obtida por liofilização.....	98
Figura 26. Superfície de resposta para umidade em função da temperatura de liofilização (°C) e pressão da câmara (mTorr) para a polpa mista de acerola e ceriguela obtida por liofilização.....	99
Figura 27. Superfície de resposta para umidade em função da temperatura de liofilização (°C) e concentração de agente carreador (%) para a polpa mista de acerola e ceriguela obtida por liofilização.....	99
Figura 28. Superfície de resposta para umidade em função da pressão da câmara (mTorr) e da concentração de agente carreador (%) para a polpa mista de acerola e ceriguela obtida por liofilização.....	100
Figura 29. Desejabilidade para obtenção de polpa mista de acerola e ceriguela liofilizada em relação à umidade.....	101
Figura 30. Diagrama de Pareto da higroscopicidade na polpa mista de acerola e ceriguela obtida por liofilização.....	101
Figura 31. Superfície de resposta para higroscopicidade (A) em função da concentração de agente carreador (%) e da temperatura de liofilização (°C) e (B) em função da pressão da câmara (mTorr) e da concentração de agente carreador (%) para a polpa de acerola e ceriguela obtida por liofilização.....	102
Figura 32. Desejabilidade para obtenção de polpa mista de acerola e ceriguela liofilizada em relação à variável higroscopicidade.....	103
Figura 33. Diagrama de Pareto da retenção de ácido ascórbico na polpa mista de acerola e ceriguela obtida por liofilização.....	104
Figura 34. Superfície de resposta para retenção de ácido ascórbico em função da temperatura de liofilização (°C) e pressão da câmara (mTorr) da polpa mista de acerola e ceriguela obtida por liofilização.....	105
Figura 35. Desejabilidade para obtenção de polpa mista de acerola e ceriguela liofilizada em relação à variável retenção de ácido ascórbico.....	105

ARTIGO 2

Figura 1. Questionário de participação na análise sensorial.....	127
Figura 2. Ficha utilizada na aplicação dos testes sensoriais	129
Figura 3. Indique o quanto você gosta de acerola?	139
Figura 4. Indique o quanto você gosta de ceriguela?	140
Figura 5. Frequência do consumo de sucos de frutas.....	140
Figura 6. Frequência do consumo de sucos de frutas de acerola e/ou ceriguela.....	140
Figura 7. Análise Fatorial Múltipla (AFM) dos dados do CATA. (a) representação dos termos usados para descrever os três refrescos elaborados com as polpas mistas de acerola e ceriguela obtidas pelos diferentes métodos de secagem (atomização, liofilização e leito de jorro) e sua aceitação e (b) representação dos refrescos obtidos pelas PMACs	143
Figura 8. Intenção de compra dos provadores para os refrescos elaborados com as PMACs obtidas por diferentes métodos de secagem (atomização, liofilização e leito de jorro)	145
Figura 9. Distribuição do tamanho de partículas da polpa mista de acerola e ceriguela liofilizada.....	146

LISTA DE TABELAS

REVISÃO DE LITERATURA

Tabela 1. Composição química da polpa de acerola	29
Tabela 2. Composição química da polpa de ceriguela	31

ARTIGO 1

Tabela 1. Planejamento experimental codificado e decodificado da secagem de polpa mista de acerola e ceriguela em leito de jorro	68
Tabela 2. Planejamento experimental codificado e decodificado da secagem de polpa mista de acerola e ceriguela em liofilizador	70
Tabela 3. Caracterização físico-química das polpas de acerola, ceriguela e polpa mista (60% acerola e 40% ceriguela)	72
Tabela 4. Compostos bioativos em polpas de acerola, ceriguela e polpa mista (60% acerola e 40% ceriguela)	73
Tabela 5. Composição química das polpas de acerola, ceriguela e polpa mista (60% acerola e 40% ceriguela)	74
Tabela 6. Caracterização físico-química da polpa mista de acerola e ceriguela obtida por atomização	75
Tabela 7. Valores das respostas obtidas na secagem da polpa mista de acerola e ceriguela em leito de jorro	76
Tabela 8. Valores das respostas obtidas na secagem da polpa mista de acerola e ceriguela em liofilizador	93

ARTIGO 2

Tabela 1. Condições otimizadas para produção das PMACs obtidas por diferentes métodos de secagem	122
Tabela 2. Caracterização físico-química e física das polpas mistas de acerola e ceriguela (60% acerola e 40% ceriguela) atomizada, liofilizada e em secador tipo leito de jorro	131

Tabela 3. Parâmetros colorimétricos das PMACs (60% acerola e 40% ceriguela) em pó obtidas pelos diferentes métodos de secagem	135
Tabela 4. Compostos bioativos das PMACs obtidas por diferentes métodos de secagem ...	136
Tabela 5. Resultados das análises microbiológicas para PMACs obtidas pelos diferentes métodos de secagem	138
Tabela 6. Perfil dos consumidores	139
Tabela 7. Média da aceitação* dos refrescos elaborados com pós mistos de acerola e ceriguela obtidos por diferentes métodos de secagem (n=102)	141
Tabela 8. Frequência de utilização dos atributos na análise CATA pelos consumidores para os refrescos mistos de acerola e ceriguela reconstituídos com os diferentes pós mistos obtidos por secagem por atomização, liofilização e leito de jorro	142

LISTAS DE ABREVIATURAS

AA – Ácido ascórbico

aw – Atividade de água

DA – Análise descritiva

DE – Dextrose equivalente

PMAC- Polpa mista de acerola e ceriguela

TACO – Tabela Brasileira de Composição de Alimentos

Tg – Transição vítrea

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	23
2. OBJETIVOS.....	25
2.1. Geral	25
2.2. Específicos	25
3. PROBLEMA DE PESQUISA E HIPÓTESE	26
4. REVISÃO DE LITERATURA	27
4.1. Consumo de frutas	27
4.2. Acerola	27
4.3. Ceriguela	30
4.4. Compostos bioativos	32
4.4.1. Ácido ascórbico (AA).....	32
4.4.2. Carotenoides	33
4.4.3. Compostos fenólicos.....	34
4.5. Métodos de secagem	35
4.5.1. Leito de jorro	36
4.5.2. Liofilização	38
4.5.3. Atomização	40
4.6. Microencapsulação	42
4.7. Agente carreador	43
4.8. Características dos Alimentos em Pó	45
4.9. Análise sensorial	46
REFERÊNCIAS	48
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	60
ARTIGO 1 – OBTENÇÃO DAS MELHORES CONDIÇÕES DE SECAGEM DA POLPA MISTA DE ACEROLA E CERIGUELA POR DIFERENTES MÉTODOS DE SECAGEM.....	60
RESUMO	60
ABSTRACT	61
5.1. INTRODUÇÃO	62

5.2. MATERIAL E MÉTODOS	64
5.2.1. Local de Realização	64
5.2.2. Material	64
5.2.3. Análises Físico-Químicas das polpas <i>in natura</i>	65
5.2.3.1 Sólidos Solúveis.....	65
5.2.3.2 pH	65
5.2.3.3 Acidez Titulável.....	65
5.2.3.4 Razão SS/AT	65
5.2.3.5 Atividade de Água	65
5.2.3.6 Densidade	65
5.2.3.7 Cor Instrumental	66
5.2.4 Análise dos compostos bioativos nas polpas <i>in natura</i>	66
5.2.4.1 Ácido Ascórbico	66
5.2.4.2 Carotenoides Totais	66
5.2.4.3 Compostos Fenólicos.....	67
5.2.5 Caracterização Química das polpas <i>in natura</i>	67
5.2.5.1 Umidade.....	67
5.2.5.2 Cinzas, Lipídeos e Proteínas	67
5.2.5.3 Carboidratos Totais.....	67
5.2.6 Métodos de Secagem.....	67
5.2.6.1 Leito de jorro	67
5.2.6.2 Liofilização	69
5.2.6.3 Atomização	70
5.2.7 Análises realizadas para o planejamento experimental da polpa mista de acerola e ceriguela por liofilização e leito de jorro e na polpa atomizada	70
5.2.7.1 Atividade de água	70
5.2.7.2 Umidade.....	70
5.2.7.3 Higroscopicidade	71

5.2.7.4 Retenção de ácido ascórbico.....	71
5.2.8 Análise Estatística	71
5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	72
5.3.1 Caracterização físico-química, química e compostos bioativos da polpa de acerola, ceriguela e da polpa mista (60% acerola e 40% ceriguela)	72
5.3.2 Caracterização físico-química da polpa mista de acerola e ceriguela obtida por atomização	75
5.3.3 Análise das variáveis de processo da polpa mista de acerola e ceriguela obtida em leito de jorro.....	76
5.3.3.1 Atividade de água (aw)	76
5.3.3.1.1 Desejabilidade para a obtenção da PMAC em leito de jorro	79
5.3.3.2 Umidade.....	79
5.3.3.2.1 Desejabilidade para a obtenção da PMAC em leito de jorro	84
5.3.3.3 Higroscopicidade	85
5.3.3.3.1 Desejabilidade para a obtenção da PMAC em leito de jorro	88
5.3.3.4 Retenção de ácido ascórbico.....	88
5.3.3.4.1 Desejabilidade para a obtenção da PMAC em leito de jorro	92
5.3.3.5 Condições otimizadas do planejamento experimental para a obtenção da polpa mista de acerola e ceriguela em pó por leito de jorro	92
5.3.4.1 Análise das variáveis de processo da polpa mista de acerola e ceriguela obtida por liofilização	93
5.3.4.2 Atividade de água	93
5.3.4.2.1 Desejabilidade para a obtenção da PMAC liofilizada.....	96
5.3.4.3 Umidade.....	97
5.3.4.3.1 Desejabilidade para a obtenção da PMAC liofilizada.....	100
5.3.4.4 Higroscopicidade	101
5.3.4.4.1 Desejabilidade para a obtenção da PMAC liofilizada.....	103
5.3.4.5 Retenção de ácido ascórbico (RAA).....	103
5.3.4.5.1 Desejabilidade para a obtenção da PMAC liofilizada.....	105
5.4 CONCLUSÃO	106

REFERÊNCIAS	106
6. ARTIGO 2 – IMPACTO DE DIFERENTES MÉTODOS DE SECAGEM NAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, FÍSICO-QUÍMICAS, COMPOSTOS BIOATIVOS E SENSORIAS DA POLPA MISTA DE ACEROLA E CERIGUELA	117
RESUMO	117
ABSTRACT	118
6.1 INTRODUÇÃO	119
6.2 MATERIAL E MÉTODOS	121
6.2.1 Matéria-prima.....	121
6.2.2 Obtenção da polpa mista de acerola e ceriguela (PMAC) em pó	121
6.2.3 Análises Físico-Químicas na PMAC em pó obtida por diferentes métodos de secagem.....	122
6.2.3.1 Atividade de água	122
6.2.3.2 Sólidos Solúveis.....	122
6.2.3.3 pH	122
6.2.3.4 Acidez Titulável.....	123
6.2.3.5 Razão SS/AT	123
6.2.3.6 Medição de cor	123
6.2.3.1 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DA PMAC EM PÓ OBTIDA POR DIFERENTES MÉTODOS DE SECAGEM.....	124
6.2.3.1.1 Densidade Aparente	124
6.2.3.1.2 Densidade Absoluta.....	125
6.2.3.1.3 Porosidade Intragranular (ϵ).....	125
6.2.3.1.4 Solubilidade.....	125
6.2.3.1.5 Higroscopicidade.....	125
6.2.3.2 DETERMINAÇÃO DE COMPOSTOS BIOATIVOS NA PMAC EM PÓ OBTIDA POR DIFERENTES MÉTODOS DE SECAGEM.....	126
6.2.3.2.1 Ácido Ascórbico.....	126
6.2.3.2.2 Carotenoides Totais.....	126

6.2.3.2.3	Compostos fenólicos totais por Folin-Ciocalteu	126
6.2.3.2.4	Retenção de Ácido Ascórbico, Carotenóides Totais e Compostos Fenólicos 126	
6.2.3.3	ANÁLISE MICROBIOLÓGICA	126
6.2.3.4	ANÁLISE SENSORIAL	127
6.2.3.4.1	Preparo dos refrescos	127
6.2.3.4.2	Recrutamento dos avaliadores.....	127
6.2.3.4.3	Testes sensoriais (aceitação, CATA e intenção de compra)	128
6.2.3.5	ANÁLISE ESTATÍSTICA	128
6.2.3.6	DIÂMETRO MÉDIO E DISTRIBUIÇÃO DE TAMANHO.....	130
6.2.3.7	ATIVIDADE ANTIOXIDANTE	130
6.2.3.7.1	Capacidade de Sequestrar o Radical 1,1-difenil-2-picrilhidrazil (DPPH) .	130
6.2.3.7.2	Capacidade de Sequestrar o Radical ABTS (2,2'-azino-bis-3- etilbenzotiazolin-6-ácido sulfônico)	130
6.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	131
6.3.1	Caracterização físico-química, física e quantidade de compostos bioativos das polpas mistas de acerola e ceriguela obtidas por diferentes métodos de secagem ...	131
6.3.1.1	Análises Microbiológicas	137
6.3.1.2	Perfil dos consumidores.....	138
6.3.1.3	Avaliação por consumidores – Perguntas CATA	140
6.3.2	Caracterização física e potencial antioxidante da polpa mista de acerola e ceriguela liofilizada.....	146
6.3.2.1	Distribuição do Tamanho de Partículas	146
6.3.2.2	Atividade Antioxidante.....	147
6.4	CONCLUSÃO	148
	REFERÊNCIAS	148
	APÊNDICE	159
	ANEXOS: A. TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO	167
	B. PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA.....	168

1. INTRODUÇÃO

A crescente demanda pelos consumidores por uma alimentação mais saudável tem resultado na geração de um comércio de produtos hortícolas cada vez maior (OMENA et al., 2012). O consumo frequente de frutas está associado não só a manutenção de diversas atividades metabólicas do organismo, como também, a uma redução no risco de doenças degenerativas (RAMÍREZ; GIRALDO; ORREGO; 2015). Os benefícios à saúde podem ser atribuídos à capacidade antioxidante das frutas, decorrente da ação de fitoquímicos, tais como vitaminas, carotenoides, flavonoides e outros polifenóis (MALDONADO-ASTUDILLO et al., 2014).

Dentre as frutas tropicais que possuem sabores e aromas exóticos, destaca-se acerola (*Malpighia emarginata* D.C.) e ceriguela (*Spondias purpurea* L.). A produção e o processamento das frutas nativas representam uma oportunidade não só para o comércio local, mas aos crescentes mercados nacional e internacional. Apesar dos significativos avanços registrados na fruticultura brasileira, consolidados tanto no aumento da produção, da produtividade e da melhoria na qualidade das frutas nativas, como laranja, banana, manga, uva e maçã, a participação de frutas tropicais (acerola, cajá, ceriguela, umbu, entre outras), é praticamente nula, e ainda são escassas as informações sobre a composição nutricional e de seus compostos bioativos (ALMEIDA et al., 2011; OMENA et al., 2012).

A acerola é originária das Ilhas do Caribe, América Central e Norte da América do Sul. Apresenta grande importância econômica, principalmente na região Nordeste, é consumida *in natura* e industrializada na forma de diversos produtos (sucos, polpas, geleias, sorvetes entre outros) (JAESCHKE et al., 2016). É rica em compostos antioxidantes, como vitaminas, carotenóides e polifenóis (BENJAMIN et al., 2015). Apresenta excelente potencial agroindustrial e representa uma atraente perspectiva econômica (DELVA & GOODRICH-SCHNEIDER, 2013).

A ceriguela é uma fruta originária na América Central, e no Brasil têm se adaptado de forma satisfatória ao clima da região Nordeste. Dentre as suas características estão o curto período de colheita, entre dezembro e janeiro e a alta perecibilidade. É rica em carboidratos, fonte de fósforo, vitamina C e pró-vitamina A. Apresenta excelente qualidade sensorial sendo consumida fresca ou processada (TODISCO et al., 2014).

As frutas exercem um papel fundamental na nutrição humana, uma vez que são fontes indispensáveis de nutrientes. A formulação de produtos de frutas mistas pode ser utilizada com o intuito de melhorar as características nutricionais e sensoriais, por meio da complementação de nutrientes e fitoquímicos. Sucos e polpas mistas de frutas são tendências observadas no mercado, apresentam uma série de vantagens, tais como melhoria da qualidade nutricional e sensorial, bem como o desenvolvimento de novos sabores e aromas. No entanto, as frutas apresentam alto conteúdo de umidade sendo altamente perecível, o que vem a exigir métodos de processamento, a fim de reduzir as perdas pós-colheita. Dentre as alternativas de conservação, a secagem melhora a estabilidade por meio da redução de a_w . Entre os métodos de secagem pode-se destacar o leito de jorro, liofilização e atomização.

O leito de jorro é uma alternativa promissora para a secagem de pastas e de suspensões, com produção de pó de alta qualidade, além de apresentar diversas aplicações industriais devido à sua versatilidade e potencial para conduzir a granulação ou aglomeração a baixo custo (CHIELLE et al., 2016; BEZERRA et al., 2013). A liofilização é uma técnica com base na remoção da água por sublimação, consiste principalmente em congelamento e desidratação sob pressão reduzida (HARNKARNSUJARIT et al., 2016). Essa tecnologia foi desenvolvida para superar as perdas de compostos responsáveis pelos aromas nos alimentos, os quais são muito suscetíveis às modalidades de processamento que empregam temperaturas elevadas (RAMÍREZ; GIRALDO; ORREGO; 2015; SANTO et al., 2013). A secagem por atomização é uma técnica amplamente utilizada na indústria alimentícia, que consiste na transformação de uma suspensão ou solução em um produto seco na forma de pó (SANTHALAKSHMY et al., 2015; PHISUT, 2012).

Durante o processamento da polpa mista de acerola e ceriguela (PMAC) ocorrem perdas de fitoquímicos, dentre eles o ácido ascórbico, variando de acordo com o processo e equipamentos utilizados. Diante disso, o estudo do processo de secagem da PMAC por diferentes métodos torna-se importante, uma vez que é possível identificar o método de secagem que permite obter um produto com maior retenção de compostos bioativos e com características físicas e sensoriais de qualidade.

2. OBJETIVOS

2.1. Geral

Verificar o efeito dos diferentes métodos de secagem (leito de jorro, atomização e liofilização) sobre as propriedades da polpa mista de acerola e ceriguela em pó.

2.2. Específicos

- Caracterizar a polpa mista de acerola e ceriguela *in natura* através de análises físico-químicas, química e de compostos bioativos;
- Estudar a influência das variáveis de processo da liofilização e da secagem em leito de jorro sobre a atividade de água, umidade, higroscopicidade e retenção de ácido ascórbico;
- Obtenção da polpa mista de acerola e ceriguela em pó pelos diferentes métodos de secagem;
- Selecionar as melhores condições de secagem da polpa mista de acerola e ceriguela em secador tipo leito de jorro e em liofilizador, visando à obtenção de um produto de qualidade com retenção de ácido ascórbico;
- Determinar o impacto dos diferentes métodos de secagem nas características do produto final;
- Realizar a caracterização física, físico-química e determinar compostos bioativos da polpa mista de acerola e ceriguela obtida pelos diferentes métodos de secagem;
- Realizar a análise sensorial nos refrescos obtidos da reconstituição da polpa mista em pó produzida pelos diferentes métodos de secagem;
- Selecionar o método de secagem que produziu a polpa mista em pó com maior retenção de compostos bioativos e qualidade sensorial;
- Avaliar a atividade antioxidante da polpa mista em pó selecionada pela análise sensorial.

3. PROBLEMA DE PESQUISA E HIPÓTESE

Qual a influência dos métodos de secagem sobre a retenção de compostos bioativos e na manutenção das características físicas, químicas, físico-químicas e sensorial adequadas para polpa mista de acerola e ceriguela em pó? Qual o método de secagem que proporcionará a obtenção da polpa mista de acerola e ceriguela em pó com qualidade nutricional, sensorial e que mantenha o teor dos compostos bioativos próximo ao da polpa mista *in natura*?

A polpa mista de acerola e ceriguela em pó obtida por liofilização como método de secagem terá maior retenção de compostos bioativos e qualidade nutricional e sensorial do que a obtida por atomização ou por leito de jorro.

4. REVISÃO DE LITERATURA

4.1. Consumo de frutas

Nas últimas décadas vem ocorrendo um aumento no consumo internacional de frutas tropicais, que são bastante apreciadas por causa da sua diversidade no aroma, sabor e valor nutricional (DELVA; GOODRICH-SCHNEIDER, 2013). O consumo de frutas tropicais tem aumentado devido ao reconhecimento do seu valor para a saúde humana, aliado a tendência dos consumidores em valorizar a ingestão destas frutas. O Brasil é o terceiro maior produtor de frutas tropicais, e dentro deste cenário, destaca-se a região Nordeste. Esta região há pelo menos duas décadas têm descoberto sua vocação de produzir frutas de excelente qualidade, à medida que os avanços das tecnologias de irrigação e de manejo permitiram superar a limitação do déficit hídrico (ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 2017).

O papel, cada vez mais influente, da indústria alimentícia sobre a dieta e estilo de vida da população vem acompanhado do desafio de atender a demanda dos consumidores por produtos mais saborosos, visualmente atrativos, e que, ao mesmo tempo, proporcione boa saúde e bem-estar. Neste contexto, grandes avanços vêm ocorrendo no desenvolvimento dos alimentos funcionais, para que apresentem compostos fisiologicamente ativos e benéficos à saúde, contribuindo para redução de doenças crônicas e/ou para manutenção do bem-estar físico e mental (PRAKASH et al., 2016; DELVA; GOODRICH-SCHNEIDER, 2013).

Pesquisas indicam que o consumo frequente de frutas está associado não só a manutenção de diversas atividades metabólicas do organismo, como também, a uma redução no risco de doenças degenerativas e prevenção de anomalias fisiológicas, tais como câncer, inflamações, arteriosclerose, diabetes, aceleração do envelhecimento, Parkinson e Alzheimer (OMENA et al., 2012; COSTA et al., 2015;). Os benefícios à saúde podem ser atribuídos à capacidade antioxidante dos fitoquímicos, tais como vitaminas, carotenóides, flavonóides e outros polifenóis, e do conteúdo destes compostos nas frutas e produtos derivados (MALDONADO-ASTUDILLO et al., 2014; RAMÍREZ; GIRALDO; ORREGO; 2015).

4.2. Acerola

A aceroleira (*Malpighia Emarginata* D.C.) é um arbusto ou uma árvore pequena, com um único tronco, frequentemente ramificado, com pequeno ou médio porte. É originária das Ilhas do Caribe, América Central e Norte da América do Sul

(DELVA; GOODRICH-SCHNEIDER, 2013). No Brasil, a acerola foi introduzida no estado de Pernambuco, pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), em 1955, por meio de sementes oriundas de Porto Rico, de onde se espalhou para o Nordeste e para outras regiões do País. É uma árvore bastante rústica que têm seu período de safra no Nordeste Brasileiro entre os meses de outubro a maio (BATAGLION et al., 2015).

O fruto da aceroleira, acerola (Figura 1) é um fruto tropical de grande potencial econômico e nutricional, cujo interesse agroindustrial deve-se, principalmente, ao seu alto conteúdo de vitamina C e baixo valor calórico. É conhecida como a segunda fruta mais rica em ácido ascórbico, depois de camu-camu, variando de 750 mg.100⁻¹g a 1.678 mg.100⁻¹g (MACIEL et al., 2010). O teor de ácido ascórbico em acerolas varia de acordo com o local onde é plantada, incidência de luz sobre a planta e a variedade entre espécies (JAESCHKE et al., 2016). Devido a essa característica, a acerola vem sendo utilizada como um agente enriquecedor de vitamina C, em diversos alimentos processados, tais como sucos, néctares, refrigerantes e geléias como nos trabalhos de Maciel et al.(2010) e Freitas e Mattietto (2013).

Figura 1. Frutos de acerola (*Malpighia Emarginata* D.C.)



Fonte: Imagens Google

A acerola é uma fruta pequena drupa carnosa, tripirenóide ou tricarpelada, de forma ovóide deprimida a subglobosa, arredondada, ovalada ou cônica. Apresenta tonalidades diferentes: verde quando em desenvolvimento, passando a amarelo, e finalmente vermelho-escuro quando maduro com comprimento de 1,0 a 2,5 cm, variando de 1,82 a 4,11 cm de diâmetro e o peso pode variar de 3 a 16 g gramas. O fruto apresenta normalmente três sementes e representa 80% do peso do fruto (BATAGLION et al., 2015, JAESCHKE et al., 2016).

A acerola apresenta antioxidantes naturais em sua composição, a exemplo do ácido ascórbico, carotenóides e polifenóis (BENJAMIN et al., 2015). De modo geral, os

antioxidantes são os principais responsáveis pelos efeitos benéficos do consumo diário das frutas e hortaliças. São substâncias que retardam ou previnem significativamente à oxidação de lipídios ou outras moléculas ao inibirem a iniciação ou a propagação da reação de oxidação em cadeia, além de prevenirem ou repararem danos ocasionados às células pelas espécies reativas de oxigênio (PRAKASH et al., 2016; MALDONADO-ASTUDILLO et al., 2014). Na polpa de acerola destacam-se o teor de vitamina C e a presença de minerais (Tabela 1), além dos compostos fenólicos e carotenoides.

Tabela 1. Composição química da polpa de acerola

Constituintes	Quantidade em 100 g polpa
Energia (kcal)	92,0
Umidade (%)	93,6
Proteínas (g)	0,6
Lipídeos (g)	-
Carboidratos (g)	5,5
Fibra Alimentar (g)	0,7
Cinzas (g)	0,3
Vitamina C(mg)	623,2
Fósforo (mg)	12,9
Cálcio (mg)	8,0
Magnésio (mg)	9,0
Zinco (mg)	0,1
Potássio (mg)	112,0

Fonte: TACO (2011).

No Brasil, a acerola tem grande importância econômica, principalmente na região Nordeste. Destaca-se pelo seu fácil cultivo, o sabor e aroma agradáveis e a grande capacidade de aproveitamento industrial. É consumida *in natura* e industrializada na forma de sucos, polpas, cremes, geleias, concentrados, licores, xaropes, entre outros produtos (JAESCHKE et al., 2016). É também utilizada em pó no enriquecimento de sucos e outros alimentos dietéticos e nutracêuticos (CARPENTIERI-PIPOLO *et al*, 2002). Apresenta excelente potencial agroindustrial e representa uma atraente perspectiva econômica para os produtores alcançar os nichos de mercado de

consumidores por produtos ricos em nutrientes para a prevenção de doenças degenerativas (DELVA; GOODRICH-SCHNEIDER, 2013).

4.3. Ceriguela

Spondias é um gênero pertencente à família Anacardiaceae, que compreende mais de 70 gêneros e 600 espécies, as quais se concentram nas regiões tropicais da África, Ásia e América Central, dentre elas está a cirigueleira (*Spondias purpurea* L.) (AUGUSTO et al., 2012; ENGELS et al., 2012).

A ceriguela (Figura 2) é uma fruta bastante consumida na região Nordeste do Brasil. Dentre as suas características estão o curto período de colheita, entre dezembro e março e alta perecibilidade. A ceriguela é chamada por nomes diferentes, que variam em função da região geográfica, como: mombim vermelho, siriguela, seriguela, ciriguela, ceriguela, jocote, joco, corona, ciruela, ciruela mexicana, jobillo, ameixa espanhol e cajá (AUGUSTO et al., 2012; BICAS et al., 2011; FURTADO et al., 2010). A ceriguela é um fruto tipo drupa de cor bem acentuada e atrativa, que dependendo do estado de maturação pode variar de verde a amarelo, laranja, vermelho e até violeta; possui formato ovóide e cerca de 3 a 5,5 cm de comprimento, pesando aproximadamente de 12 a 28 g, de sabor adocicado e ácido, devido à influência de variedade botânica e da fase de amadurecimento (ENGELS et al., 2012).

Figura 2. Frutos de ceriguela (*Spondias Purpurea* L.)



Fonte: Imagens Google

A coloração dessa fruta pode variar também em função do processo de amadurecimento como resultado do metabolismo dos carotenóides e da clorofila, além disso, a intensidade luminosa e composição atmosférica durante o armazenamento são fatores chave para determinar essa característica (MALDONADO-ASTUDILLO et al., 2014).

Este fruto apresenta epicarpo liso, que representa aproximadamente 14% do peso total da fruta; endocarpo lignificado, fibroso, não comestível, de coloração

esbranquiçada representando aproximadamente 17% do peso total do fruto; e mesocarpo, de *flavor* agradável ao paladar, contribuindo com aproximadamente 69% do peso total do fruto (MALDONADO-ASTUDILLO et al., 2014; ENGELS et al., 2012). Apresenta excelente qualidade organoléptica sendo consumida fresca ou processada, e ótimas perspectivas comerciais por meio do uso de processamento pós-colheita, além de agregar valor ao produto final e facilitar a comercialização em regiões onde o clima não é favorável para o cultivo (TODISCO et al., 2014).

De acordo com os dados da composição química da polpa de ceriguela (Tabela 2) pode-se inferir que este fruto é fonte de carboidratos e minerais (potássio, fósforo e zinco) (TACO, 2011; LIRA JUNIOR et al., 2010; BRASIL, 2002). Do ponto de vista fitoquímico, a ceriguela é rica em metabólitos secundários, em particular compostos fenólicos, de interesse biológico (MALDONADO-ASTUDILLO et al., 2014; OMENA et al., 2012).

Tabela 2. Composição química da polpa de ceriguela

Constituintes	Quantidade em 100 g polpa
Energia (kcal)	76,0
Umidade (%)	78,7
Proteína (g)	1,4
Lipídeos (g)	0,4
Carboidrato (g)	18,9
Fibra Alimentar (g)	3,9
Cinzas (g)	0,7
Vitamina C ² (mg)	45
Fósforo ² (mg)	40
Cálcio (mg)	27
Magnésio (mg)	18
Zinco ¹ (mg)	20
Potássio ¹ (mg)	250

Fonte: TACO (2011); LIRA JUNIOR et al. (2010)¹; BRASIL (2002)².

4.4. Compostos bioativos

Os vegetais produzem dois tipos de metabólitos: os primários e secundários. Os metabólitos primários são responsáveis pela fotossíntese, assimilação de nutrientes, crescimento, desenvolvimento e reprodução das plantas, enquanto os secundários têm por função defender o organismo de certos predadores, atrair polinizadores liberando odores atrativos ou até mesmo pela sua coloração. Os metabólitos secundários são destacados pelas suas atividades biológicas diversas, o que confere aos produtos naturais o reconhecimento como substâncias bioativas (ALI et al., 2010).

Dentre os metabólitos secundários encontrados em vegetais estão os compostos fenólicos, o ácido ascórbico e os carotenoides. Os compostos fenólicos, como ácidos fenólicos, flavonoides (incluindo as antocianinas), têm por característica possuírem ao menos um anel aromático e um grupamento hidroxila, substituindo um átomo de hidrogênio (ALI et al., 2010).

Os compostos bioativos, também chamados de fitoquímicos, são estruturas orgânicas obtidas de fonte vegetal, geralmente de baixo peso molecular, que exercem atividades benéficas ao organismo humano, como redução do risco de doenças coronarianas, atividade antioxidante, estimulação do sistema imunológico, redução da pressão sanguínea, regulação hormonal, entre outras (AGUDELO et al., 2017). Os principais elementos com propriedades bioativas nos vegetais são os compostos fenólicos ou polifenóis (que abrangem o maior grupo de substâncias), os carotenóides e os glicosinolatos (RAMÍREZ; GIRALDO; ORREGO; 2015).

4.4.1. Ácido ascórbico (AA)

Ácido ascórbico conhecido como vitamina C, é o nome dado ao conjunto de compostos (isômeros, formas sintéticas e produtos de oxidação) que apresentam atividade biológica semelhante à do ácido l-ascórbico (2,3-enediol-l-ácido glicônico- γ lactona) (SPINOLA et al., 2013). A importância nutricional dessa vitamina hidrossolúvel está estabelecida há muitos anos. Sabe-se que sua deficiência causa escorbuto, enfermidade caracterizada por sangramento da gengiva, dificuldade na cicatrização de feridas, fadiga e anemia, e que pode ser fatal (PHILLIPS et al., 2010). O ácido ascórbico é uma vitamina hidrossolúvel de importância nutricional, por sua atuação como cofator em diversos processos fisiológicos e como antioxidante. O ser humano depende da ingestão diária desse micronutriente, cujas principais fontes são as frutas e hortaliças (PANYOYAI et al., 2016).

A degradação do ácido ascórbico (AA) nos alimentos é afetada pelo oxigênio, pela concentração de O_2 no meio, temperatura, luz, pH, atividade da água e a presença de íons metálicos, como Cu^{2+} e Fe^{3+} (JAESCHKE et al., 2016). O AA é facilmente oxidado em ácido desidroascórbico, que é oxidado para o ácido 2,3-dicetogulânico, um composto sem atividade biológica. O ácido ascórbico é o nutriente mais afetado pelo processamento de frutas e hortaliças, por isso sua retenção é usada frequentemente como indicativo da qualidade nutricional e até mesmo de conservação dos alimentos (PANYOYAI et al., 2016).

Em virtude da sua incapacidade de sintetizar ácido ascórbico, o ser humano depende inteiramente da ingestão deste micronutriente. A recomendação de ingestão diária dessa vitamina é de 25 mg para crianças, 75 mg para mulheres e de 90 mg para homens. No entanto, o consumo de dosagens significativamente mais altas está sob investigação, pela possibilidade de proporcionar diversos benefícios à saúde (TARRAGO-TRANI, PHILLIPS; COTTY, 2012).

4.4.2. Carotenoides

Os carotenoides são pigmentos tetraterpenóides que ficam acumulados no cloroplasto das folhas e no cromoplasto de muitas flores e frutos, contribuindo para a cor vermelha, laranja e amarela (RODRIGUEZ-AMAYA, 2010). São considerados compostos bioativos de grande importância não apenas por sua capacidade colorante, como por sua atividade antioxidante e funções biológicas (KHA et al., 2010). O grupo dos carotenóides possui mais de 600 pigmentos que são solúveis em lipídeos e seus solventes. Além de desempenhar papel relevante como pigmentos fotossintéticos e corantes, são antioxidantes naturais, contribuindo para a estabilidade do alimento e promoção da saúde humana (DIAS et al., 2009; RODRIGUEZ-AMAYA, 2010). Alguns carotenóides como betacaroteno se convertem em vitamina A, e são responsáveis pela coloração alaranjada de grande número de frutas (KIRSCHMANN; KIRSCHMANN, 1996).

Quimicamente os carotenoides podem ser divididos em dois grandes grupos: os carotenos ou carotenoides hidrocarbonetos, compostos apenas por átomos de carbono e hidrogênio, e seus derivados oxigenados, as xantofilas, que contém ao menos um átomo de oxigênio. Todos os carotenoides podem ser formados a partir da estrutura acíclica $C_{40}H_{56}$ (de longa cadeia central e ligações duplas conjugadas) por hidrogenação, desidrogenação, ciclização, oxidação ou qualquer combinação destes processos. O

sistema de ligações duplas conjugadas é responsável por conferir as colorações, além de influenciar em suas propriedades químicas, bioquímicas e físicas (MURILLO et al., 2010).

O conteúdo de carotenóides nas frutas e hortaliças é bastante variado e são altamente afetados pela genética e por fatores ambientais, como: o cultivar, a variedade, estágio de maturação, clima, estação, área geográfica de produção, parte da planta utilizada, práticas agrícolas, manipulação durante a colheita e pós-colheita, processamento e condições de armazenamento (RODRIGUEZ- AMAYA et al., 2008). O β -caroteno é um dos carotenóides mais importante, amplamente estudado por ser o mais difundido nos alimentos, seja em menor proporção ou como componente principal (MERTZ et al., 2009).

4.4.3. Compostos fenólicos

Os compostos fenólicos estão amplamente distribuídos no reino vegetal e englobam uma gama de substâncias, com mais de 8000 estruturas fenólicas conhecidas. Formadas por um anel aromático com uma ou mais hidroxilas, incluindo os seus grupos funcionais. Os compostos fenólicos, também chamados polifenóis são constituídos por moléculas de estrutura química extremamente diversificada, abrangendo desde moléculas mais simples, como os fenóis, até polímeros complexos, como lignina e taninos (DAÍ; MUMPER, 2010). Apresentam destaque especial como antioxidantes, por atuarem como eficientes captadores de espécies reativas de oxigênio (EROs), além de reduzirem e quelarem íons férrico que catalisam a peroxidação lipídica (ANGELO; JORGE, 2007, MALDONADO-ASTUDILLO et al., 2014). São excelentes inibidores de radicais livres, doando hidrogênio, e seu alto potencial antioxidante está relacionado com o grande número de hidroxilas fenólicas (ALMEIDA et al., 2011).

São extremamente diversificados e formam uma das principais classes de metabólitos secundários, com uma grande variedade de estruturas e funções. São biologicamente ativos e contribuem com o sabor, a cor e a textura dos alimentos. A estrutura dos compostos fenólicos é um fator determinante para a sua capacidade de sequestrar radicais. Por exemplo, a capacidade antioxidante aumenta em função do grau de hidroxilação, como ocorre com o ácido gálico trihidroxilado, que mostra uma alta ação antioxidante. No entanto, a substituição dos grupos hidroxil na 3ª e 5ª posição por grupos metoxil, como no ácido siríngico tem o efeito inverso reduzindo a ação antioxidante (BALASUNDRAM; SUNDRAM; SAMMAN, 2006).

Os polifenóis têm atraído a atenção como potenciais agentes de prevenção e tratamento de doenças relacionadas ao estresse oxidativo (CHEN et al., 2014). Atuam preventivamente em alguns tipos de câncer, doenças cardiovasculares e neurológicas (COSTA et al., 2015), possuindo também potencial como agente antibiótico, antialérgico, anti-inflamatório e de proteção fotoquímica (AGUDELO et al., 2017). Dentre os compostos fenólicos mais encontrados nos vegetais estão os flavonoides (que englobam as antocianinas e flavonóis), os ácidos fenólicos, os estilbenos (como o resveratrol) e as lignanas (CHEN et al., 2014). O teor de fenólicos de cada vegetal difere conforme a sua maturidade, tipo de tecido e condições de crescimento e armazenamento (DAÍ; MUMPER, 2010). Estudos têm sido realizados com diversas frutas para determinar o teor dos compostos fenólicos (AGUDELO et al., 2017; CHEN et al., 2014; KAMILOGLU et al., 2014).

Os compostos fenólicos se degradam facilmente durante o processamento e armazenamento de alimentos, sendo altamente sensíveis a fatores como luz, pH, temperatura, presença de oxigênio e enzimas (MERCALI et al., 2013). A eficácia destes compostos depende da sua estabilidade durante o processamento e armazenamento dos alimentos. Além disso, a biodisponibilidade fenólica pode ser afetada no decorrer da digestão, a depender das condições do trato gastrointestinal dos humanos (RAMÍREZ; GIRALDO; ORREGO; 2015).

4.5. Métodos de secagem

Devido às frutas (acerola e ceriguela) apresentarem alto conteúdo de umidade e por consequência serem altamente perecíveis, exigem métodos de conservação e processamento, a fim de reduzirem as perdas pós-colheita (JAFARI et al., 2017). Dentre os métodos primitivos de preservação de alimentos, a secagem foi um dos primeiros utilizados pelo homem. O objetivo principal da secagem é prolongar a vida útil dos alimentos através da redução da atividade de água inibindo a atividade enzimática, alterações microbiológicas e químicas e as reações bioquímicas de deterioração. A diminuição da massa dos produtos, pela redução do conteúdo de água, reduz os custos de transporte, embalagem, armazenamento e distribuição, além da conveniência (BENELLI; OLIVEIRA, 2016).

A secagem pode ser aplicada na indústria de polpas de frutas, concentrando os nutrientes da matéria-prima e prolongando o tempo de prateleira do produto, além do aumento do valor agregado ao produto. No entanto, condições de secagem inadequadas

podem resultar na perda de nutrientes e de compostos bioativos, além de redução na qualidade do produto (MUSSI et al., 2015).

Existem diversos métodos de secagem de alimentos, como por exemplo, secadores por ar aquecido, leito de jorro, leito fluidizado, liofilização, atomização, desidratação osmótica, entre outros (SANTHALAKSHMY et al., 2015; SANTO et al., 2013). As características específicas de cada produto, associadas às propriedades do ar de secagem e ao meio de transferência de calor adotado, determinam as condições de secagem. A escolha adequada do equipamento de desidratação é fundamental, para a obtenção de produtos finais adequados, de boas características e estáveis quanto à conservação do mesmo (JAFARI et al., 2017).

4.5.1. Leito de jorro

O secador tipo leito de jorro (Figura 3) foi desenvolvido, no ano de 1954, por Gishlet e Matrhur. Esse equipamento foi inicialmente projetado para secagem de grãos de trigo em um processo que permite a aplicação de maiores quantidades de calor sem a ocorrência da perda da qualidade do material (MATHUR; EPSTEIN, 1974).

O secador de leito de jorro é composto por três regiões distintas, sendo elas: a região central, ou de jorro, onde ocorre o transporte pneumático das partículas devido à velocidade do fluido; a região da fonte, que está localizada acima da superfície do leito em que as partículas advindas da região central movimentam-se em regime desacelerado, como em uma fonte, caindo na região anular; e a região anular, ou deslizante, onde as partículas caem da região da fonte e deslizam para baixo, operando como um leito deslizante (ROCHA et al., 2008).

O leito de jorro é uma alternativa promissora dos métodos de secagem propostos para polpa de frutas. Este processo foi apresentado na literatura como uma alternativa atraente para a secagem de pastas e de suspensões, com produção de pó de alta qualidade e baixo custo. Este tipo de secagem vem sendo utilizado na área agrícola, devido à necessidade de aumento da produtividade de alimentos (BEZERRA et al., 2013). De acordo com Araújo et al. (2015), a técnica de secagem em leito de jorro têm evoluído consideravelmente, ocupando importante lugar no processamento de alimentos em substituição a atomização.

Figura 3. Secador em leito de jorro



Fonte: Acervo pessoal.

A secagem em leito de jorro utiliza materiais inertes e originam pós com boa qualidade e auxiliam na recuperação do produto (DOTTO; SOUZA; PINTO, 2011). É uma técnica que apresenta excelentes coeficientes de transferência de calor e uma temperatura de secagem uniforme, o que resulta em produtos de melhor qualidade em comparação com outros secadores (ARAÚJO et al., 2014; MUSSI et al., 2015). Mesmo as temperaturas de secagem mais baixas, o sistema pode proporcionar uma secagem eficaz, o que é importante para produtos alimentares sensíveis ao calor (CHIELLE et al., 2016).

A secagem de pastas em leito de jorro ocorre na presença de partículas inertes, que servem de suporte para a pasta e como fonte de calor para a secagem. As partículas inertes permitem que se obtenha um produto com granulometria fina e uniforme, com tempos de contato curtos, o que contribui para a qualidade do produto, além de proporcionar altas taxas de transferência de calor e massa (ARAÚJO et al., 2015; MUSSI et al., 2015).

Durante o processo de secagem, a pasta pode ser atomizada através de um bico atomizador ou fluir no leito móvel de partículas. O leito torna-se molhado e uma fina camada de material é formada gradualmente em torno das partículas inertes. O filme sobre a superfície da partícula é seco e as pontes líquidas desaparecem gradualmente, resultando em uma camada de revestimento friável. Devido ao atrito entre as partículas individuais e as partículas e a parede da coluna, o filme é removido como um pó (ARAÚJO et al., 2015).

Alguns fatores podem ser influenciados pelas variáveis do processo durante a secagem em secador tipo leito de jorro, tais como: vazão da alimentação da suspensão e do ar; as propriedades do material a ser seco; a concentração de agente encapsulante utilizado e a temperatura de secagem, que influenciam o desempenho do secador e consequentemente a qualidade do produto final (umidade, atividade de água, cor e retenção de compostos bioativos etc.).

Esta tecnologia é frequentemente aplicada em larga escala na produção de materiais granulares, secagem de pastas e suspensões, revestimento de comprimidos, secagem de produtos de frutos sólidos, granulação de fertilizantes e outros materiais. Apresenta diversas aplicações industriais devido à sua versatilidade e potencial para conduzir a granulação ou aglomeração a baixo custo (CHIELLE et al., 2016). O resultado são partículas de pó revestido ou agregadas que tem como vantagens fácil transporte, solubilidade, proteção ou controle na liberação de ingredientes ativos. A aglomeração em leito de jorro pode transformar pós alimentares em grânulos com boas propriedades instantâneas (BORNER et al., 2014; DACANAL et al., 2016).

Alguns trabalhos de pesquisa utilizaram leito de jorro na secagem de produtos alimentares. Bezerra et al. (2013) caracterizaram e avaliaram as propriedades funcionais, físicas, morfológicas da farinha de banana verde obtida por secagem em leito de jorro. Araújo et al. (2015) desidrataram suco de acerola com adição de oligossacarídeos usando maltodextrina como agente encapsulante. Mussi et al. (2015) avaliaram os efeitos da temperatura e da velocidade do ar na secagem de resíduos de jambolão além de analisarem a atividade antioxidante, as antocianinas e os teores minerais no produto seco. Costa et al. (2015) investigaram a viabilidade da secagem do açaí em leito de jorro, avaliando as condições de operação no rendimento e qualidade do produto final. Chielle et al. (2016) utilizaram esta técnica na secagem de sementes de mamão para posterior produção de óleo. A temperatura de secagem mais adequada para obter alto rendimento de extração de óleo foi 70 °C.

4.5.2. Liofilização

A liofilização (Figura 4) é uma técnica com base na remoção da água por sublimação, é utilizada para se obter vários produtos industriais. O desempenho do processo é fortemente dependente da escolha adequada das condições operacionais e, portanto, há necessidade de uma extensiva análise de seus efeitos no tempo de processamento e na qualidade do produto obtido. Essa tecnologia foi desenvolvida para

superar as perdas de compostos responsáveis pelos aromas nos alimentos, os quais são muito suscetíveis às modalidades de processamento que empregam temperaturas elevadas, como a secagem convencional (SANTO et al., 2013).

Figura 4. Liofilizador



Fonte: Acervo pessoal.

O método de secagem por liofilização mantém a alta qualidade dos alimentos e bioprodutos, incluindo a aparência, nutrientes, sabor e alta capacidade de reidratação. O processo consiste principalmente em congelamento e desidratação sob pressão reduzida. Um processo de liofilização bem sucedido resulta em matrizes altamente porosas e desidratadas com alta capacidade de reidratação, que é uma propriedade importante da liofilização (HARNKARNSUJARIT et al., 2016). Apesar destas vantagens, as amostras liofilizadas exibem uma alta higroscopicidade, e, podem ser adversamente afetado pela umidade durante o armazenamento. Sob a influência de umidade e oxigênio, componentes sensíveis ao oxigênio podem rapidamente se decompor. A liofilização aumenta a porosidade, e conseqüentemente, a área do produto que está exposta à atividade de radicais livres (MATERSKA, 2014).

Alimentos liofilizados são produtos com alto valor agregado por reter grande parte de seus nutrientes originais, uma vez que emprega baixas temperaturas em seu processamento. Entretanto, seu custo é expressivamente maior quando comparado aos produtos secos por outras técnicas, necessitando-se, assim, de pesquisas que minimizem os custos operacionais, ofertando, dessa maneira, produtos a um preço competitivo. As

otimizações do processo da liofilização de alimentos têm sido desenvolvidas pela engenharia, com o objetivo de obter produtos com elevada taxa de reidratação, mantendo a composição dos alimentos e seus compostos bioativos, além de manter a qualidade da textura final (VODA et al., 2012). Além disso, a qualidade final do produto, considerando-se os aspectos nutritivos e sensoriais, também deve ser investigada para garantir alimentos seguros e nutritivos aos consumidores. Dentre os índices de qualidade para alimentos liofilizados, podem-se citar o teor de retenção de vitamina C, capacidade de reidratação e textura (SANTO et al., 2013).

Diversas pesquisas vêm sendo realizadas com a secagem por liofilização. Voda et al. (2012) estudaram o impacto da liofilização sobre a microestrutura e as propriedades de reidratação da cenoura. Ramírez; Giraldo; Orrego (2015) avaliaram a modelagem e estabilidade do polifenol em frutos encapsulados por secagem por pulverização e liofilização. Harnkarnsujarit et al. (2016) investigaram os efeitos do congelamento sobre a microestrutura e reidratação da coalhada de soja liofilizada. Agudelo et al. (2017) analisaram o efeito da preservação da retenção de antioxidantes em diferentes pós de toranja obtidos por liofilização e secagem por pulverização.

4.5.3. Atomização

A secagem por atomização (Figura 5) consiste na transformação de um produto no estado fluido para o estado sólido na forma de pó, numa operação contínua, por meio de um tempo relativamente curto (FERRARI et al., 2012). Esse método de conservação teve seus primeiros passos na segunda metade do século 18, quando foi patenteada a primeira operação de secagem de ovos (1865). Seu desenvolvimento começou em 1870 e passou a ser utilizado na II Guerra Mundial, com a intenção de reduzir o peso dos alimentos facilitando o transporte (AFOAKWAH et al., 2012).

Figura 5. Atomizador

Fonte: Acervo pessoal.

Na década de 1920 iniciou-se sua utilização como processo industrial. Os primeiros produtos a que se tem notícia como obtidos em larga escala com a secagem por nebulização foram o leite bovino e o sabão em pó. A partir de então, seu uso disseminou-se pela indústria de processos em geral, sendo hoje, especialmente aplicada a secagem de produtos alimentícios e farmacêuticos (TONON et al., 2011).

Esse processo é realizado através da dispersão de gotículas do material dentro de uma câmara, na qual o material fluido entra em contato com o ar aquecido, na forma de nuvem ou *spray* (SANTHALAKSHMY et al., 2015). Técnica amplamente utilizada na indústria alimentícia para secar produtos de frutas, especialmente em formas de purê ou suco. No entanto uma enorme gama de produtos pode ser seca por atomização (HUI, 2010).

A qualidade dos produtos obtidos por atomização depende das características do atomizador e da transferência de calor e massa entre o ar aquecido e as gotículas da câmara de secagem. Entre as vantagens da atomização destaca-se a alta relação entre a área de superfície / volume de gotículas, resultando em menor tempo de exposição das partículas à temperatura de secagem. Além disso, a produção de partículas muito pequenas, tornando o produto final bastante solúvel. Em relação às desvantagens, temos que os compostos, com baixo ponto de ebulição, responsáveis pelo sabor e aroma podem ser perdidos (PHISUT, 2012; AFOAKWAH et al., 2012).

Durante a secagem por atomização podem ocorrer diversas mudanças morfológicas. Essas alterações estão relacionadas à umidade e as temperaturas do processo. Em temperaturas mais baixas, as partículas apresentam menor tamanho e uma crosta fina, compacta e irregular. O ajuste da velocidade de alimentação é realizado com

a finalidade de que o líquido presente nas gotículas evapore antes que estas entrem em contato com as paredes da câmara de secagem. Velocidades de alimentação excessivas conduzem à diminuição da temperatura de saída e ao acúmulo do material sobre as paredes da câmara (OLIVEIRA; PETROVICK, 2010).

Na literatura diversos trabalhos são encontrados utilizando secagem por atomização. Fang; Bhandari (2011) estudaram o efeito da secagem por atomização de suco de bayberry com maltodextrina (DE 10) na estabilidade dos polifenóis. Jafari et al. (2017) estudaram a secagem de suco de romã utilizando diferentes concentrações de maltodextrina (25, 35 e 45%) e duas temperaturas do ar de secagem (124 e 143 ° C) e avaliaram as características físico-químicas e nutricionais do pó produzido. Zotarelli et al. (2017) estudaram produção de manga em pó, por secagem por aspersão e secagem por fundição, com e sem adição de maltodextrina.

4.6. Microencapsulação

O termo microencapsulação é definido como um processo em que pequenas partículas sólidas, gotículas de líquidos ou compostos gasosos, geralmente definidos como ingredientes ativos (material de núcleo) são envolvidos, aprisionados por um revestimento ou incorporados em uma matriz homogênea ou heterogênea (EZHILARASI et al., 2013). Durante décadas a microencapsulação tem sido utilizada para obtenção de materiais desidratados na forma de pó, sendo difundida na indústria de alimentos há mais de 60 anos (ROCHA et al., 2012).

A microencapsulação é uma alternativa de proteção aos compostos que se degradam facilmente devido a condições adversas como altas temperaturas, presença de luz, oxigênio, entre outros. O intuito deste processo é aprisionar uma substância dentro de outro material (revestimento, escudo ou material de suporte/parede), formando pequenas partículas, seladas, que podem liberar seu conteúdo a taxas controladas em condições específicas (CELLI et al., 2015).

Está técnica proporciona uma barreira física entre o núcleo do composto e os outros componentes do produto. Desta forma, muitos produtos que eram considerados tecnicamente inviáveis para a desidratação agora são possíveis (GHARSALLAOUI et al., 2007; DESAI; PARK, 2005). A microencapsulação destaca-se por permitir um controle sofisticado de certas propriedades do produto e por ser uma tecnologia que envolve processos complexos que permitem incorporar a um material ativo novas propriedades funcionais e "inteligentes", como a liberação ou atuação controlada em um

meio específico ou sob condições apropriadas, tornando mais eficaz o produto final do qual esse material fará parte (FANG; BHANDARI, 2010).

Esta técnica visa prolongar a vida útil do produto, protegendo os componentes ativos contra a degradação durante o armazenamento e/ou processamento e mantendo a funcionalidade, além de mascarar *flavours*, odores ou sabores indesejados (JAFARI et al., 2017). A encapsulação de ingredientes alimentares em materiais de revestimento pode ser conseguida por vários métodos. Alguns deles são a atomização, extrusão, liofilização, leito de jorro, coacervação e cocristalização (NAZZARO *et al.*, 2012).

A composição do agente carreador é o principal determinante das propriedades funcionais da microcápsula e de como ela pode ser utilizada para melhorar o desempenho de um determinado ingrediente (MORENO et al., 2016; EZHILARASI et al., 2013).

4.7. Agente carreador

Sucos de frutas são difíceis de desidratar, por serem ricos em açúcares e ácidos de baixo peso molecular. Como consequência, produzem pós muito higroscópicos, suscetíveis à aglomeração e problemas de fluidez. A temperatura usada durante a secagem é de grande importância, devido aos compostos de baixo peso molecular tenderem a apresentar os problemas de adesão às paredes da câmara de secagem, além da coesão (adesão das partículas entre si), produzindo um produto pastoso ao invés de um pó. O resultado é considerado negativo tendo em vista que diminui o rendimento do processo (PHISUT, 2012).

Geralmente, os sucos de frutas têm pontos baixos de transição vítrea (T_g) devido ao alto teor de sacarose (62 °C), frutose (5 °C) e glicose (32 °C). Eles podem ficar na parede da câmara do secador durante a secagem, levando ao baixo rendimento do produto e problemas operacionais. Os pós geralmente têm altos teores de umidade e atividade da água, impactando negativamente o armazenamento subsequente. Portanto, torna-se necessário o uso de formulações que contenham os adjuvantes de secagem (JAFARI et al., 2017).

A seleção do agente carreador depende das propriedades físico-químicas do material a ser seco, do processo utilizado para formar a partícula e das propriedades finais desejadas (PHISUT, 2012). Um material de cobertura ideal deve ser insolúvel e não reativo com o material de recheio, ser de fácil manipulação (apresentar uma baixa viscosidade a altas concentrações), ter habilidade para dispersar ou emulsificar o

material ativo e estabilizar a emulsão produzida, aprisionar e manter o material ativo dentro da sua estrutura durante o processamento e estocagem. Além disso, deve liberar completamente o solvente ou outro material que será usado durante o processo de encapsulação, proporcionar a máxima proteção ao material ativo contra condições ambientes, ser solúvel em solventes utilizados na indústria de alimentos, apresentar boa disponibilidade no mercado e baixo custo (GOULA; ADAMAPOLUS, 2010; GHARSALLAOUI *et al.*, 2007).

Os agentes carreadores ou material de parede, que podem ser utilizados são geralmente carboidratos (amidos, maltodextrinas, xaropes de milho, dextranas, sacarose, e ciclodextrinas), celulose (carboximetilcelulose, metilcelulose, etc.), gomas (goma arábica, ágar, carragena, etc.), lipídeos (ceras, parafina, etc.) e proteínas (glúten, gelatinas, albumina e peptídeos) (MORENO *et al.*, 2016; EZHILARASI *et al.*, 2013). Esses agentes de transporte são úteis para aumentar a temperatura de transição vítrea, visando evitar problemas operacionais durante a secagem, como a adesão à parede da câmara do secador, no caso da secagem em leito de jorro e em atomizador, bem como transformações estruturais como colapso e cristalização, durante o processamento e armazenamento de alimentos, especialmente importante no caso de produtos ricos em açúcar, como sucos de frutas (TONON *et al.*, 2010).

Dentre os principais agentes carreadores utilizados em alimentos, as maltodextrinas têm sido comumente utilizadas em sucos de frutas (MORENO *et al.*, 2016; MISHRA *et al.*, 2017). É o material mais utilizado devido a sua solubilidade em água e baixa viscosidade mesmo em soluções concentradas. Sua estrutura é composta por múltiplas unidades de glicose unidas por ligações glicosídicas do tipo α (1 \rightarrow 4). Estas são classificadas por seu equivalente de dextrose (DE – dextrose equivalente), uma medida do grau de hidrólise do polímero de glicose às suas unidades monoméricas constituintes e, portanto, estão disponíveis em diferentes pesos moleculares. A maltodextrina tem por característica sabor suave ou apenas moderadamente doce, apresentando boa relação entre custo e eficácia, apesar da sua capacidade de emulsão limitada e ter baixa retenção de compostos voláteis (MORENO *et al.*, 2016).

O aumento da DE resulta no aumento da higroscopicidade, resultando em pós menos estáveis. Desta forma, as maltodextrinas de menor DE são as mais indicadas para o processo de atomização. A maltodextrina utilizada nesta pesquisa foi 10DE, a eficácia de maltodextrinas de baixa DE como carreadores de secagem é devido à propriedade encapsulante e à baixa difusividade de umidade (ROWE *et al.*, 2009).

4.8. Características dos Alimentos em Pó

Uma grande quantidade de produtos alimentares têm sido desenvolvida e comercializada na forma de pó. Portanto, a tecnologia utilizada nesse tipo de processamento é cada vez mais importante, tanto para os fabricantes de ingredientes de alimentos, quanto para os produtores de alimentos. Para a indústria alimentícia, o interesse neste tipo de alimento está relacionado à sua estabilidade química e microbiológica, aos custos de transporte reduzidos e à conveniência geral (MURRIETA-PAZOS *et al.*, 2012).

As características do pó produzido por diferentes métodos de secagem dependem principalmente das variáveis operacionais durante a secagem (temperaturas de entrada e saída do ar), vazão de alimentação, pressão da câmara, da composição do suco de frutas, da concentração de sólidos e também do tipo e concentração de agente carreador utilizado na formulação (OLIVEIRA *et al.*, 2010). Algumas propriedades, como cor e sabor podem ser afetadas não só pelas propriedades do material inicial (composição, concentração, viscosidade etc), como também pelas condições de processo, além de outros fatores (CAI; CORKE, 2000).

O método de secagem influencia o tamanho da partícula sólida, sua densidade, aparência e umidade. O tipo de contato líquido – ar quente e a evaporação influenciam não só essas características, como também a capacidade de retenção de aroma e sabor, enquanto a técnica de separação do pó do ar seco influencia a granulométrica do produto desejado (BEZERRA *et al.*, 2013).

Várias mudanças podem ocorrer durante a secagem de um alimento, incluindo mudanças na solubilidade, reidratação, encolhimento, alterações na forma, tamanho, porosidade e redução, que podem influenciar na capacidade de adsorção dos produtos secos. Para realizar corretamente as operações de secagem e armazenamento, é necessário conhecer a relação entre a temperatura do ar, atividade de água e a umidade relativa (PEDRO *et al.*, 2010; CORRÊA *et al.*, 2010).

Geralmente, o conteúdo das soluções líquidas a serem secas possui baixas porcentagens de sólidos, conduzindo o processo a custos altos por unidade de peso e baixa recuperação do produto. Para levar a uma zona de secagem econômica, sólidos são adicionados na solução antes do processo de secagem. Esses sólidos protegem o aroma do produto durante a secagem, aumentam a retenção do produto seco e também ditam à natureza do produto em termos de suas propriedades físico-químicas após a secagem, como o tamanho das partículas, sua distribuição, densidade,

compressibilidade, solubilidade, coesão, conteúdo de umidade e higroscopicidade. Além disso, os aditivos aumentam a temperatura de transição vítrea (T_g) do produto (TONON *et al.*, 2010).

A crescente demanda de consumidores optando por uma alimentação mais saudável tem resultado no aumento do consumo de refrescos, néctares e sucos de fruta em pó, por serem saudáveis, apresentar efeitos terapêuticos, refrescantes, práticos e de fácil reconstituição. A procura pela praticidade e saúde tem gerado um crescimento constante deste novo mercado. As frutas em pó possuem alto potencial de mercado, por se tratar de alimentos naturais, que atendem às tendências atuais (SAMOTICHA; WOJDYLO; GOLIS, 2017; GRANATO *et al.*, 2010). São produtos utilizados extensivamente na elaboração de bebidas de fruta ou incorporados como ingredientes no processo de outros alimentos, com baixa relação massa / volume, maior vida de prateleira, que podem ser armazenados em temperatura ambiente, permitindo redução de custo com embalagens e despesas inerentes à conservação a frio e transporte (BENELLI; OLIVEIRA, 2016; JAFARI *et al.*, 2017). Além da diversificação principalmente em função da incorporação de novos sabores de frutas, com destaque às frutas tropicais como a acerola e a ceriguela.

4.9. Análise sensorial

A análise sensorial abrange todos os métodos para evocar, medir, analisar e interpretar respostas humanas sobre as propriedades de alimentos e materiais, tais como sabor, aroma, aparência, consistência, textura e *flavor*, que são percebidas através dos cinco sentidos, visão, olfato, paladar, tato e audição (CIVILLE; OFTEDAL, 2012; MIRABALLES; GÁMBARO, 2018).

Desde meados do século XX, as indústrias e as universidades adotaram a avaliação sensorial como uma ferramenta de valor inestimável para a criação de produtos de sucesso e para entender as propriedades sensoriais dos materiais. No início do século XXI, a avaliação sensorial tornou-se ainda mais importante, o mercado é dirigido pelos consumidores e estudar os alimentos usando apenas equipamentos e reações químicas não é mais suficiente (VARELA; ARES, 2012; CIVILLE; OFTEDAL, 2012).

A avaliação sensorial é dividida em duas categorias: objetiva e subjetiva. Na avaliação objetiva, os atributos sensoriais de um produto são avaliados por um painel treinado e os testes se subdividem em descritivos e discriminativos. A avaliação

subjetiva ou teste afetivo, as reações dos consumidores às propriedades sensoriais dos produtos são mensuradas, sendo mais comuns os testes de aceitação e preferência, avaliados por painel não treinado (ARES et al., 2015; MIRABALLES; GÁMBARO, 2018).

A análise descritiva (AD) tem sido a principal ferramenta da ciência sensorial para adquirir dados detalhados, confiáveis e reprodutíveis para descrever os perfis de produtos alimentares. A análise descritiva sensorial é uma das ferramentas mais poderosas e sofisticadas. Sua aplicação cresceu constantemente no final do século XX e no início do XXI. Esta metodologia permite medir a reação sensorial aos estímulos resultantes do consumo de um produto, fornecendo uma descrição dos aspectos qualitativos e quantitativos da percepção humana, e permitindo correlações com outros parâmetros (ALEXI et al., 2018; VARELA; ARES., 2012).

A AD não tem eficiência de custo e tempo, portanto, pode ser em grande parte insustentável, na prática, para a indústria em alguns casos (VALENTIN et al., 2012). Isso levou ao desenvolvimento de vários métodos sensoriais rápidos (ARES; JAEGER, 2015). Entre eles, o Check-All-That-Apply (CATA), que ganhou popularidade principalmente devido ao seu formato simples, pequenos requisitos de esforço cognitivo e rápida elicitação das características sensoriais no exame dos produtos pelos participantes (ALEXI et al., 2018). O método CATA consiste basicamente na aplicação de um questionário com uma lista de palavras ou frases das quais os consumidores podem selecionar o que eles considerem apropriado para descrever um produto específico (ARES; JAEGER, 2015; MIRABALLES; GÁMBARO, 2018).

O método inclui não apenas dados sensoriais, mas também itens hedonistas e aqueles relativos à intenção de compra ou afetivos (VARELA; ARES, 2012). Em comparação com as técnicas de escala tradicionais, as questões do CATA são consideradas fáceis, rápidas e mais naturais para consumidores, bem como fornecer informações valiosas, porque já foram utilizadas para caracterizar um grande número de alimentos (BRUZZONE et al., 2012; JAEGER et al., 2017; ANTÚNEZ et al., 2017; PRAMUDYA; SEO, 2018). Além disso, o CATA é um método não holístico uma vez que não requer uma avaliação simultânea de todas as amostras, o que torna apropriado para grandes conjuntos de produtos e/ou quando avaliados monadicamente. A ordem de apresentação das amostras é necessária. No entanto, a baixa capacidade de discriminação em conjuntos de produtos é sutil, diferenças também foram relatadas para o método CATA (ARES et al., 2015). Isso é atribuído para a natureza dicotômica (0/1)

das respostas do CATA, que pode levar à incapacidade de refletir as diferenças de intensidade para o mesmo atributo sensorial (LAZO; CLARET; GUERRERO, 2016; ALEXI et al., 2018).

O método sensorial CATA não requer treinar e manter um painel sensorial, que reduz o tempo e os recursos necessários para obter as caracterizações do produto (ANTÚNEZ et al., 2017). A natureza simples e rápida, proposta pelo método do CATA é uma ferramenta sensorial de pesquisa do consumidor, apropriada quando aplicado a um grande número de provadores (as). O número mínimo recomendado para o CATA é entre 60-80 consumidores (ARES, et al., 2015). No entanto, o número grande de participantes não é apenas uma característica do CATA, mas um requisito para todos os métodos com consumidores, para garantir a validade, devido às inconsistências nas medidas derivando, entre outras razões, da falta de treinamento (ALEXI et al., 2018).

Diante do exposto e ciente de que a satisfação ou não do consumidor pode interferir nas decisões de compra, a realização da análise sensorial, utilizando o método CATA é de suma importância para a indústria alimentícia, não apenas pelo fato de avaliar um novo produto junto ao consumidor, mas também de permitir a caracterização das diferenças e semelhanças entre produtos, além da otimização de atributos relacionados à cor, textura, aroma e sabor.

REFERÊNCIAS

- AFOAKWAH A. N.; ADOMAKO C.; OWUSU J.; ENGMAN N. F.; HANNAH A.; *Spray Drying* as an appropriate technology for the food and pharmaceutical industries - A review. **Journal of Environmental Science, Computer Science and Engineering & Technology**, v.1, p.467-476, 2012.
- AGUDELO, C.; BARROS, L.; SANTOS-BUELGA, C.; MARTÍNEZ-NAVARRETE, N.; FERREIRA, I. C. F. R. Phytochemical content and antioxidant activity of grapefruit (Star Ruby): A comparison between fresh freeze-dried fruits and different powder formulations. **LWT - Food Science and Technology**, v. 80, p. 106-112, 2017.
- ALEXI, N.; NANOU, E.; LAZO, O.; GUERRERO, L.; GRIGORAKIS, K.; BYRNE, D. V. Check-All-That-Apply (CATA) with semi-trained assessors: Sensory profiles

closer to descriptive analysis or consumer elicited data?. **Food Quality and Preference**, v. 64, p. 11–20, 2018.

ALI, K., MALTESE, F., CHOI, Y. H., VERPOORTE, R. Metabolic constituents of grapevine and grape-derived products. **Phytochemistry Reviews**, v. 9, n. 3, p. 357-378, 2010.

ALMEIDA, M. M. B.; SOUSA, P. H. M.; ARRIAGA, A. M. C.; PRADO, G. M.; MAGALHÃES, C. E. C.; MAIA, G. A.; LEMOS, T. L. G.; Bioactive compounds and antioxidant activity of fresh exotic fruits from northeastern Brazil. **Food Research International**, v. 44, p. 2155–2159, 2011.

ANGELO, P. M.; JORGE, N. Compostos fenólicos em alimentos – Uma breve revisão. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, v. 66, p. 1-9, 2007.

ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 2017. Cleonice de Carvalho., et al.– Santa Cruz do Sul : Editora Gazeta Santa Cruz, 2017.

ANTÚNEZ, L.; VIDAL, L.; SALDAMANDO, L.; GIMÉNEZ, A.; ARES, G. Comparison of consumer-based methodologies for sensory characterization: Case study with four sample sets of powdered drinks. **Food Quality and Preference**, v. 56, p. 149-163, 2017.

ARAÚJO, A. D. A.; COELHO, R. M. D.; FONTES, C. P. M. L.; SILVA, A. R. A.; COSTA, J. M. C.; RODRIGUES, S. Production and spouted bed drying of acerola juice containing oligosaccharides. **Food and Bioproducts Processing**, v. 94, p. 565-571, 2015.

ARES, G., ANTÚNEZ, L., BRUZZONE, F., VIDAL, L., GIMÉNEZ, A., PINEAU, B., BERESFORD, M. K., JIN, D.; PAISLEY, A. G.; CHHEANG, S. L., ROIGARD, C. M., JAEGER, S. R. Comparison of sensory product profiles generated by trained assessors and consumers using CATA questions: Four case studies with complex and/or similar samples. **Food Quality and Preference**, v. 45, p. 75–86, 2015.

ARES, G.; JAEGER, S. R. Check-all-that-apply questions: Influence of attribute order on sensory product characterization. **Food Quality and Preference**, v.28, p.141–153, 2013.

AUGUSTO, P. E. D.; CRISTIANINI, M.; IBARZ, A. Effect of temperature on dynamic and steady-state shear rheological properties of siriguela (*Spondias purpurea* L.) pulp. **Journal of Food Engineering**, v.108, p. 283 – 289, 2012.

BALASUNDRAM, N.; SUNDRAM, K.; SAMMAN, S. Phenolic compounds in plants and agri-industrial by-products: Antioxidant activity, occurrence, and potential uses. **Food Chemistry**, v. 99, p. 191-203, 2006.

BATAGLION, G. A.; SILVA, F. M. A. EBERLIN, M. N. KOOLEN, H. H. F. Determination of the phenolic composition from Brazilian tropical fruits by UHPLC–MS/MS. **Food Chemistry**, v. 180, p.280-287, 2015.

BENELLI, L.; OLIVEIRA, W. System dynamics and product quality during fluidized bed agglomeration of phytochemical compositions. **Powder Technology**, v. 300, p. 2-13, 2016.

BENJAMIN, S. R.; OLIVEIRA NETO, J. R.; MACEDO, I. Y. L.; BARA, M. T. F., CUNHA, L. C.; CARVALHO, L. A. F.; GIL, E. S. Electroanalysis for Quality Control of Acerola (*Malpighia emarginata*) Fruits and their Commercial Products. **Food Analytical Methods**, v. 8, p. 86–92, 2015.

BEZERRA, C. V.; AMANTE, E. R.; OLIVEIRA, D. C.; ANTONIO M.C.; RODRIGUES, A. M. C.; SILVA, L. H. M. Green banana (*Musa cavendishii*) flour obtained in spouted bed – Effect of drying on physico-chemical, functional and morphological characteristics of the starch. **Industrial Crops and Products**, v. 41, p. 241– 249, 2013.

BICAS, J. L.; MOLINA, G.; DIONISIO, A. P.; BARROS, F. F. C.; WAGNER, R.; MAROSTICA JR.; M. R., PASTORE, G. M. Volatile constituents of exotic fruits from Brazil. **Food Research International**, v. 44, p. 1843–1855, 2011.

BÖRNER, M.; HAGEMEIERS, T.; GANZER, G.; PEGLOW, M.; TSOTSAS, E.
Experimental spray zone characterization in top-spray fluidized bed granulation.
Chemical Engineering Science, v. 116, p. 317–330, 2014.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretária de Políticas de Saúde. **Alimentos Regionais Brasileiros**. Brasília: Ministério da Saúde, p. 140, 2002.

BRUZZONE, F.; ARES, G.; GIMÉNEZ, A. Consumers texture perception of Milk desserts. II – Comparison with trained assessors data. **Journal of Texture Studies**, v. 43, p. 214–226, 2012.

CAI, Y. Z.; CORKE, H. Production and properties of spray dried amaranthus betacyanin pigments. *Journal of Food Science*, v.65, p.1248-1252, 2000.

CARPENTIERI-PÍPOLO, V.; PRETE, C.E.C.; GONZALEZ, M.G.N. *et al.* Novas cultivares de acerola (*Malpighia emarginata D.C.*). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.24, n.1, p.124-126, 2002.

CELLI, G. B., GHANEM, A., BROOKS, M. S. Bioactive Encapsulated Powders for Functional Foods — a Review of Methods and Current Limitations. **Food and bioprocess technology**, v. 8, n. 9, p. 1825-1837, 2015.

CHEN, G.; CHEN, S.; ZHAO, Y.; LUO, C.; LIB, J.; GAO, Y. Total phenolic contents of 33 fruits and their antioxidant capacities before and after in vitro digestion. **Industrial Crops and Products**, v. 57, p. 150-157, 2014.

CHIELLE, D. P.; BERTUOL, D. A.; MEILI, L.; TANABE, E. H.; DOTTO, G. L. Spouted bed drying of papaya seeds for oil production. **LWT - Food Science and Technology**, v. 65, p. 852-860, 2016.

CIVILLE, G. V.; OFTEDAL, K. N.; Sensory Evaluation Techniques — Make “good for you” taste “good”. **Physiology & Behavior**, v.107, p.598–605, 2012.

CORRÊA, P. C.; GONELI, A. L. D.; JÚNIOR, P. C. A.; OLIVEIRA, G. H. H.; VALENTE, D. S. M. Moisture sorption isotherms and isosteric heat of sorption of

coffee in different processing levels. **International Journal of Food Science and Technology**, v.45, p.2016–2022, 2010.

COSTA, R. G.; ANDREOLA, K.; MATTIETTO, R. A.; FARIA, L. J. G.; TARANTO, O. P. Effect of operating conditions on the yield and quality of açai (*Euterpe oleracea Mart.*) powder produced in spouted bed. **LWT - Food Science and Technology**, v. 64, p. 1196-1203, 2015.

DACANAL, G. C.; FELTRE, G.; THOMAZI, M. G.; MENEGALLI, F. C. Effects of pulsating air flow in fluid bed agglomeration of starch particles. **Journal of Food Engineering**, v. 181, p. 67-83, 2016.

DAI, J.; MUMPER, R. J. Plant Phenolics: Extraction, Analysis and Their Antioxidant and Anticancer Properties. **Molecules**, v.15, n.10. p. 7313-7352, 2010.

DELVA, L.; GOODRICH-SCHNEIDER, R. Antioxidant activity and antimicrobial properties of phenolic extracts from acerola (*Malpighia emarginata* DC) fruit. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 48, p.1048–1056, 2013.

DELVA, L.; GOODRICH-SCHNEIDER, R. Acerola (*Malpighia emarginata* DC): Production, Postharvest Handling, Nutrition, and Biological Activity. **Food Reviews International**, v. 29, p.107–126, 2013.

DESAI, K. G. H., PARK, H. J. Recent Developments in Microencapsulation of Food Ingredients. **Drying technology**, v. 23, n. 7, p. 1361-1394, 2005.

DIAS, M. G.; CAMÕES, M. F. G. F. C.; OLIVEIRA, L.; Carotenoids in traditional Portuguese fruits and vegetables. **Food Chemistr**, v. 113, p. 808–815, 2009.

DOTTO, G. L.; SOUZA, V. C.; PINTO, L. A.A. Drying of chitosan in a spouted bed: the influences of temperature and equipment geometry in powder quality. **LWT-Food Science and Technology**, v. 44, p.1786 -1792, 2011.

ENGELS, C.; GRATER, D.; ESQUIVEL, P.; JIMÉNEZ, V. M.; GANZLE, M. G.; SCHIEBER, A. Characterization of phenolic compounds in jocote (*Spondias purpurea*

L) peels by ultra high-performance liquid chromatography/electrospray ionization mass spectrometry. **Food Research International**, v.46, p. 557-562, 2012.

EZHILARASI, P. N.; INDRANI, D.; JENA, B. C.; ANANDHARAMAKRISHNAN, C. Freeze drying technique for microencapsulation of Garcinia fruit extract and its effect on bread quality. **Journal of Food Engineering**, v. 117, p. 513–520, 2013.

FANG, Z.; BHANDARI, B. Encapsulation of polyphenols: one review. **Trends in Food Science e Technology**, v.20, p.1-14, 2010.

FANG, Z.; BHANDARI, B. Effect of spray drying and storage on the stability of bayberry polyphenols. **Food Chemistry**, v. 129, p. 1139–1147, 2011.

FERRARI, C. C.; RIBEIRO, C. P.; AGUIRRE, J. M. *Spray Drying* of blackberry pulp using maltodextrin as carrier agent. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.15, p.157-165, 2012.

FREITAS, D. G. C.; MATTIETTO, R. D. A. Ideal sweetness of mixed juices from Amazon fruits. **Food Science and Technology**, v. 33, p. 148-154, 2013.

FURTADO, G.; SILVA, F.; PORTO, F. S.; SANTOS, A. G. Secagem de polpa de ceriguela pelo método de camada de espuma. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 12, p. 9–14, 2010.

GHARSALLAOUI, A.; ROUDAUT, G.; CHAMBIN, O.; VOILLEY, A.; SAUREL, R. Applications of spray drying in microencapsulation of food ingredients: An overview. **Food Research International**, v.40, p.1107-1121, 2007.

GOULA, A. M.; ADAMOPOULOS, K. G. A. new technique for spray drying orange juice concentrate. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v.11, p.342-351, 2010.

GRANATO, D.; BRANCO, G. F.; NAZZARO, F.; CRUZ, A.G.; FARIA, J. A. F. Functional foods and nondairy probiotic food development: trends, concepts, and products. **Comprehensive reviews in food science and food safety**, v.9 p.292-302, 2010.

HARNKARNSUJARIT, N.; KAWAI, K.; WATANABE, M.; SUZUKI, T. Effects of freezing on microstructure and rehydration properties of freeze-dried soybean curd. **Journal of Food Engineering**, v. 184, p. 10-20, 2016.

HUI, Y. H. **Handbook of fruit and vegetable flavors**. Wiley, p.1095, 2010.

JAEGER, S. R.; FISZMAN, S.; REIS, F.; CHHEANG, S. L.; KAM, K.; PINEAU, B.; DELIZA, R.; ARES, G. Influence of evoked contexts on hedonic product discrimination and sensory characterizations using CATA questions. **Food Quality and Preference**, v. 56, p. 138–148, 2017.

JAESCHKE, D. P.; MARCZAK, L. D. F.; MERCALI, G. D. Evaluation of non-thermal effects of electricity on ascorbic acid and carotenoid degradation in acerola pulp during ohmic heating. **Food Chemistry**, v. 199, p. 128–134, 2016.

JAFARI, S. M.; GHALENOEI, M. G.; DEHNAD, D. Influence of spray drying on water solubility index, apparent density, and anthocyanin content of pomegranate juice powder. **Powder Technology**, v. 311, p.59–65, 2017.

KAMILOGLU, S.; PASLI, A. A.; OZCELIK, B.; CAPANOGLU, E.; Evaluating the in vitro bioaccessibility of phenolics and antioxidant activity during consumption of dried fruits with nuts. **Food Science and Technology**, v. 56, p. 284-289, 2014.

KHA, T. C.; NGUYEN, M. H.; ROACH, P. D. Effects of *spray drying* conditions on the physicochemical and antioxidant properties of the Gac (*Momordica cochinchinensis*) fruit aril powder. **Journal of Food Engineering**, v. 98, p. 385-392, 2010.

KIRSCHMANN, G. J.; KIRSCHMANN, J.D. **Nutrion almanac**. 4ed. New York: McGraw-Hill, 1996.

LAZO, O.; CLARET, A.; GUERRERO, L. A comparison of two methods for generating descriptive attributes with trained assessors: Check-All-That-Apply (CATA) vs. free choice profiling (FCP). **Journal of Sensory Studies**, v.31, p. 163–176, 2016.

- LIRA JÚNIOR, J. S.; BEZERRA, J. E. F.; LEDERMAN, I. E. MOURA, R. J. M. Produção e características físico-químicas de clones de cirigueira na Zona da Mata Norte de Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 5, p. 43-48, 2010.
- MACIEL, M. I. S.; MELO, E. A.; LIMA, V. L. A. G.; SOUZA, K. A.; SILVA, W. Physicochemical characterization of fruits from genotypes of acerola tree (*Malpighia emarginata* D.C.). **Food Science and Technology**, v. 30, n.4, 2010.
- MALDONADO-ASTUDILLO, Y. I.; ALIA-TEJACAL, I.; NÚÑEZ-COLÍN, C. A.; JIMÉNEZ-HERNÁNDEZ, J.; PELAYO-ZALDÍVAR, C.; LÓPEZ-MARTÍNEZ, V.; ANDRADE-RODRÍGUEZ, M.; BAUTISTA-BANOS, S.; VALLE-GUADARRAMA, S. Postharvest physiology and technology of *Spondias purpurea* L. and *S. mombim* L. **Scientia Horticulturae**, v.174, p. 193-206, 2014.
- MATERSKA, MAŁGORZATA. Bioactive phenolics of fresh and freeze-dried sweet and semi-spicy pepper fruits (*Capsicum annuum* L.). **Journal of Functional Foods**, v.7, p. 269-277, 2014.
- MATHUR, K. B.; EPSTEIN, N. **Spouted beds**. 1^o Edição. London: Academic Press, 1974. 303p.
- MERCALI, G. D.; JAESCHKE, D. P.; TESSARO, I. C.; MARCZAK, L. D. F. Degradation kinetics of anthocyanins in acerola pulp: Comparison between ohmic and conventional heat treatment. **Food Chemistry**, v. 136, p. 853–857, 2013.
- MERTZ, C.; GANCEL, A.; GUNATA, Z.; ALTER, P.; DHUIQUE-MAYER, C.; VAILLANT, F.; PEREZ, A. M.; RUALES, J.; BRAT, P.; Phenolic compounds, carotenoids and antioxidant activity of three tropical fruits. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 22, p. 381–387, 2009.
- MIRABALLES, M.; GÁMBARO, A. Influence of Images on the Evaluation of Jams Using Conjoint Analysis Combined with Check-All-That-Apply (CATA) Questions. **Journal of Food Science**, v.83, p. 167-174, 2018.
- MISHRA, P.; BRAHMA, A.; SETH, D. Physicochemical, functionality and storage stability of hog plum (*Spondia pinnata*) juice powder produced by spray drying. **Journal Food Science Technology**, v. 54, p. 1052-1061, 2017.

MORENO, T., DE PAZ, E., NAVARRO, I., RODRÍGUEZ-ROJO, S., MATÍAS, A., DUARTE, C., SANZ-BUENHOMBRE, M., COCERO, M. J. Spray Drying Formulation of Polyphenols-Rich Grape Marc Extract: Evaluation of Operating Conditions and Different Natural Carriers. **Food and Bioprocess Technology**, v. 9, n. 12, p. 2046–2058, 2016.

MURRIETA-PAZOS, A.I.; GAIANIA, C.; GALETB, L.; CALVETB, R.; CUQC, B.; SCHERA, J. Food powders: Surface and form characterization revisited. **Journal of Food Engineering**, v.112, p.1–21, 2012.

MURILLO, E.; MELÉNDEZ-MARTÍNEZ, A.; J.; PORTUGAL, F.; Screening of vegetables and fruits from Panama for rich sources of lutein and zeaxanthin. **Food Chemistry**, v. 122, p. 167–172, 2010.

MUSSI, L. P.; GUIMARÃES, A. O.; FERREIRA, K. S.; PEREIRA, N. R. Spouted bed drying of jambolão (*Syzygium cumini*) residue: Drying kinetics and effect on the antioxidant activity, anthocyanins and nutrients contents. **LWT - Food Science and Technology**, v. 61, p. 80-88, 2015.

NAZZARO, F.; ORLANDO, P.; FRATIANNI, F.; COPPOLA, R.; Microencapsulation in food science and biotechnology. **Current Opinion in Biotechnology**, v.23, p.82–186, 2012.

OLIVEIRA, O. W.; PETROVICK, P. R. Secagem por aspersão (*spray drying*) de extratos vegetais: bases e aplicações. **Revista Brasileira de Farmacologia**, v.20, p.40-48, 2010.

OMENA, C. M. B.; VALENTIM, I. B.; GUEDES, G. S.; RABELO, L. A.; MANO, C. M.; BECHARA, E. J. H.; SAWAYA, A. C. H. F.; TREVISAN, M. T. S.; COSTA, J. G.; FERREIRA, R. C. S.; SANT'ANA, A. E. G.; GOULART, M. O. F.; Antioxidant, anti-acetylcholinesterase and cytotoxic activities of ethanol extracts of peel, pulp and seeds of exotic Brazilian fruits Antioxidant, anti-acetylcholinesterase and cytotoxic activities in fruits. **Food Research International**; v.49, p. 334–344, 2012.

PANYOYAI, N.; BANNIKOVA, A.; SMALL, D. M.; KASAPIS, S. Diffusion kinetics of ascorbic acid in a glassy matrix of high-methoxy pectin with polydextrose. **Food Hydrocolloids**, v. 53, p. 293–302, 2016.

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

PHILLIPS, K. M.; TARRAGO-TRANI, M. T.; GEBHARDT, S. E.; EXLER, J.; PATTERSON, K. Y.; HAYTOWITZ, D. B.; PEHRSSON, P. R.; HOLDEN, J. M. Stability of Vitamin C in Frozen Raw Fruit and Vegetable Homogenates. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 23, p. 253-259, 2010.

PHISUT, N. *Spray drying* technique of fruit juice powder: some factors influencing the properties of product. **International Food Research Journal**, v.19, p.1297-1306, 2012.

PRAKASH, A.; PRABHUDEV, S. H.; VIJAYALAKSHMI, M. R.; PRAKASH, M.; BASKARAN, R. Implication of processing and differential blending on quality characteristics in nutritionally enriched ketchup (Nutri-Ketchup) from acerola and tomato. **Journal Food Science Technology**, v. 8, p. 3175-3185, 2016.

PRAMUDYA, R. C.; SEO, H. Using Check-All-That-Apply (CATA) method for determining product temperature-dependent sensory-attribute variations: A case study of cooked rice. **Food Research International**, v. 105, p. 724–732, 2018.

RAMÍREZ, M. J.; GIRALDO, G. I.; ORREGO, C. E. Modeling and stability of polyphenol in spray-dried and freeze-dried fruit encapsulates. **Powder Technology**, v. 277, p. 89–96, 2015.

ROCHA, A. P. T.; ALSINA, O. L. S.; FLÁVIO, V. S. S.; SILVA, F. L. H. Cinética de produção de levedura seca em leio de jorro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, p.81-86, 2008.

ROCHA, G. A.; FÁVARO-TRINDADE, C. S.; GROSSO, C. R. F.; Microencapsulation of lycopene by *spray drying*: Characterization, stability and application of microcapsules. **Food and Bioproducts Processing**, v.90, p.37– 42, 2012.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B.; KIMURA, M.; GODOY, H.T.; AMAYA-FARFAN, J.; Updated Brazilian database on food carotenoids: factors affecting carotenoid composition. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 21, p. 445–463, 2008.

RODRIGUEZ-AMAYA, D.B.; Quantitative analysis, in vitro assessment of bioavailability and antioxidant activity of food carotenoids—A review. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 23, p. 726–740, 2010.

ROWE, R. C.; SHESKEY, P. J.; QUINN, M. E.; **Handbook of pharmaceutical excipients**. 6st edition - Pharmaceutical Press and American Pharmacists. p.222-418, 2009.

SAMOTICHA, J., WOJDYŁO, A., GOLIS, T. Phenolic composition, physicochemical properties and antioxidant activity of interspecific hybrids of grapes growing in Poland. **Food Chemistry**, v. 215, p.263-273, 2017.

SANTHALAKSHMY, S.; BOSCO, S. J. D.; FRANCIS, S., SABEENA, M. Effect of inlet temperature on physicochemical properties of spray-dried jamun fruit juice powder. **Powder Technology**. v. 274, p. 37–43, 2015.

SANTO, E. F. E.; LIMA, L. K. F.; TORRES, A. P. C.; OLIVEIRA, G.; PONSANO, E. H. G. Comparison between freeze and spray drying to obtain powder *Rubrivivax gelatinosus* biomass. **Food Science and Technology**, v. 33, p. 47-51, 2013.

SPINOLA, V.; BERTA, B.; CÂMARA, J. S.; CASTILHO, P. C. Effect of Time and Temperature on Vitamin C Stability in Horticultural Extracts. UHPLC-PDA vs. Iodometric Titration as Analytical Methods. **LWT - Food Science and Technology**, London, v. 50, n. 2, p. 489-495, 2013.

TABELA BRASILEIRA DE COMPOSIÇÃO DE ALIMENTOS-TACO / NEPA – UNICAMP.- 4. ed. rev. e ampl. Campinas: NEPA UNICAMP, 2011.

TARRAGO-TRANI, M. T.; PHILLIPS, K. M.; COTTY, M. Matrix-Specific Method Validation for Quantitative Analysis of Vitamin C in Diverse Foods. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 26, n. 1-2, p. 12-25, 2012.

TODISCO, K. M.; CASTRO-ALVES, C. C. C.; GARRUTI, D. S.; COSTA, J. M. C.; CLEMENTE, E. The Use of Headspace Solid-Phase Microextraction (HS-SPME) to Assess the Quality and Stability of Fruit Products: An Example Using Red Mombin Pulp (*Spondias purpurea* L.). **Molecules**, v. 19, p. 16851-16860, 2014.

TONON, R. V.; BRABET, C.; HUBINGER, M. D. Anthocyanin stability and antioxidant activity of spray dried açai (*Euterpe oleracea* Mart.) juice produced with different carrier agents. **Food Research International**, v.43, p.907-914, 2010.

TONON, R. V.; FREITAS, S. S.; HUBINGER, M. D.; Spray drying of açai (*Euterpe oleraceae* Mart.) juice: effect of inlet air temperature and type of carrier agent. **Journal of Food Processing and Preservation**. v. 35, p. 691–700, 2011.

VALENTIN, D., CHOLLET, S., LELIEVRE, M., ABDI, H. Quick and dirty but still pretty good: A review of new descriptive methods in food science. **International Journal of Food Science & Technology**, v.47, p.1563–1578, 2012.

VARELA, P.; ARES, G. Sensory profiling, the blurred line between sensory and consumer science. A review of novel methods for product characterization. **Food Research International**, v. 48, p. 893–908, 2012.

VODA, A.; HOMAN, N.; WITEK, M.; DUIJSTER, A.; DALEN, G.; SMAN, R.; NIJSSE, J.; VLIET, L.; AS, H.; DUYNHOVEN, J. The impact of freeze-drying on microstructure and rehydration properties of carrot. **Food Research International**, v. 49 p. 687–693, 2012.

ZOTARELLI, M. F.; SILVA, V. M.; DURIGON, A.; HUBINGER, M. D.; LAURINDO, J. B. Production of mango powder by spray drying and cast-tape drying. **Powder Technology**, v. 305, p.447–454, 2017.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

ARTIGO 1 – OBTENÇÃO DAS MELHORES CONDIÇÕES DE SECAGEM DA POLPA MISTA DE ACEROLA E CERIGUELA POR DIFERENTES MÉTODOS DE SECAGEM

RESUMO

As frutas apresentam alta perecibilidade sendo, portanto, necessário aplicar métodos de conservação para prolongar a vida útil, mantendo suas qualidades. Durante o processamento por meio da secagem as frutas podem sofrer alterações em suas características físicas, químicas e sensoriais. Este estudo teve por objetivo verificar o efeito dos diferentes métodos de secagem (atomização, leito de jorro e liofilização) sobre as propriedades físico-químicas e retenção de ácido ascórbico da polpa mista de acerola e ceriguela (PMAC) em pó. A influência das condições de processo sobre a umidade, atividade de água, higroscopicidade e retenção de ácido ascórbico foram analisadas por meio de um planejamento fatorial completo 2^3 composto por 11 ensaios. Para secagem por liofilização, utilizou-se como variáveis independentes, temperatura de liofilização (-20, -30 e -40 °C), pressão da câmara (300, 400 e 500 mTorr) e concentração de maltodextrina (15, 20 e 25%) e em leito de jorro, as variáveis independentes foram, temperatura de secagem (70, 75 e 80 °C), vazão de suspensão (4, 5 e 6 mL/min) e concentração de agente carreador (15, 20 e 25%). Para secagem em atomizador utilizou-se as condições otimizadas, encontradas na literatura, temperatura de entrada (140 °C), vazão de líquido (0,60 L/h) e concentração de agente carreador (14%). Nas condições experimentais deste trabalho os parâmetros concentração de agente carreador para a secagem em leito de jorro, e temperatura e pressão da câmara para secagem em liofilizador foram as variáveis que influenciaram de forma significativa a retenção de ácido ascórbico. As condições de processo para as polpas de acerola e ceriguela desidratadas em leito de jorro foram: temperatura de secagem (75 °C), vazão de suspensão (5 mL/min) e concentração de agente carreador (15%), e em liofilizador: temperatura (-20°C), pressão da câmara (500 mTorr) e concentração de agente carreador (25%). As PMACs obtidas pelos diferentes métodos de secagem apresentaram atividade de água, umidade e higroscopicidade conforme legislação para alimentos em pó e a retenção de ácido ascórbico foi maior na PMAC liofilizada.

Palavras-chaves: *Malpighia Emarginata* D.C.; *Spondias purpurea* L.; atomização, leito de jorro; liofilização.

ABSTRACT

The fruits present high perishability and, therefore, it is necessary to apply conservation methods to prolong the useful life, maintaining its qualities. During processing through drying the fruits can undergo changes in their physical, chemical and sensorial characteristics. The purpose of this study was to verify the effect of the different drying methods (Spray drying, spouted bed drying and freeze-dried) on the physicochemical properties and retention of ascorbic acid in the mixed pulp of acerola and ceriguela (PMAC) powder. The influence of the process conditions on moisture, water activity, hygroscopicity and retention of ascorbic acid were analyzed by means of an experimental design 2^3 composed of 11 tests, in the freeze-drying, temperature (-20, -30 and -40°C), chamber pressure (300, 400 and 500 mTorr) and maltodextrin concentration (15, 20 and 25%) and in spouted bed, the independent variables were, drying temperature (70, 75 and 80°C), suspension flow rate (4, 5 and 6 mL/min) and carrier agent concentration (15, 20 and 25%). The optimized conditions were used for the spray drying, inlet temperature (140°C), liquid flow rate (0.60 L/h) and carrier agent concentration (14%). In the experimental conditions of this work the parameters of carrier agent concentration for in spouted bed drying, and temperature and pressure of the chamber for freeze-drying, were the variables that had a significant influence on the retention of ascorbic acid. The drying conditions for mixed pulp of acerola and ceriguela powder in spouted bed drying, temperature (75°C), suspension flow rate (5 mL/min) and carrier agent concentration (15%), and in freeze-dried, temperature (-20°C), chamber pressure (500 mTorr) and carrier agent concentration (25%). The PMACs obtained by the different drying methods presented water, moisture and hygroscopicity activity according to the legislation for powdered foods and the retention of ascorbic acid was higher in freeze-dried PMAC.

Keywords: *Malpighia emarginata* D.C.; *Spondias purpurea* L.; spray drying, spouted bed drying; freeze-dried.

5.1. INTRODUÇÃO

O Brasil possui a maior biodiversidade de frutas, destacando-se as tropicais que apresentam sabores e aromas exóticos, muito apreciados pelos consumidores, com destaque para a acerola (*Malpighia Emarginata* D.C.) e ceriguela (*Spondias purpurea* L.) (ALMEIDA et al., 2011; OMENA et al., 2012). A acerola é originária das Ilhas do Caribe, América Central e Norte da América do Sul. Apresenta elevado teor de vitamina C e também é fonte de vitaminas e minerais (DELVA; GOODRICH-SCHNEIDER, 2013; BENJAMIN et al., 2015). A ceriguela é uma fruta originária na América Central, rica em carboidratos, fonte de fósforo e contém vitamina C e pró-vitamina A (TODISCO et al., 2014). Por apresentarem elementos essenciais para o organismo, devem ser introduzidas constantemente na dieta do ser humano (RAMÍREZ et al., 2015).

O consumo frequente de frutas está associado não só a manutenção de diversas atividades metabólicas do organismo, como também, a uma redução no risco de doenças degenerativas (OMENA et al., 2012; RAMÍREZ et al., 2015). Os benefícios à saúde podem ser atribuídos à capacidade antioxidante das frutas dependendo do tipo de fitoquímicos, tais como vitaminas, carotenóides, flavonoides e outros polifenóis (MALDONADO-ASTUDILLO et al., 2014).

As frutas apresentam alto teor de umidade (80%) resultando em sua classificação como altamente perecíveis, e exigem métodos de conservação e processamento, a fim de reduzir as perdas pós-colheita (JAFARI et al., 2017). Além disso, as vitaminas presentes nas frutas são sensíveis a diversos fatores (temperatura, pH, presença de oxigênio, luz e umidade) podendo se degradar durante o armazenamento. Portanto, para aumentar a vida útil das frutas, preservando as vitaminas e outros nutrientes, diferentes métodos de conservação podem ser aplicados. Entre os métodos de conservação, a secagem é um dos mais antigos e conhecido para preservar os alimentos, uma vez que reduz o teor de umidade e, portanto, a atividade da água (TONTUL; TOPUZ, 2017).

No entanto, condições inadequadas de secagem podem resultar na perda de compostos bioativos e qualidade insatisfatória do produto (BORGES et al., 2016). A secagem prolonga a vida de prateleira dos alimentos inibindo o crescimento microbiano, proporciona a obtenção de um produto conveniente para o consumidor, bem como um ingrediente mais facilmente manuseado para os processadores de alimentos (TONTUL; TOPUZ, 2017).

Entre os vários métodos de secagem pode-se destacar a atomização, leito de jorro e liofilização. A secagem por atomização, amplamente utilizada pela indústria de alimentos, consiste na dispersão de gotículas do material fluído, que ao entrar na câmara de secagem entra em contato com o ar aquecido (SANTHALAKSHMY et al., 2015). A qualidade dos produtos obtidos depende das características do atomizador e da transferência de calor e massa entre o ar aquecido e as gotículas na câmara de secagem (PHISUT, 2012). O leito de jorro é uma alternativa promissora para a secagem de pastas e de suspensões, devido à sua versatilidade e potencial para conduzir a produção de pó de alta qualidade e baixo custo, com diversas aplicações (CHIELLE et al., 2016; BEZERRA et al., 2013). Apresenta altas taxas de transferência de calor e massa e permite que se obtenha um produto com granulometria fina e uniforme, com tempos de contato curtos, o que contribui para a qualidade do produto (MUSSI et al., 2015; ROCHA et al., 2008). A liofilização, técnica que se baseia na remoção da água por sublimação, bastante utilizada na obtenção de vários produtos industriais, foi desenvolvida para superar as perdas de compostos responsáveis pelos aromas nos alimentos, os quais são muito suscetíveis às modalidades de processamento que empregam temperaturas elevadas, como a secagem convencional (RAMÍREZ et al., 2015; SANTO et al., 2013). O método de secagem por liofilização mantém a alta qualidade dos alimentos e bioprodutos, incluindo a aparência, nutrientes, sabor e alta capacidade de reidratação (CALISKAN; DIRIM, 2016).

Diante do exposto, esta pesquisa teve como objetivo avaliar o efeito dos diferentes métodos de secagem (atomização, leito de jorro e liofilização) sobre as propriedades físico-químicas e nutritivas da polpa mista de acerola e ceriguela em pó (PMAC) de modo a selecionar o método de secagem, que produzir pós com baixa atividade de água, umidade e higroscopicidade e maior retenção de ácido ascórbico.

5.2. MATERIAL E MÉTODOS

5.2.1. Local de Realização

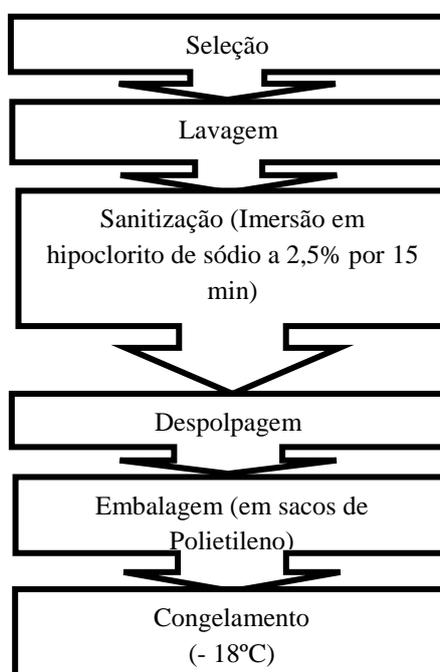
A presente pesquisa foi desenvolvida nos laboratórios de Análises físico-químicas de Alimentos e Processamento de Alimentos do Departamento de Ciências Domésticas da Universidade Federal Rural de Pernambuco-DCD/UFRPE; no laboratório de Biotecnologia do Centro de apoio à pesquisa-CENAPESQ/UFRPE e no laboratório de Agroindústria do Departamento de Engenharia de Alimentos, da Universidade Federal de Campina Grande.

5.2.2. Material

Os frutos de acerola foram colhidos nas aceroleiras localizadas na UFRPE e as ceriguelas obtidas no Centro de Abastecimento e Logística de Pernambuco – CEASA/PE. Transportados para o Laboratório de Processamento de Alimentos, em seguida selecionados (de acordo com a coloração), lavados, sanitizados (em solução de hipoclorito de sódio, na concentração de 2,5%) e despoldados na despoldadeira (marca: Bonina Compacta – Itabauna/BA).

A polpa foi embalada em sacos de polietileno de baixa densidade e imediatamente congelada e armazenada a -18°C (Figura 1).

Figura 1. Fluxograma de obtenção das polpas de acerola e de ceriguela



Fonte: Elaborado pelo autor.

A proporção de polpa utilizada para preparação da polpa mista foi 60% acerola e 40% ceriguela de acordo com Ribeiro et al. (2018). Antes da secagem, os lotes de polpa foram descongelados, quando necessário, dependendo do método de secagem a ser utilizado, sob refrigeração (5°C) por 24 horas.

5.2.3. Análises Físico-Químicas das polpas *in natura*

Com a finalidade de caracterizar as polpas de acerola, ceriguela e polpa mista de acerola e ceriguela *in natura*, as determinações físico-químicas foram realizadas de acordo com os procedimentos descritos abaixo e realizadas em triplicata.

5.2.3.1 Sólidos Solúveis

Determinado com refratômetro digital de marca Reichert (r^2 i300), expresso em °Brix (AOAC, 2002).

5.2.3.2 pH

O pH foi analisado por meio de medidas diretas utilizando o pH-metro TECNAL® TEC-3MP e as soluções tampão de pH 7 e 4 foram utilizadas para calibração do aparelho.

5.2.3.3 Acidez Titulável

Realizada por método titulométrico, segundo metodologia descrita pela A.O.A.C (2002). Os resultados expressos em g de ácido cítrico.

5.2.3.4 Razão SS/AT

Determinada mediante divisão dos valores encontrados dos sólidos solúveis com a acidez titulável.

5.2.3.5 Atividade de Água

Realizada com o auxílio do equipamento analisador de atividade de água (Decagon, AQUA LAB - 4TE) a 25°C.

5.2.3.6 Densidade

Determinada de acordo com o método descrito pela AOAC (2002) utilizando-se picnômetro de 25 mL de capacidade previamente calibrado com água destilada, calculada de acordo com a Equação (1):

$$d_e = \left(\frac{m_{\text{liquido}}}{m_{\text{agua pura}}} \right) = \frac{m_2 - m_1}{m_3 - m_1 T}$$

[Equação 1]

Usando o picnômetro para se medir densidade de líquidos, faz-se a tara do mesmo e pesa-se o picnômetro com água e com a polpa, sendo:

m_1 : a massa do picnômetro vazio,

m_2 : a massa do picnômetro cheio com o líquido cuja densidade relativa se deseja determinar

m_3 : a massa do picnômetro cheio de água destilada.

5.2.3.7 Cor Instrumental

Avaliada em colorímetro (Minolta CR 400, Konica Minolta, Sensing Inc), utilizando-se os padrões de cor do sistema CIELab – “Comission Internationale de L’Eclairage”: L^* (luminosidade), a^* (intensidade da cor vermelha a verde) e b^* (intensidade da cor amarela a azul). A cor instrumental foi determinada na superfície das polpas, o colorímetro foi previamente calibrado com um padrão branco antes de cada análise, operando com fonte de luz uma lâmpada de xenônio, iluminante C ($Y=92.78$; $x=0.3139$; $y=0.3200$), ângulo de observação de 10° e área de medição de 8 mm de diâmetro.

5.2.4 Análise dos compostos bioativos nas polpas *in natura*

5.2.4.1 Ácido Ascórbico

O teor de ácido ascórbico (AA) foi determinado por método titulométrico, utilizando 2,6 diclorofenol indofenol (AOAC, 2005).

5.2.4.2 Carotenoides Totais

A determinação do teor de carotenóides totais foi realizada segundo metodologia descrita por Rodriguez-Amaya (1999) e sua quantificação pelo espectro de absorção registrado no comprimento de onda de 450 nm, considerando a expressão matemática descrita por Gross (2004) e o coeficiente de absorção de 2500. Os resultados foram expressos em μg equivalente em β -caroteno por g de amostra.

5.2.4.3 Compostos Fenólicos

Os compostos fenólicos totais foram determinados por método espectrofotométrico, onde a absorbância foi quantificada a 725 nm, utilizando reagente de Follin Ciocalteau (Merck) e água como solvente, segundo metodologia descrita por Wettasinghe e Shahidi (1999). O teor de fenóis totais foi determinado por interpolação da absorbância das amostras contra uma curva de calibração construída com ácido gálico e os resultados expressos em mg em equivalente de ácido gálico por 100 gramas de amostra.

5.2.5 Caracterização Química das polpas *in natura*

5.2.5.1 Umidade

Determinada em balança de infravermelho (MARTE – IDSO – Piracicaba/SP) a 105 °C por 45 minutos. Os resultados expressos em (%). (A.O.A.C., 2002).

5.2.5.2 Cinzas, Lipídeos e Proteínas

Quantificados segundo métodos descritos pela A.O.A.C.(2002) e os resultados expressos em g/100g

5.2.5.3 Carboidratos Totais

Calculados pela diferença $100g - (\text{gramas totais de umidade} + \text{cinzas} + \text{lipídeos} + \text{proteínas})$ e o resultado expresso em g/100g.

5.2.6 Métodos de Secagem

As polpas foram submetidas ao descongelamento lento, conforme citado anteriormente, e peneiradas com a finalidade de eliminar os sólidos em suspensão. Em seguida fez-se a mistura da polpa (60% de acerola e 40% de ceriguela) e o agente carreador (maltodextrina).

A polpa mista de acerola e ceriguela foi submetida a três diferentes métodos de secagem, atomização, leito de jorro e liofilização, utilizando planejamento experimental e cada ensaio em triplicata.

5.2.6.1 Leito de jorro

A polpa mista de acerola e ceriguela foi submetida à secagem em leito de jorro modelo FBDJ 1.0 da LABMAQ do Brasil, disponível no Laboratório de Agroindústria,

do Departamento de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Campina Grande.

Os ensaios foram realizados de acordo com o planejamento experimental 2^3 composto por 8 pontos fatoriais (níveis ± 1) e 3 pontos centrais (nível 0), totalizando 11 ensaios (Tabela 1). As variáveis independentes foram: T- temperatura de entrada do ar de secagem (70, 75 e 80°C), V- vazão de suspensão (4, 5 e 6 mL/min) e C- concentração do agente carreador (15, 20 e 25%) de acordo com Mussi et al. (2015) e Borges et al. (2016). As variáveis dependentes foram: Atividade de água (aw); Umidade (%); Higroscopicidade ($\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$) e Retenção de ácido ascórbico (%).

Os dados obtidos foram ajustados à Equação (2):

$$Y = \beta_0 + \beta_1 T + \beta_2 V + \beta_3 C + \beta_{11} T^2 + \beta_{22} V^2 + \beta_{33} C^2 + \beta_{12} TV + \beta_{13} TC + \beta_{23} VC$$

[Equação 2]

Onde Y é a resposta, β_0 é o coeficiente de regressão constante, β_1 , β_2 e β_3 são os coeficientes linear de regressão, T, V e C são as variáveis independentes e β_{12} , β_{13} , β_{23} são os coeficientes de efeito de interação.

Tabela 1. Planejamento experimental codificado e decodificado da secagem de polpa mista de acerola e ceriguela em leito de jorro

Ensaio	Temperatura de secagem (°C)	Vazão de suspensão (mL/min)	Concentração de agente carreador (%)
01	70 (-1)	4 (-1)	15 (-1)
02	80 (+1)	4 (-1)	15 (-1)
03	70 (-1)	6 (+1)	15 (-1)
04	80 (+1)	6 (+1)	15 (-1)
05	70 (-1)	4 (-1)	25 (+1)
06	80 (+1)	4 (-1)	25 (+1)
07	70 (-1)	6 (+1)	25 (+1)
08	80 (+1)	6 (+1)	25 (+1)
09	75 (0)	5 (0)	20 (0)
10	75 (0)	5 (0)	20 (0)
11	75 (0)	5 (0)	20 (0)

O agente carreador utilizado foi maltodextrina (MOR-REX® 1910) 10 DE, da Corn Products (Mogi-Guaçu, Brasil). Este material foi escolhido por apresentar baixo custo, baixa higroscopicidade e alta solubilidade em água fria. A pressão de ar (4 bar) e a quantidade de partículas de poliestireno do tipo 849 (1Kg) foram fixas para todos os

ensaios e a vazão de ar (mL/min) dependeu do jorro mínimo formado pelas partículas inertes. Após a realização do planejamento foi escolhido o melhor ensaio com base nas respostas obtidas pelas variáveis dependentes.

5.2.6.2 Liofilização

Inicialmente foi elaborada a mistura que consistiu de (polpa mista de 60% de acerola e 40% de ceriguela mais maltodextrina 10DE nas concentrações definidas pelo planejamento experimental). Em seguida, 20g desta mistura foram colocadas em placas de petri de polietileno (90 mm x 15 mm) e realizado o congelamento a -22 °C. Estas placas foram então submetidas à desidratação em liofilizador (Sp scientific, VirTis Genesis 25 L Pilot) disponível no CENAPESQ (Centro de Apoio à Pesquisa da UFRPE), de acordo com o planejamento experimental 2^3 , composto por 8 pontos fatoriais (níveis ± 1) e 3 pontos centrais (nível 0), totalizando 11 ensaios (Tabela 2).

As variáveis independentes foram T- temperatura de liofilização (-20, - 30 e - 40°C), P- pressão da câmara (300, 400 e 500 mTorr) e C- concentração de agente carreador - Maltodextrina 10 DE (15, 20 e 25%). As variáveis dependentes foram: Atividade de água (aw); Umidade (%); Higroscopicidade (g.100g⁻¹) e Retenção de ácido ascórbico (%).

Os dados obtidos foram ajustados à Equação (3):

$$Y = \beta_0 + \beta_1 T + \beta_2 P + \beta_3 C + \beta_{11} T^2 + \beta_{22} P^2 + \beta_{33} C^2 + \beta_{12} TP + \beta_{13} TC + \beta_{23} PC$$

[Equação 3]

Onde Y é a resposta, β_0 é o coeficiente de regressão constante, β_1 , β_2 e β_3 são os coeficientes linear de regressão, T, P e C são as variáveis independentes e β_{12} , β_{13} , β_{23} são os coeficientes de efeito de interação.

Tabela 2. Planejamento experimental codificado e decodificado da secagem de polpa mista de acerola e ceriguela em liofilizador

Ensaio	Temperatura de liofilização (°C)	Pressão da câmara (mTorr)	Concentração de agente carreador (%)
01	-40 (-1)	300 (-1)	15 (-1)
02	-20 (+1)	300 (-1)	15 (-1)
03	-40 (-1)	500 (+1)	15 (-1)
04	-20 (+1)	500 (+1)	15 (-1)
05	-40 (-1)	300 (-1)	25 (+1)
06	-20 (+1)	300 (-1)	25 (+1)
07	-40 (-1)	500 (+1)	25 (+1)
08	-20 (+1)	500 (+1)	25 (+1)
09	-30 (0)	400 (0)	20 (0)
10	-30 (0)	400 (0)	20 (0)
11	-30 (0)	400 (0)	20 (0)

5.2.6.3 Atomização

Para a secagem em escala de laboratório foi utilizado um mini spray dryer – LM, modelo MSD 1.0 (LABMAQ do Brasil LTDA), utilizando as condições otimizadas para PMAC atomizada por Ribeiro et al. (2018), que foram as seguintes: temperatura de entrada (140 °C), vazão de líquido (0,60 L/h) e concentração agente carreador (14%), utilizando bico injetor de 1,2 mm de diâmetro, fluxo de ar de 30 m³/h e pressão do ar de 0,6 bar. A mistura de alimentação consistiu de polpa mista (60% de acerola e 40% ceriguela), mais 50% de água destilada e 15% de maltodextrina 10DE. Essa mistura foi mantida sob agitação em homogeneizador (Tecnal TE-102) até a completa dissolução para ser injetada no atomizador. A PMAC atomizada foi obtida em triplicata utilizando as condições acima.

5.2.7 Análises realizadas para o planejamento experimental da polpa mista de acerola e ceriguela por liofilização e leite de jorro e na polpa atomizada

5.2.7.1 Atividade de água

Conforme citado no item 5.2.3.5.

5.2.7.2 Umidade

Determinada em balança de infravermelho (MARTE – IDSO – Piracicaba/SP) a 105 °C por 30 minutos. Os resultados expressos em (%). (A.O.A.C., 2002).

5.2.7.3 Higroscopicidade

Determinada de acordo com a metodologia proposta por Cai e Corke (2000), modificada. As amostras, 1 g cada, foram colocadas em um recipiente hermético contendo uma solução saturada de NaCl (umidade relativa de 75,29%) a 25 °C e, após uma semana foram pesadas, sendo a higroscopicidade expressa como g de umidade adsorvida por 100 g de massa seca da amostra (g/100g).

5.2.7.4 Retenção de ácido ascórbico

O teor de ácido ascórbico (AA) foi determinado por método titulométrico, utilizando 2,6 diclorofenol indofenol (AOAC, 2005). Para determinar a retenção do ácido ascórbico, os resultados foram convertidos levando-se em conta a massa seca (m.s.) presente na polpa mista de acerola e ceriguela da mistura de alimentação e após a secagem, desconsiderando a quantidade de maltodextrina 10 DE utilizada no ensaio. Calculada de acordo com a Equação (4).

$$R (\%) = B/A \times 100$$

[Equação 4]

Onde: A = quantidade de ácido ascórbico presente na mistura de alimentação (m.s.);

B = quantidade de ácido ascórbico presente na polpa desidratada (m.s.).

5.2.8 Análise Estatística

A análise de variância (ANOVA), o teste de falta de ajuste (teste F), a determinação dos coeficientes de regressão, a obtenção dos diagramas de Pareto e dos gráficos de superfícies de resposta, foram realizadas com o auxílio do software Statistica 10.0 (StatSoft, Tulsa, EUA) ao nível de 5% de significância.

A otimização do processo foi determinada utilizando a Metodologia de Superfície de Resposta (RSM) e da função desejabilidade, proposta por Derringer e Suich (1980) e descrita em Barros Neto; Scarminio; Bruns (2010). Os valores de desejabilidade são compreendidos entre 0 e 1, onde 0 representa um valor completamente indesejado e 1 o valor mais desejável.

5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.3.1 Caracterização físico-química, química e compostos bioativos da polpa de acerola, ceriguela e da polpa mista (60% acerola e 40% ceriguela)

Na Tabela 3 estão apresentados os resultados das análises físico-químicas realizadas nas polpas de acerola, de ceriguela e mista (60% acerola e 40% ceriguela).

Tabela 3. Caracterização físico-química das polpas de acerola, ceriguela e polpa mista (60% acerola e 40% ceriguela)

Análises	Acerola	Ceriguela	Mista
Sólidos solúveis - SS (°Brix)	7,23 ^c ± 0,32	17,33 ^a ± 0,20	11,06 ^b ± 0,05
pH	3,33 ^a ± 0,04	2,93 ^b ± 0,00	3,25 ^a ± 0,04
Acidez - AT (g/100g ácido cítrico)	1,05 ^a ± 0,01	0,72 ^c ± 0,05	0,93 ^b ± 0,00
Razão SS/AT	6,88 ^c ± 0,24	24,02 ^a ± 1,41	11,85 ^b ± 0,07
Aw	0,99 ^a ± 0,00	0,98 ^b ± 0,00	0,99 ^a ± 0,00
Densidade (g/cm ³)	1,03 ^c ± 0,00	1,10 ^a ± 0,00	1,05 ^b ± 0,00
Cor L*	43,99 ^c ± 0,11	62,89 ^a ± 0,21	49,63 ^b ± 0,14
a*	26,76 ^a ± 0,41	-0,52 ^c ± 0,06	22,40 ^b ± 0,15
b*	34,18 ^b ± 0,20	41,39 ^a ± 0,19	33,54 ^c ± 0,12

*Média de três repetições ± desvio padrão

Médias nas linhas seguidas por letras iguais não diferem significativamente entre si ($p > 0,05$), pelo teste de Tukey.

Os sólidos solúveis (SS) apresentaram diferença significativa entre as polpas de acerola, de ceriguela e mista, sendo superior na polpa de ceriguela 17,33 °Brix (Tabela 3). O pH da polpa de acerola e da polpa mista não apresentaram diferença significativa (Tabela 3), e foram próximos ao obtido por Araújo et al. (2015) 3,26 em polpa de acerola. As polpas de acerola, ceriguela e a mista podem ser classificadas como alimentos muito ácido, por apresentarem $\text{pH} < 4,0$. A polpa de acerola apresentou pH, SS e AT dentro do padrão de identidade e qualidade para a polpa de acerola (Brasil, 2000). No caso da polpa da ceriguela, não há identidade e padrão de qualidade. No entanto, SS e AT estão próximos daqueles encontrados por Maldonado-Astudillo *et al.* (2014). A PMAC apresentou níveis intermediários de sólidos solúveis e razão SS/AT, em relação à polpa de acerola.

As polpas de acerola, ceriguela e mista apresentaram elevada atividade de água, indicando um produto perecível. A densidade da polpa de acerola ($1,03\text{g/cm}^3$) foi próxima ao valor encontrado por Soares et al. (2001) ($1,15\text{g/cm}^3$) estudando desidratação da polpa de acerola. As polpas de acerola, ceriguela e mista apresentaram diferença significativa para os parâmetros colorimétricos ($L^* a^* b^*$). Observa-se que a PMAC apresentou parâmetros de cor próximos ao da polpa de acerola, devido à polpa mista ser composta por 60% desta.

Na Tabela 4 estão apresentados os compostos bioativos da polpa de acerola, ceriguela e polpa mista (60% acerola e 40% ceriguela).

Tabela 4. Compostos bioativos em polpas de acerola, ceriguela e polpa mista (60% acerola e 40% ceriguela)

Compostos bioativos	Acerola	Ceriguela	Mista
Ácido Ascórbico (mg/100g)	1344,77 ^a ± 44,66	27,60 ^c ± 0,65	815,44 ^b ± 21,45
Carotenoides Totais (µg/g)	9,60 ^c ± 0,15	22,08 ^a ± 0,05	15,07 ^b ± 0,20
Compostos fenólicos (mg EAG.100 g ⁻¹)	440,72 ^a ± 18,72	176,20 ^c ± 4,81	279,48 ^b ± 1,67

*Média de três repetições ± desvio padrão

Médias nas linhas seguidas por letras iguais não diferem significativamente entre si ($p > 0,05$), pelo teste de Tukey.

O teor de ácido ascórbico para polpa de acerola 1344,77 mg/100g (Tabela 4) foi próximo ao obtido por Marques et al. (2007), 1341.13 mg/100g em acerolas maduras com coloração vermelha, e dentro da faixa obtida por Maciel et al. (2010) que encontraram valores para ácido ascórbico em diferentes genótipos de acerola variando de 750 mg/100g a 1.678 mg/100g. A polpa de ceriguela apresentou 27,60 mg/100g⁻¹ de ácido ascórbico (Tabela 4), valor próximo ao obtido por Almeida et al. (2011) 29.6 mg AA.100g⁻¹. Maldonado-Astudillo et al. (2014) afirmam que o teor de ácido ascórbico em ceriguela pode variar entre 7.36 e 88.1 mg.100g⁻¹, o qual é maior que os valores encontrados nas demais espécies de *Spondias spp.* tais como *S. tuberosa* (umbu) e *S. mombin* (cajá). Vale salientar, que o conteúdo do ácido ascórbico em vegetais pode ser afetado por diversos fatores, tais como clima, método de colheita, armazenamento e processamento, e estágio de maturação, apresentando maiores valores no início da

maturação e com tendência a redução durante a fase climatérica (MALDONADO-ASTUDILLO et al., 2014; VALENTE et al., 2011).

A polpa de acerola apresentou teor de carotenoides de 9,60 $\mu\text{g/g}$ e a polpa de ceriguela 22,08 $\mu\text{g/g}$ (Tabela 4), valor acima do encontrado por Murillo et al. (2010) que obtiveram 18,2 $\mu\text{g/g}$ de polpa. A polpa de acerola apresentou 440,72 mg EAG.100 g^{-1} de compostos fenólicos e a polpa de ceriguela 176,20 mg EAG.100 g^{-1} (Tabela 4). Silva et al. (2012) pesquisando o teor de compostos fenólicos totais em diversos genótipos de ceriguela, encontraram valores que variaram de 351,3 a 862,3 mg EAG.100 g^{-1} de polpa e concluíram que os frutos analisados apresentaram um elevado teor destes compostos. A ceriguela e a acerola podem ser consideradas fontes desses compostos.

Na Tabela 4 observa-se que a PMAC resultou em um produto potencialmente mais nutritivo. Vários estudos utilizaram acerola como agente enriquecedor na produção de novos produtos. Visto que a PMAC apresentou maior teor de carotenoides (15,07 $\mu\text{g/g}$) que a polpa de acerola (9,60 $\mu\text{g/g}$), e maior teor de ácido ascórbico (815,44 mg/100g) e de compostos fenólicos (279,48 mg EAG.100 g^{-1}) que a polpa de ceriguela (176,20 mg EAG.100 g^{-1}).

Apresenta-se na Tabela 5 a composição química da polpa de acerola, ceriguela e polpa mista (60% acerola e 40% ceriguela).

Tabela 5. Composição química das polpas de acerola, ceriguela e polpa mista (60% acerola e 40% ceriguela).

Análises*	Acerola	Ceriguela	Polpa mista
Umidade (%)	91,61 ^a \pm 0,67	75,59 ^c \pm 0,07	85,48 ^b \pm 0,54
Proteínas (g.100g ⁻¹)	1,15 ^c \pm 0,14	1,77 ^a \pm 0,01	1,50 ^b \pm 0,04
Lipídeos (g.100g ⁻¹)	1,15 ^a \pm 0,21	0,86 ^b \pm 0,11	1,08 ^a \pm 0,03
Cinzas (g.100g ⁻¹)	0,21 ^c \pm 0,00	0,83 ^a \pm 0,01	0,40 ^b \pm 0,01
Carboidratos (g.100g ⁻¹)**	5,40 ^c \pm 0,97	20,94 ^a \pm 0,10	10,62 ^b \pm 0,56

*Média de três repetições \pm desvio.

Médias nas linhas seguidas por letras iguais não diferem significativamente entre si ($p > 0,05$), pelo teste de Tukey.

**Calculados por diferença.

A umidade de um alimento está relacionada com sua estabilidade, qualidade e composição, e pode afetar a sua estocagem. A presença de umidade em matéria vegetal

indica a possibilidade de crescimento microbiano durante armazenamento (SHARDUL et al., 2013). O teor de umidade é definido como o grau em que a água interage com os componentes químicos dos alimentos (PHISUT, 2012). Conforme a Tabela 5 pode-se observar que a polpa de acerola apresentou 91,61% de umidade, valor próximo ao obtido por Prakash et al. (2016) 91,39 % em polpa desta mesma fruta. A polpa de ceriguela apresentou 75,59% de umidade e a polpa mista de acerola e ceriguela 85,48%. Ambas apresentaram elevado teor de umidade, característico do produto, o que indica a necessidade de aplicar um método de conservação para estender sua vida de prateleira. A composição química da PMAC apresentou valores próximos ao da polpa de acerola *in natura*, devido a esta estar em maior quantidade (60%).

5.3.2 Caracterização físico-química da polpa mista de acerola e ceriguela obtida por atomização

A PMAC atomizada foi obtida nas condições otimizadas por Ribeiro et al. (2018). Os dados obtidos são apresentados na Tabela 6.

Tabela 6. Caracterização da polpa mista de acerola e ceriguela obtida por atomização.

T (°C)	V (L/h)	C (%)	aw	U (%)	H (g/100g)	RAA (%)
140	0,60	14	0,21±0,01	3,03±0,25	19,16±0,03	75,70±1,02

*Média da triplicata ± desvio padrão

Onde: T= temperatura de secagem; V= vazão de suspensão; C= concentração de agente carreador; aw= atividade de água; U= umidade; H= higroscopicidade; RAA= retenção de ácido ascórbico.

A PMAC atomizada apresentou 0,21 de aw (Tabela 6), valores baixos de aw, 0,25 e 0,36, foram obtidos por Mishra et al. (2017) e Barbosa et al. (2015), estudando abacaxi e laranja atomizados, respectivamente. Igual et al. (2014) afirmam que temperatura do ar de entrada acima de 100°C, formam maior gradiente de temperatura entre a alimentação do material e o ar de secagem, resultando em maior taxa de transferência de calor, facilitando a evaporação da água.

A umidade da PMAC atomizada foi 3,03% (Tabela 6), valores próximos ao obtido por Ferrari et al. (2013) e Tonon et al. (2011) analisando diferentes frutas atomizadas. Tonon et al. (2011) afirmam que baixos valores de umidade (menor que 4%), indicam uma disponibilidade muito pequena de água para a ocorrência de reações químicas e crescimento microbiológico, bem como para a plasticização da matriz sólida.

A higroscopicidade da PMAC atomizada foi 19,16 g/100g e a retenção de ácido ascórbico 75,70% (Tabela 6). Mishra et al. (2017) e Tonon et al. (2011) estudando

secagem de frutas utilizando maltodextrina obtiveram valores próximos ao encontrado neste estudo.

A alta retenção de AA obtida na PMAC atomizada utilizando temperatura de 140°C e 14% de maltodextrina apresentou eficiência no encapsulamento das partículas. Igual et al. (2014) afirmam que maltodextrinas tem a função de proteger contra a oxidação, atribuído à sua capacidade formadora de filmes e propriedades plásticas. O que reduziu a perda de ácido ascórbico por oxidação durante a secagem por atomização.

5.3.3 Análise das variáveis de processo da polpa mista de acerola e ceriguela obtida em leite de jorro

Os resultados dos 11 experimentos do planejamento experimental estão apresentados na Tabela 7.

Tabela 7. Valores das respostas obtidas na secagem da polpa mista de acerola e ceriguela em leite de jorro

Ensaio	T (°C)	V (mL/min)	C (%)	Aw	U (%)	H (g/100g)	RAA (%)
1	70 (-1)	4 (-1)	15 (-1)	0,32±0,01	6,39±0,39	17,65±0,10	67,12±0,47
2	80 (+1)	4 (-1)	15 (-1)	0,34±0,01	4,62±0,44	18,17±0,32	52,95±0,43
3	70 (-1)	6 (+1)	15 (-1)	0,30±0,00	5,99±0,54	14,23±0,26	64,52±0,44
4	80 (+1)	6 (+1)	15 (-1)	0,29±0,01	5,13±0,51	17,03±0,02	76,68±0,49
5	70 (-1)	4 (-1)	25 (+1)	0,28±0,00	4,66±0,30	14,58±0,09	59,31±0,47
6	80 (+1)	4 (-1)	25 (+1)	0,35±0,00	4,24±0,78	14,26±0,38	39,56±0,90
7	70 (-1)	6 (+1)	25 (+1)	0,31±0,00	5,03±0,38	15,06±1,01	39,12±0,49
8	80 (+1)	6 (+1)	25 (+1)	0,32±0,01	5,85±0,23	13,58±0,10	46,00±0,72
9	75 (0)	5 (0)	20 (0)	0,31±0,02	5,35±0,05	16,34±0,21	55,54±0,72
10	75 (0)	5 (0)	20 (0)	0,32±0,00	5,38±0,42	15,79±0,52	55,98±0,43
11	75 (0)	5 (0)	20 (0)	0,31±0,00	5,30±0,45	15,07±0,28	55,54±0,54

*Média da triplicata ± desvio padrão

Onde: T= temperatura de secagem; V= vazão de suspensão; C= concentração de agente carreador; aw= atividade de água; U= umidade; H= higroscopicidade; RAA= retenção de ácido ascórbico.

5.3.3.1 Atividade de água (aw)

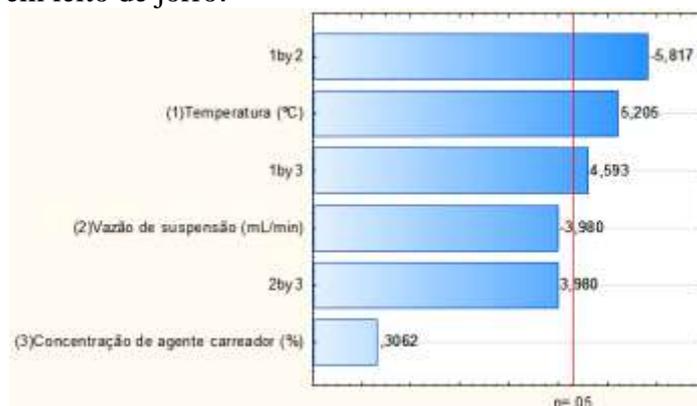
Um dos principais parâmetros críticos na qualidade dos produtos em pó é a atividade de água, uma vez que sua disponibilidade facilita a ocorrência de transformações bioquímicas e o crescimento de células microbianas nos alimentos. De acordo com a Tabela 7, a atividade de água da PMAC em leite de jorro variou entre 0,28 e 0,35, significando que o produto foi microbiologicamente estável. Alimentos com atividades de água menores que 0,60 são considerados microbiologicamente seguros e a ocorrência de deteriorações é induzida por reações químicas ao invés de micro-organismos (LEONG et al., 2011).

Valores de a_w superiores ao presente estudo foram constatados por Borges et al. (2016) e Ferrari et al. (2013) estudando frutas tropicais (acerola, pitanga e jambolão) e blackberry desidratadas em leito de jorro, respectivamente.

O menor valor para variável a_w foi 0,28 (Ensaio 5), obtido na condição de temperatura de 70 °C, vazão de alimentação de 4,0 mL/min e concentração de 25% de maltodextrina 10 DE. O maior tempo de contato da PMAC com o ar aquecido devido a lenta vazão de suspensão utilizada (4,0 mL/min) à temperatura (70°C) ocorreu maior taxa de evaporação de água produzindo partículas com menor a_w .

De acordo com o diagrama de Pareto (Figura 2) observa-se que a a_w da PMAC em leito de jorro foi influenciada pela temperatura e sua interação com vazão de suspensão e concentração de agente carreador. A temperatura apresentou efeito positivo, ou seja, maiores temperaturas levaram à produção de PMAC em leito de jorro com a_w maiores.

Figura 2: Diagrama de Pareto da atividade de água na polpa mista de acerola e ceriguela obtida em leito de jorro.



A equação (3) explica 96% da variável de resposta a_w . A falta de ajuste não foi significativa, logo o modelo foi preditivo.

$$a_w = 0,31 - 0,01T - 0,011T*V + 0,009T*C$$

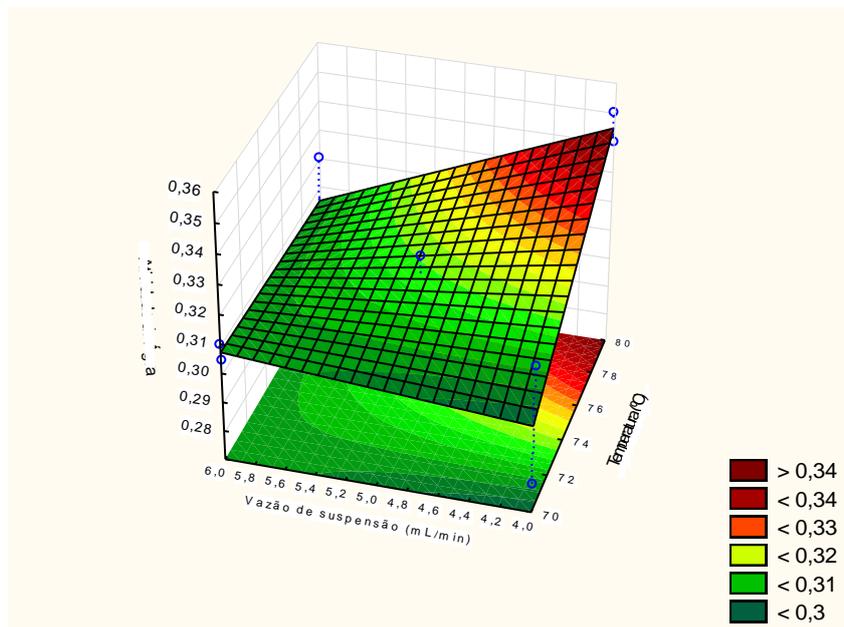
$$(R^2 = 96,00\%)$$

[Equação 3]

Onde: T=temperatura, V=vazão de suspensão e C=concentração de agente carreador.

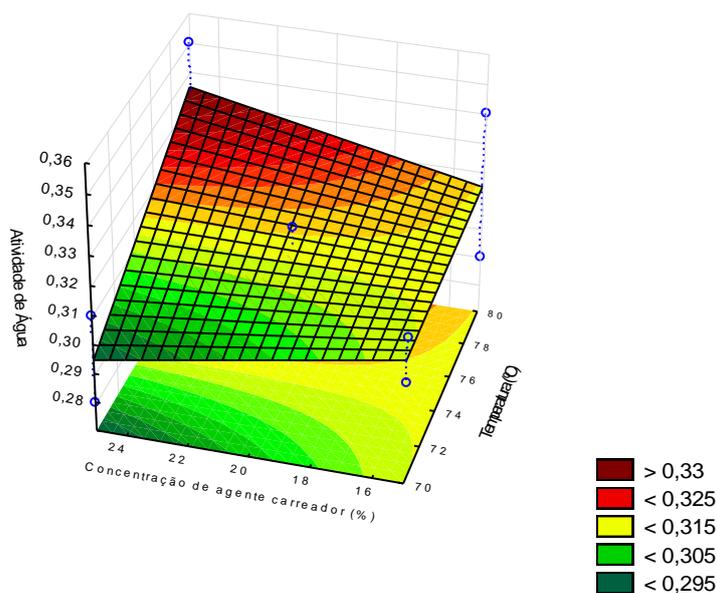
As Figuras (3 e 4) mostram as superfícies de resposta para a variável atividade de água geradas pelo modelo proposto, considerando-se os pontos médios de concentração de agente carreador, vazão de suspensão e temperatura de secagem.

Figura 3. Superfície de resposta para atividade de água em função da temperatura de secagem (°C) e vazão de suspensão (mL/min) da polpa mista de acerola e ceriguela obtida em leito de jorro



Observa-se na Figura 3 que, quanto menor a temperatura e menor a vazão de suspensão, menor foi a atividade de água da PMAC em leito de jorro. Mussi et al. (2015) observaram o mesmo efeito em resíduo de jambolão obtida em leito de jorro.

Figura 4. Superfície de resposta para atividade de água em função da temperatura de secagem (°C) e da concentração de maltodextrina 10DE (%) da polpa de acerola e ceriguela obtida em leito de jorro.



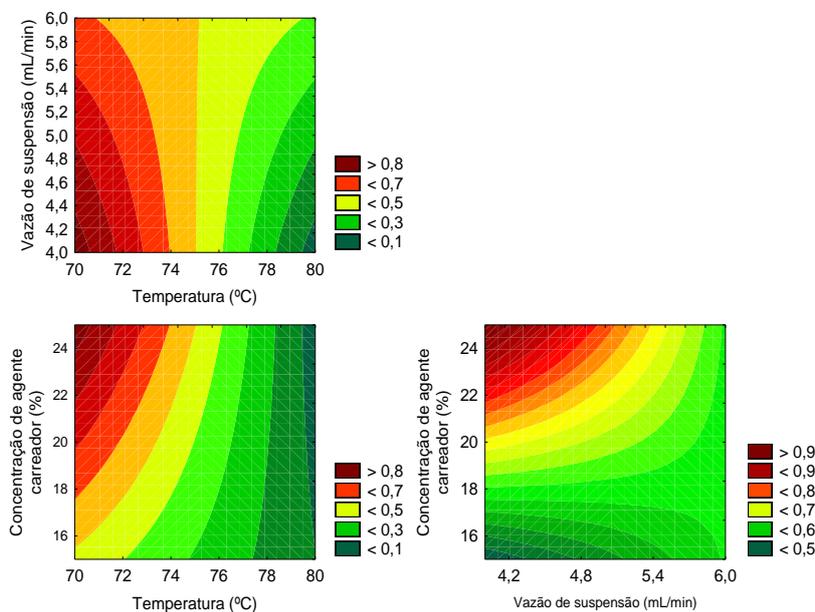
Na Figura 4, observa-se que quando combinado maior concentração de agente carreador e menor temperatura de secagem, menor a a_w . Mishra et al. (2017) e Mussi et al. (2015) obtiveram menores a_w à medida que aumentaram a temperatura de secagem e a concentração de agente carreador (maltodextrina).

Observa-se também na Figura 4, que maiores concentrações de agente carreador combinado com maior temperatura, produziram partículas com maior a_w . O aumento da concentração de agente carreador gera dificuldade no processo de secagem por pulverização, principalmente devido às características físicas básicas dos açúcares de baixo peso molecular presente em frutas, essencialmente sacarose, glicose e frutose. Além disso, a presença de ácidos orgânicos, tais como ácido tartárico, málico e ácido cítrico, também contribui para o problema da viscosidade do pó (IGUAL et al., 2014).

5.3.3.1.1 Desejabilidade para a obtenção da PMAC em leito de jorro

De acordo com a Figura 5, a desejabilidade para variável atividade de água na PMAC em leito de jorro foi alcançada utilizando menores temperaturas de secagem, menores vazões de suspensão e maiores concentrações de maltodextrina.

Figura 5. Desejabilidade para obtenção de polpa mista de acerola e ceriguela em leito de jorro em relação à variável atividade de água.



5.3.3.2 Umidade

Valores baixos para a variável umidade também são necessários para assegurar a estabilidade de frutas em pó, tendo em vista que valores baixos impedem a aglomeração, a qual tem início com a união de partículas molhadas, dificultando o

escoamento do pó e sua dispersão. O conhecimento do comportamento da temperatura de transição vítrea em função da umidade dos alimentos é essencial para a determinação das melhores condições de processamento e armazenamento dos alimentos (SILVA et al., 2013; PHISUT, 2012).

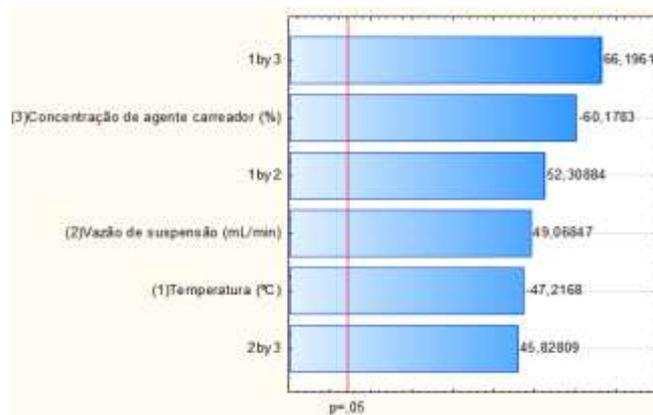
A umidade da PMAC em leito de jorro variou entre 4,24 a 6,39% (Tabela 7). Esses resultados demonstram que as PMACs em leito de jorro estão de acordo com os parâmetros estabelecidos pela legislação para produtos desidratados. A RDC nº272 de 22 de setembro de 2005 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) preconiza que produtos de frutas secas ou desidratadas devem apresentar no máximo 25% de umidade, sendo este um fator protetor ao desenvolvimento de micro-organismos deteriorantes e patogênicos (BRASIL, 2005).

Os valores de umidade (4,24 a 6,39%) obtidos neste estudo (Tabela 7) foram próximos ao obtido por Costa et al. (2015) estudando açaí em pó obtido em leito de jorro. Borges et al. (2016) estudando acerola, pitanga e jambolão em pó obtidas em leito de jorro, obtiveram 8,5, 8,3 e 9,7%, respectivamente.

O ensaio 6 (4,24%) que apresentou menor umidade, utilizou a combinação maior temperatura de secagem (80 °C), menor vazão de suspensão (4 mL/min) e maior concentração de agente carreador (25%). Enquanto, que a secagem utilizando a temperatura 70°C resultou em maiores percentuais de umidade, valores entre 4,66 e 6,39%. Na medida em que se eleva a temperatura, a taxa de transferência de calor para a partícula é maior proporcionando uma maior força de condução para a evaporação da umidade (IGUAL et al., 2014). Desta forma, um maior gradiente de temperatura entre o produto e o ar de secagem acarreta em uma maior transferência de calor e, conseqüentemente, uma maior evaporação de água do produto, resultando em partículas com teor de umidade reduzido (PHISUT, 2012).

De acordo com o diagrama de pareto (Figura 5) observa-se que a umidade da PMAC foi influenciada por todas as variáveis. Sendo a interação temperatura de secagem x concentração de agente carreador a que apresentou maior influência. A concentração do agente carreador apresentou um efeito negativo, ou seja, maiores concentrações de maltodextrina levaram à produção de PMAC em leito de jorro com menor umidade.

Figura 6: Diagrama de Pareto da umidade na polpa mista de acerola e ceriguela obtida em leito de jorro.



A equação (4) explica 98% da variável de resposta umidade. O teste F apresentou resultados satisfatórios para umidade, apresentando o F calculado > F tabelado e a falta de ajuste não foi significativa, indicando que o modelo pode ser considerado preditivo.

$$\text{Umidade} = 5,26 - 0,278T + 0,261V - 0,293C + 0,258T*V + 0,378T*C + 0,233V*C$$

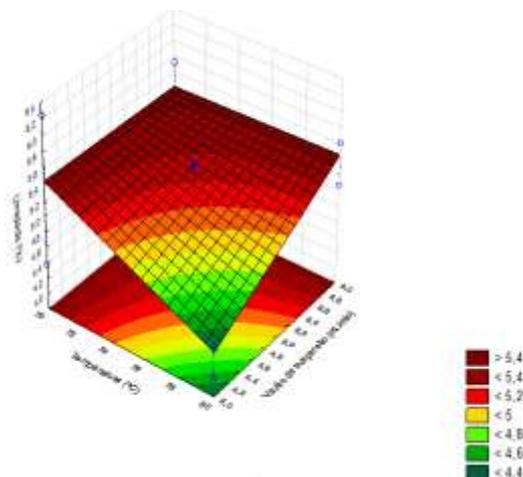
$$(R^2 = 98,00\%)$$

[Equação 4]

Onde: T= temperatura, V= vazão de suspensão e C=concentração de agente carreador.

As Figuras (7, 8 e 9) mostram as superfícies de resposta para a variável umidade geradas através do modelo proposto, considerando-se os pontos médios de concentração de agente carreador, vazão de suspensão e temperatura de secagem.

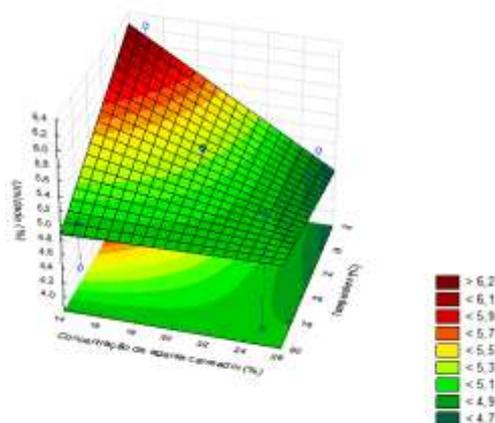
Figura 7. Superfície de resposta para umidade em função da temperatura de secagem (°C) e vazão de suspensão (mL/min) da polpa mista de acerola e ceriguela em pó obtida em leito de jorro.



Na Figura 7 observa-se que quanto maior a temperatura empregada na secagem em leito de jorro, menor foi a umidade da PMAC, isto é associado ao efeito negativo da temperatura (Figura 6). Costa et al. (2015) analisando a influência das condições operacionais na produção de açaí em pó em leito de jorro, obtiveram o mesmo efeito da temperatura na umidade do produto final.

A combinação elevada temperatura de secagem (80 °C) e lenta vazão de suspensão (4 mL/min) produziu partículas com menores valores de umidade, ensaios 2 (4,62%) e 6 (4,24%). Quanto menor a vazão de suspensão, maior foi o tempo de contato da polpa mista com o ar aquecido, causando maior taxa de transferência de calor e maior evaporação da água, resultando em partículas com menor umidade. Confirmando o efeito positivo da vazão de suspensão nas umidade das PMACs em leito de jorro (Figura 6). Muzaffar; Kumar (2015) e Silva et al. (2014) também observaram a redução da umidade com o aumento da temperatura do ar de secagem e a diminuição da vazão de alimentação.

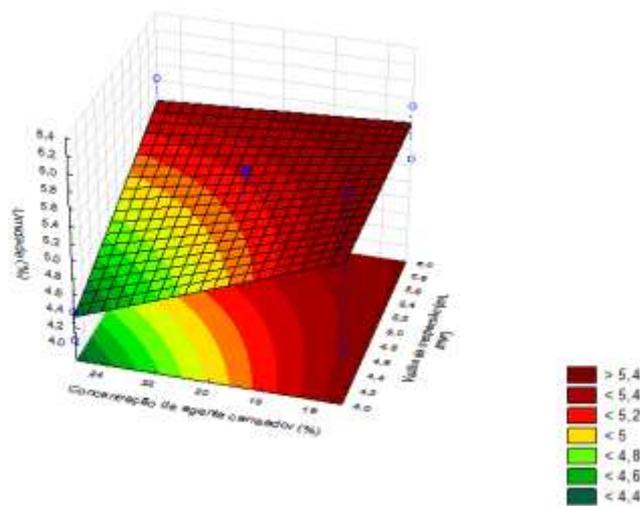
Figura 8. Superfície de resposta para umidade em função da temperatura de secagem (°C) e concentração de maltodextrina 10DE (%) da polpa mista de acerola e ceriguela obtida em leito de jorro.



A interação temperatura x concentração de agente carreador apresentou efeito positivo (Figura 8), maior concentração de agente carreador combinado com maior temperatura de secagem, produziu partículas com menores valores de umidade. Costa et al. (2015) obtiveram menores valores para a umidade utilizando maiores temperaturas de secagem na obtenção de açaí em pó em leito de jorro. Mishra et al. (2017) e Ferrari et al. (2012) verificaram que o aumento da temperatura do ar de secagem e da concentração de maltodextrina resultou na diminuição da umidade das amostras.

Quanto maior a concentração do agente carreador e menor a vazão de suspensão, menor a umidade no produto final (Figura 9). No diagrama de pareto para umidade das PMACs em leito de jorro (Figura 6) confirma-se que o fator de interação apresentou efeito positivo. Costa et al. (2015) estudando açaí em pó obtido em leito de jorro observaram o mesmo efeito. Segundo Quek et al. (2007) em seu estudo sobre as propriedades físico-químicas do pó de melancia, a adição de maltodextrina aumenta o conteúdo de sólidos totais da mistura, reduzindo a quantidade de água a ser evaporada, o que acarreta na diminuição da umidade dos pós produzidos.

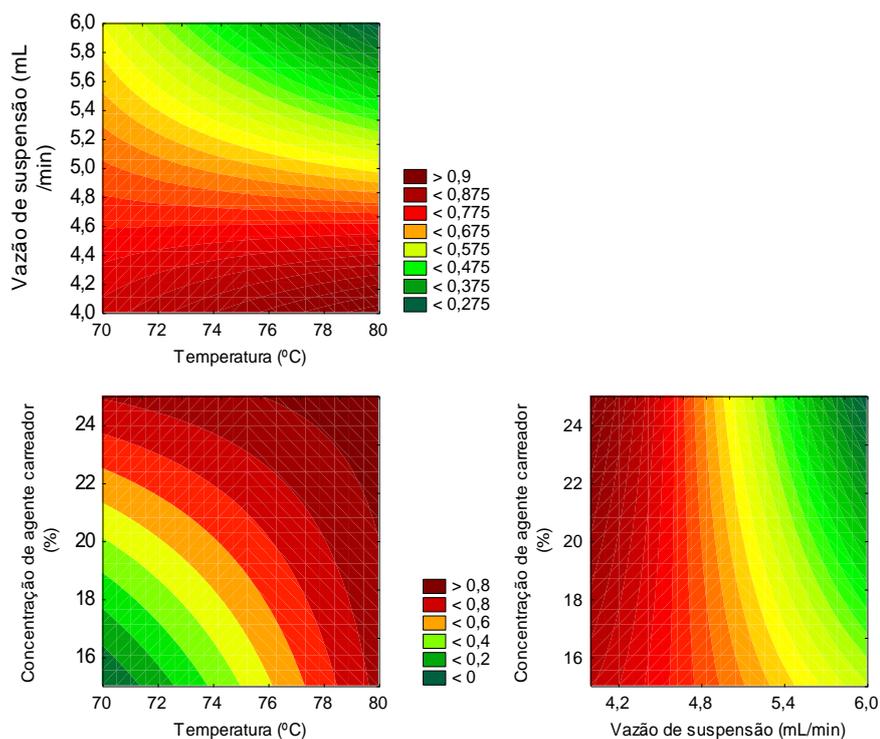
Figura 9. Superfície de resposta para umidade em função da vazão de suspensão (mL/min) e concentração de maltodextrina 10DE(%) da polpa mista de acerola e ceriguela obtida em leito de jorro.



5.3.3.2.1 Desejabilidade para a obtenção da PMAC em leito de jorro

De acordo com a Figura 10, a desejabilidade para variável umidade na PMAC em leito de jorro foi alcançada utilizando maiores temperaturas de secagem, menores vazões de suspensão e maiores concentrações de maltodextrina (25%).

Figura 10. Desejabilidade para obtenção de polpa mista de acerola e ceriguela em leito de jorro em relação à variável umidade.



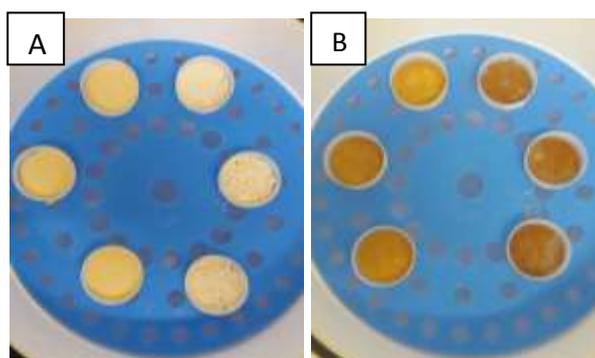
5.3.3.3 Higroscopicidade

Uma das propriedades importantes a ser estudada nos alimentos em pó é a higroscopicidade, a qual consiste na capacidade que certos materiais possuem de absorver água. A adsorção de água por um alimento em pó depende do tempo de exposição do alimento a condição de alta umidade, pois a água tem que se difundir a partir do ar para dentro do alimento e, assim, à medida que a umidade relativa do ar circundante aumenta, o alimento tende a absorver água, podendo formar pontes líquidas entre as partículas, resultando em uma maior coesão do pó e, conseqüentemente, na redução da sua fluidez (TEUNOU; FITZPATRICK; 1999). Portanto, essa variável pode ser facilmente controlada com uso de embalagens adequadas.

Nesse estudo, verifica-se que o valor de higroscopicidade para as PMACs obtidas em leite de jorro variou entre 13,58 a 18,17 g.100g (Tabela 7). Araújo et al. (2015) estudando acerola em pó obtida em leite de jorro, apresentou valores de higroscopicidade entre 7,32 e 11,91 g.100g.

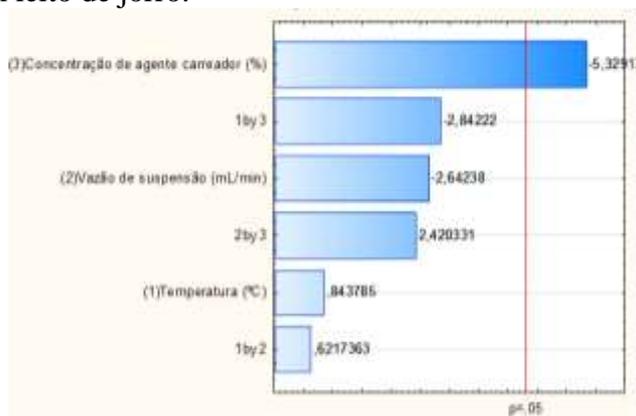
Durante a análise de higroscopicidade foram observadas mudanças nas características físicas das partículas decorrente da adsorção de água. Após 7 dias, as amostras apresentaram aglomerados bastante úmidos e escuros, em relação ao produto original, com formação de solução saturada, fato que tornou as partículas pegajosas, causando a inutilização do produto (Figura 11).

Figura 11. Mudanças nas características físicas do pó de acerola e ceriguela mantido a 25°C e 75,29% de UR. (A) Tempo= 0 dias; (B) Tempo= 7 dias.



De acordo com o diagrama de pareto (Figura 12), observa-se que a concentração de agente carreador foi a única variável que apresentou influencia significativa.

Figura 12: Diagrama de Pareto da higroscopicidade na polpa mista de acerola e ceriguela obtida em leito de jorro.



A equação (5) explica 89% da variável de resposta higroscopicidade para PMAC em leito de jorro. O teste F apresentou resultados satisfatórios para higroscopicidade, apresentando o F calculado > F tabelado e a falta de ajuste não foi significativa, indicando que o modelo pode ser considerado preditivo.

$$\text{Higroscopicidade} = 15,61 - 1,200C$$

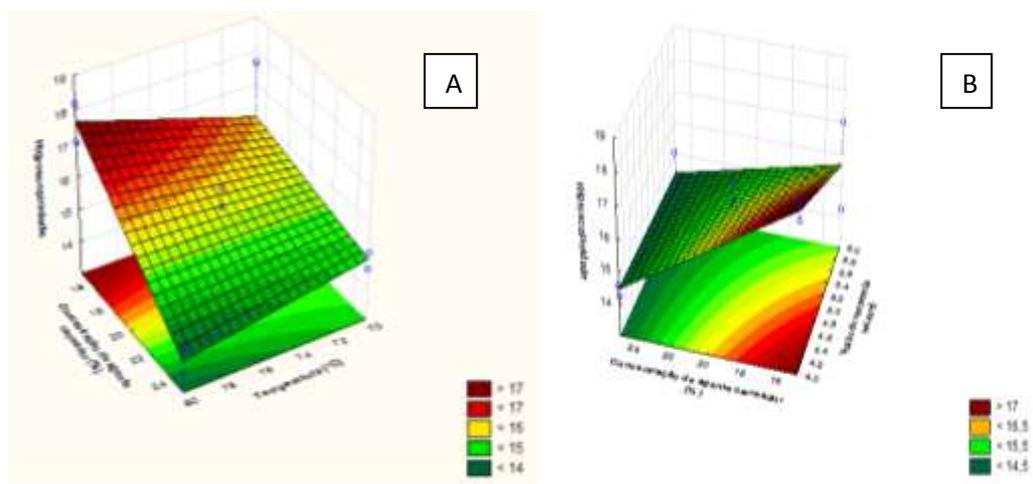
$$(R^2 = 89,00\%)$$

[Equação 5]

Onde: T= temperatura, V= vazão de suspensão, C=concentração de agente carreador.

A Figura 13 (A) e (B) mostram as superfícies de resposta para a variável higroscopicidade geradas através do modelo proposto, considerando-se os pontos médios de concentração de agente carreador, vazão de suspensão e temperatura de secagem.

Figura 13. Superfície de resposta para higroscopicidade (A) em função da temperatura de secagem (°C) e concentração de maltodextrina 10DE (%) e (B) em função da vazão de suspensão (mL/min) e concentração de maltodextrina 10DE (%) da polpa de acerola e ceriguela obtida em leito de jorro.



De acordo com a Figura 13 (A) e (B), quanto maior a concentração de agente carreador, menor a higroscopicidade das PMACs obtidas em leito de jorro. A maltodextrina é um material que apresenta baixa higroscopicidade em umidades menores que 50% e que o aumento do conteúdo de sólidos reduz a quantidade de água livre (FERRARI et al., 2012).

Partículas menos higroscópicas foram obtidas quando utilizou-se maior temperatura de secagem (80°C) e maior concentração de agente carreador (25%), cujos ensaios 6 e 8 apresentaram 14,26 e 13,58 g.100g⁻¹ (Tabela 7), respectivamente. Este resultado está associado ao fato de a maltodextrina ser um material com baixa higroscopicidade, reduzindo a capacidade de adsorção de água dos produtos desidratados em atomizador (FERRARI et al., 2012). Segundo CHEGENI; GHOBADIAN (2005) o uso da maltodextrina promove o aumento da temperatura de transição vítrea (Tg) e consequente redução da higroscopicidade dos pós, atribuída à elevada concentração de açúcares e baixa temperatura de transição vítrea Tg.

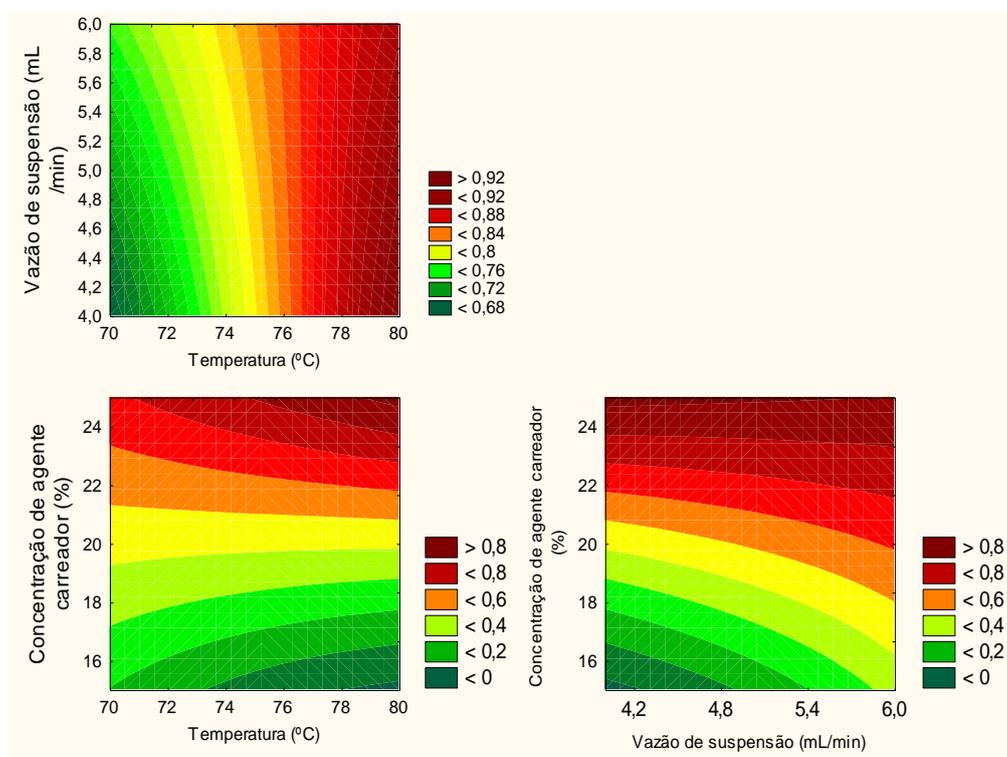
A produção de alta qualidade de frutas em pó utilizando carreador como a maltodextrina, deve superar algumas dificuldades, como a higroscopicidade e a característica de aderência deste material de alto teor de açúcar. A literatura relata problemas enfrentados para produzir pós de frutas em secadores (leito de jorro e atomizador). Frutos maduros são ricos em açúcares e ácidos orgânicos de baixo peso molecular, apresentando baixas temperaturas de transição vítrea (Tg), em que o polímero amorfo sofre uma transição de fase do estado sólido para um estado

emborrachado. Quando eles são desidratados a temperatura acima de sua T_g , a característica de aderência aparece e causa sua adesão às paredes do secador, reduzindo o rendimento e a qualidade do produto final (ZOTARELLI et al., 2017).

5.3.3.3.1 Desejabilidade para a obtenção da PMAC em leite de jorro

De acordo com a Figura 14, a desejabilidade para variável higroscopicidade na PMAC em leite de jorro foi alcançada utilizando maiores temperatura de secagem, maiores vazões de suspensão e maiores concentrações de maltodextrina.

Figura 14. Desejabilidade para obtenção de polpa mista de acerola e ceriguela em leite de jorro em relação à variável higroscopicidade.



5.3.3.4 Retenção de ácido ascórbico

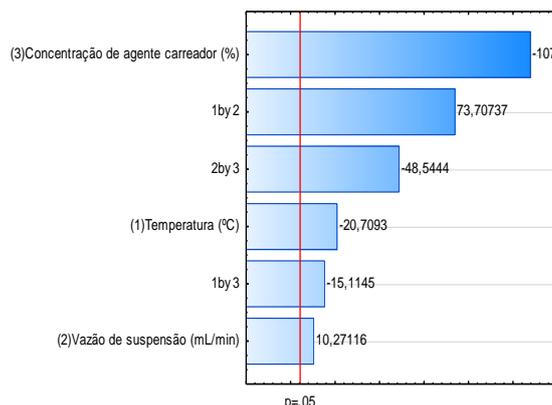
A retenção do ácido ascórbico é desejável, pois é uma vitamina hidrossolúvel de importância nutricional, além de atuar como cofator em diversos processos fisiológicos e como antioxidante (PANYOYAI et al., 2016). Os valores de retenção de ácido ascórbico variaram entre 39,21 a 76,65% (Tabela 7) na PMAC obtida em leite de jorro.

O ensaio 7 apresentou a menor retenção de ácido ascórbico 39,21%, no qual as condições de secagem foram maior temperatura (80 °C), menor vazão de suspensão (4 mL/min) e maior concentração de agente carreador (25%). Destaca-se a importância da

ingestão diária desse micronutriente, cujas principais fontes são as frutas e hortaliças (PANYOYAI et al., 2016).

De acordo com o diagrama de Pareto (Figura 15) observa-se que todos os fatores apresentaram influencia significativa sobre a retenção de ácido ascórbico na PMAC produzida em leite de jorro.

Figura 15: Diagrama de Pareto da retenção de ácido ascórbico na polpa mista de acerola e ceriguela obtida em leite de jorro.



A equação (6) explica 99% da variável de resposta retenção de ácido ascórbico. O teste F apresentou resultados satisfatórios para retenção de ácido ascórbico, apresentando o F calculado > F tabelado e a falta de ajuste não foi significativa, indicando que o modelo pode ser considerado preditivo.

$$\text{Retenção de AA} = 55,66 - 1,86T + 0,92V - 9,66C + 6,62T * V - 1,35T * C - 4,36V * C$$

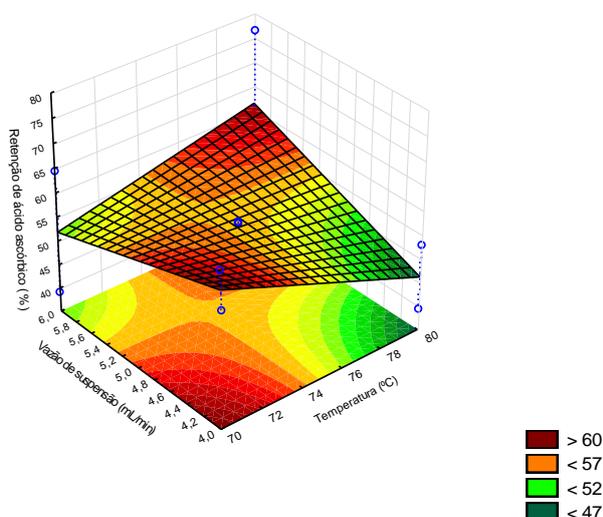
$$(R^2 = 99,00\%)$$

[Equação 6]

Onde: T= temperatura de secagem, V=vazão de suspensão, C=concentração de agente carreador.

As Figuras (16, 17 e 18) mostram as superfícies de resposta para a variável retenção de ácido ascórbico geradas através do modelo proposto.

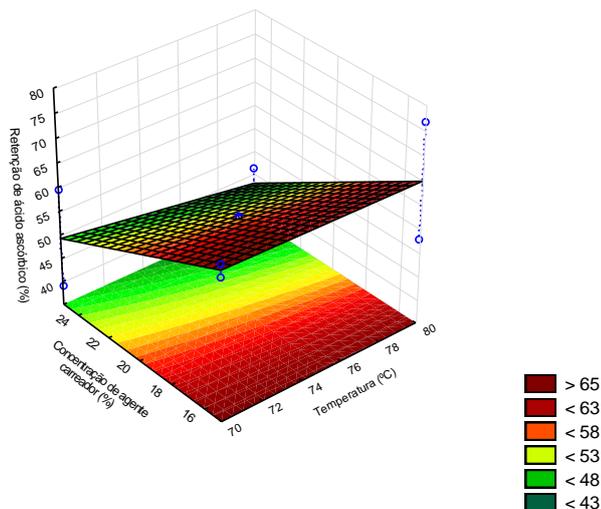
Figura 16. Superfície de resposta para retenção de ácido ascórbico em função da temperatura de secagem (°C) e vazão de suspensão (mL/min) da polpa mista de acerola e ceriguela obtida em leito de jorro.



Na Figura 16, observa-se que menor temperatura combinada com menor vazão resultou em maior retenção de ácido ascórbico, isto está associado ao efeito positivo do gráfico de pareto (Figura 15). Mas percebe-se também que quando utilizado maior temperatura de secagem e maior vazão de suspensão, maior a retenção de ácido ascórbico na PMAC. Quanto menor a vazão mais rápida é a secagem do material, desta forma, a exposição dos componentes às temperaturas utilizadas durante a secagem é reduzida e conseqüentemente há menor degradação dos compostos bioativos (PHISUT, 2012). Isso significa que a vitamina C é altamente sensível ao calor e à oxidação. Fujita et al. (2013) destacam que a vitamina C é conhecida pela sua alta termolabilidade, uma vez que observaram uma diminuição de 45 a 64% de ácido ascórbico quando secaram camu-camu em leito de jorro. O uso de temperatura de secagem relativamente alta implica um risco considerável de degradação térmica no encapsulamento de compostos bioativos (RAMÍREZ et al., 2015).

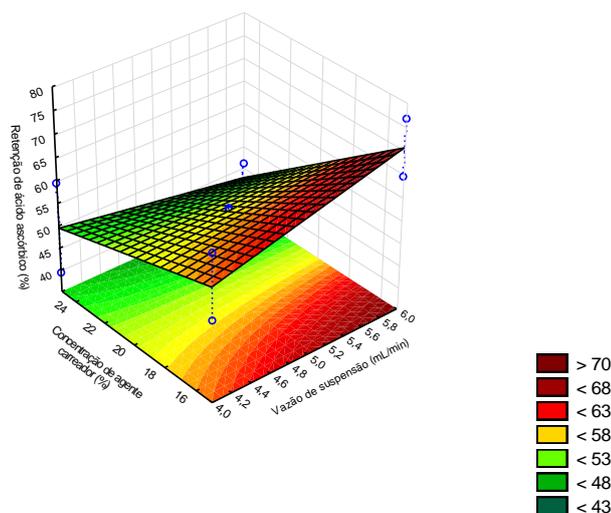
Observa-se na Figura 17 que quanto menor a concentração de agente carreador, maior a retenção de ácido ascórbico, que está associado ao efeito negativo da concentração de agente carreador (Figura 15). Isto confirma que a maltodextrina apresentou eficiência no encapsulamento das partículas. Igual et al. (2014) afirmam que maltodextrinas tem a função de proteger contra a oxidação, atribuído à sua capacidade formadora de filmes e propriedades plásticas, sendo também amplamente utilizada como material de parede devido ao baixo custo e alta eficácia.

Figura 17. Superfície de resposta para retenção de ácido ascórbico em função da temperatura de secagem (°C) e concentração de maltodextrina (%) da polpa mista de acerola e ceriguela obtida em leito de jorro.



Na Figura 18, confirma-se que o fator de interação vazão de suspensão x concentração de agente carreador teve interferência significativa. Maior vazão de suspensão com menor concentração de agente carreador causou maior retenção de ácido ascórbico, confirmando o efeito negativo da interação vazão de suspensão e concentração de agente carreador (Figura 15). Costa et al. (2015) estudando polpa de açaí em leito de jorro obtiveram melhores retenções de compostos bioativos utilizando menores concentrações de agente carreador.

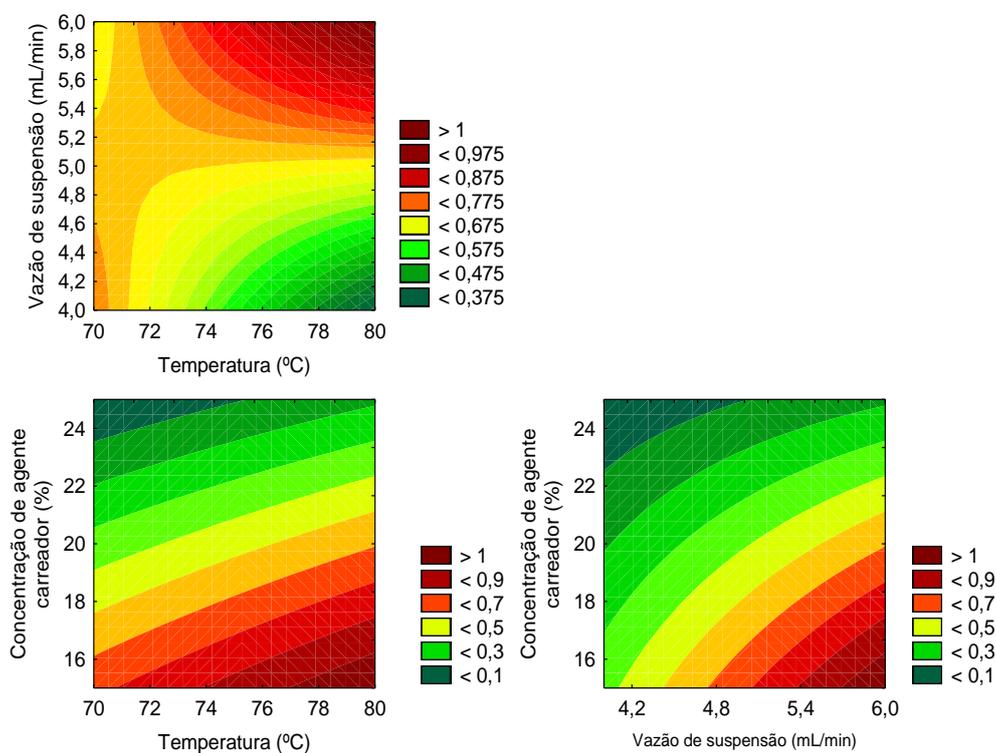
Figura 18. Superfície de resposta para retenção de ácido ascórbico em função da vazão de suspensão (mL/min) e concentração de maltodextrina da polpa mista de acerola e ceriguela obtida em leito de jorro.



5.3.3.4.1 Desejabilidade para a obtenção da PMAC em leite de jorro

De acordo com a Figura 19, a desejabilidade para retenção de ácido ascórbico na PMAC em leite de jorro foi alcançada nas maiores temperaturas de secagem combinada com maiores vazões de suspensão e nas menores temperaturas de secagem combinadas com menores vazões de suspensão e utilizando menores concentrações de maltodextrina.

Figura 19. Desejabilidade para obtenção de polpa mista de acerola e ceriguela em leite de jorro em relação à variável retenção de ácido ascórbico.



5.3.3.5 Condições otimizadas do planejamento experimental para a obtenção da polpa mista de acerola e ceriguela em pó por leite de jorro

A desejabilidade obtida a partir do planejamento experimental (11 ensaios) gerou valores críticos que foram utilizados como condições ótimas de trabalho para obtenção de PMAC em leite de jorro. As condições foram: temperatura de secagem (75°C), vazão de suspensão (5 mL/min) e concentração de agente carreador (15%).

5.3.4.1 Análise das variáveis de processo da polpa mista de acerola e ceriguela obtida por liofilização

Os dados do planejamento experimental da secagem por liofilização da PMAC são apresentados na Tabela 8.

Tabela 8. Valores das respostas obtidas na secagem da polpa mista de acerola e ceriguela em liofilizador

Ensaio	T (°C)	P (mTorr)	C (%)	Aw	U (%)	H (g/100g)	RAA (%)
1	-40 (-1)	300 (-1)	15 (-1)	0,26±0,01	5,03±0,58	16,15±0,59	65,40±1,31
2	-20 (+1)	300 (-1)	15 (-1)	0,20±0,02	5,73±0,21	16,08±0,10	59,93±2,01
3	-40 (-1)	500 (+1)	15 (-1)	0,35±0,00	6,97±0,31	16,00±0,21	62,13±2,29
4	-20 (+1)	500 (+1)	15 (-1)	0,33±0,01	6,62±0,51	14,97±0,74	73,48±1,33
5	-40 (-1)	300 (-1)	25 (+1)	0,20±0,00	6,04±0,60	14,03±0,03	63,98±0,91
6	-20 (+1)	300 (-1)	25 (+1)	0,17±0,00	5,29±0,16	14,15±0,27	54,84±0,95
7	-40 (-1)	500 (+1)	25 (+1)	0,26±0,01	5,69±0,20	14,57±0,26	62,46±1,02
8	-20 (+1)	500 (+1)	25 (+1)	0,20±0,01	4,62±0,24	13,95±0,35	77,20±1,64
9	-30 (0)	400 (0)	20 (0)	0,22±0,01	5,55±0,16	15,65±0,31	69,10±1,91
10	-30 (0)	400 (0)	20 (0)	0,23±0,00	5,67±0,15	15,31±0,39	69,00±1,68
11	-30 (0)	400 (0)	20 (0)	0,21±0,01	5,62±0,23	15,41±0,35	67,22±0,97

*Média da triplicata ± desvio padrão

Onde: T= temperatura de secagem; V= vazão de suspensão; C= concentração de agente carreador; aw= atividade de água; U= umidade; H= higroscopicidade; RAA= retenção de ácido ascórbico.

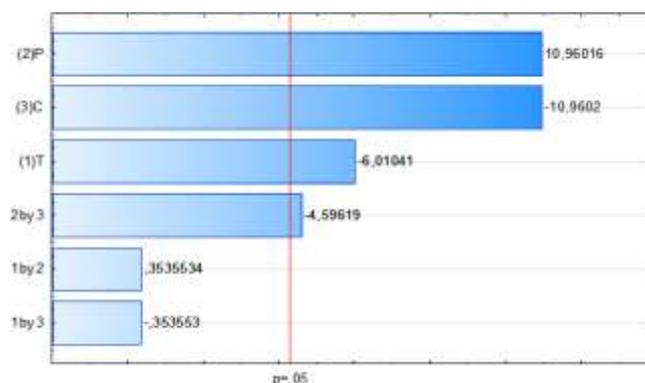
5.3.4.2 Atividade de água

De acordo com a Tabela 8, a aw da PMAC liofilizada variou entre 0,17 e 0,35, significando que o produto apresentou-se microbiologicamente estável. Alimentos com atividades de água menores que 0,60 são considerados microbiologicamente seguros pela legislação para alimentos em pó (LEONG et al., 2011). A aw da PMAC liofilizada foi próxima ao encontrado por Ramírez et al. (2015); Caliskan e Dirim. (2016); Barbosa et al. (2015) estudando polpas de frutas liofilizadas.

O produto final que apresentou menor aw 0,17 (Ensaio 6), devido a temperatura de liofilização (-20°C) ser de congelamento lento, ocorreu maior taxa de evaporação de água, devido a formação de cristais de gelo e fissuras, que favoreceram a eliminação da água por sublimação.

De acordo com o diagrama de pareto (Figura 20), observa-se que a aw da PMAC liofilizada foi influenciada pela pressão da câmara, concentração de agente carreador, temperatura de liofilização, e pela interação pressão da câmara x concentração do agente carreador.

Figura 20: Diagrama de Pareto da atividade de água na polpa mista de acerola e ceriguela obtida por liofilização.



A equação (7) explica 92% da variável de resposta atividade de água. O teste F apresentou resultados satisfatórios para aw, apresentando o F calculado > F tabelado e a falta de ajuste não foi significativa, indicando que o modelo pode ser considerado preditivo.

$$aw = 0,24 - 0,021T + 0,0387P - 0,0387C - 0,016P * C$$

$$(R^2 = 92,00\%)$$

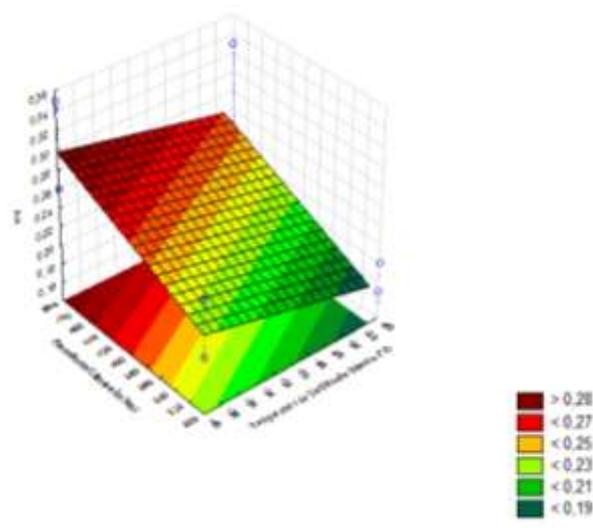
[Equação 7]

Onde: T= temperatura da liofilização, P= pressão da câmara e C=concentração de agente carreador.

As Figuras (21, 22 e 23) mostram as superfícies de resposta para a variável aw geradas através do modelo proposto para PMAC liofilizada.

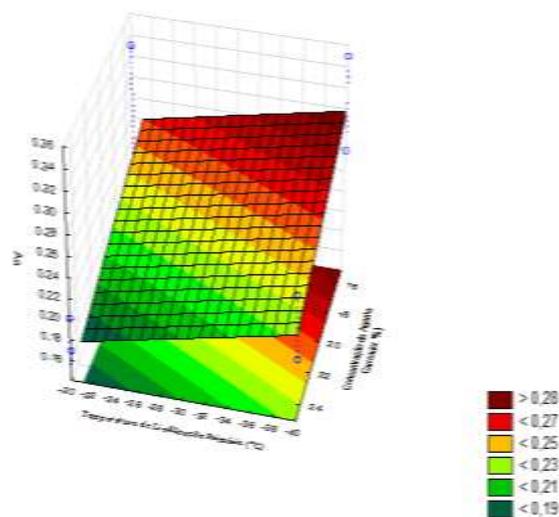
De acordo com a Figura 21, observa-se que quanto menor a pressão da câmara utilizada durante a liofilização, menor a atividade de água da PMAC liofilizada. Isto confirma o efeito positivo da pressão da câmara na aw da PMAC liofilizada (Figura 20). Maior temperatura de liofilização produziu partículas com menor aw, isso é associado ao efeito negativo da temperatura (Figura 20). Elevada temperatura de liofilização combinada com baixa pressão da câmara produziu partículas com baixa atividade de água. Mesmo apresentando variações, todos os ensaios estão dentro da faixa considerada ideal para produtos em pó, demonstrando que as condições de temperatura, pressão da câmara e concentração de maltodextrina 10 DE foram viáveis na obtenção de produtos estáveis do ponto de vista microbiológico.

Figura 21. Superfície de resposta para atividade de água em função da temperatura de liofilização (°C) e pressão da câmara (mTorr) da polpa mista de acerola e ceriguela obtida por liofilização



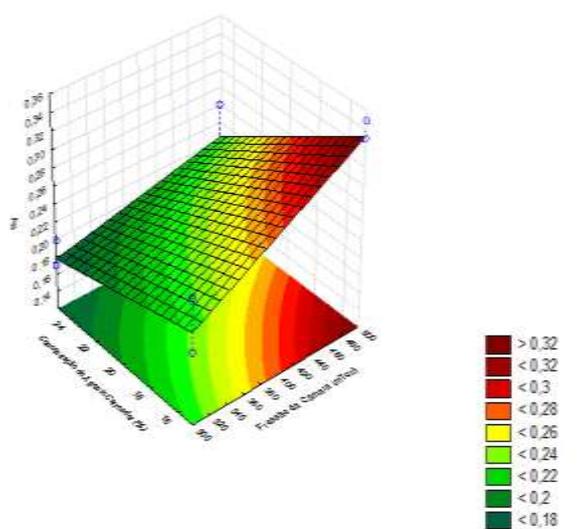
Observa-se na Figura 22, que o aumento da concentração do agente carreador resultou na diminuição da a_w da PMAC liofilizada. A Figura 20 confirma o efeito negativo da concentração de agente carreador na a_w da PMAC liofilizada. Maior concentração de agente carreador (25%) auxiliou na obtenção de um com baixa a_w , devido ao aumento dos sólidos e à redução da quantidade de água livre. O mesmo efeito foi observado por Caliskan; Dirim (2016) estudando extrato de *Rhus* liofilizado. Portanto de forma geral, maior temperatura de liofilização combinada com elevada concentração de agente carreador menor a a_w das partículas.

Figura 22. Superfície de resposta para atividade de água em função da temperatura de liofilização (°C) e concentração de agente carreador (%) da polpa mista de acerola e ceriguela obtida por liofilização.



A pressão da câmara apresentou efeito positivo (Figura 20), quanto menor a pressão da câmara, menor a a_w . E menor pressão combinada com maior concentração de maltodextrina, menor a a_w da PMAC liofilizada (Figura 23), confirmando o efeito negativo da interação pressão da câmara e concentração de agente carreador (Figura 20).

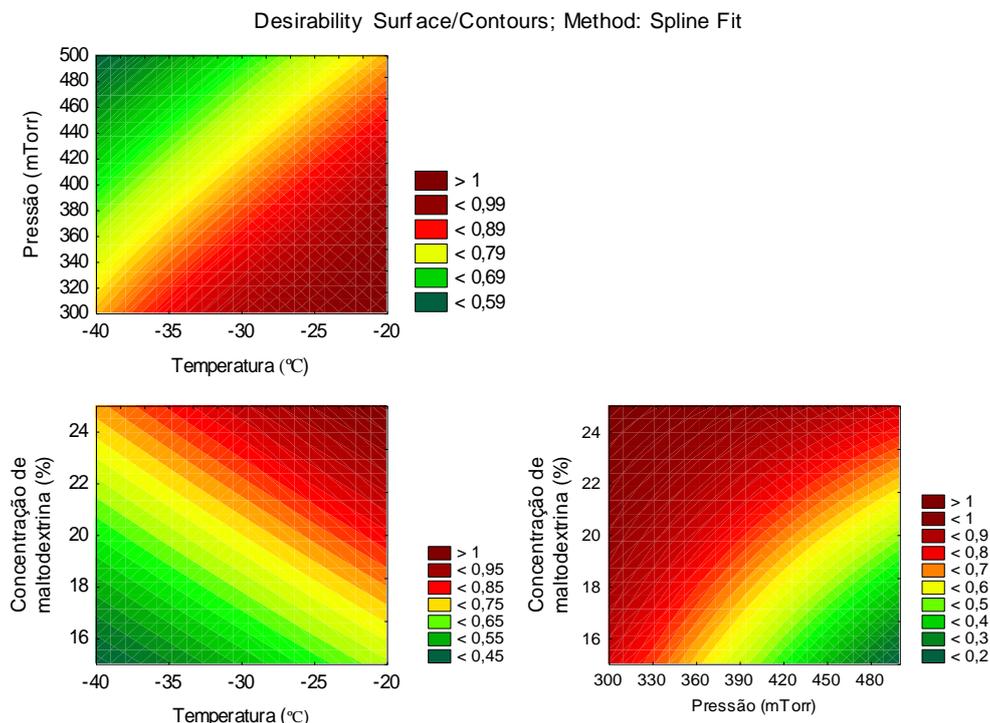
Figura 23. Superfície de resposta para atividade de água em função da pressão da câmara (mTorr) e da concentração de agente carreador (%) da polpa mista de acerola e ceriguela obtida por liofilização.



5.3.4.2.1 Desejabilidade para a obtenção da PMAC liofilizada

De acordo com a Figura 24, a desejabilidade para variável atividade de água na PMAC liofilizada foi alcançada utilizando maiores temperaturas de liofilização, menores pressões da câmara e maiores concentrações de maltodextrina 10 DE.

Figura 24. Desejabilidade para obtenção de polpa mista de acerola e ceriguela liofilizada em relação à variável atividade de água.



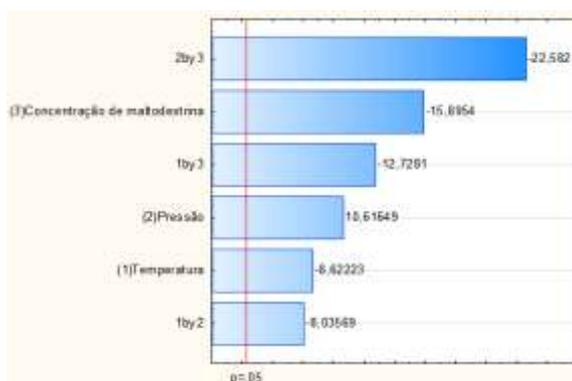
5.3.4.3 Umidade

A umidade das PMACs liofilizadas variou entre 4,62 a 6,97% (Tabela 10). Os resultados obtidos no presente estudo estão de acordo com os parâmetros estabelecidos pela legislação para produtos desidratados. A RDC nº272 de 22 de setembro de 2005 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) preconiza que produtos de frutas secas ou desidratadas devem apresentar no máximo 25% de umidade (BRASIL, 2005). A umidade das PMACs liofilizada foram inferiores as obtidas por Ceballos et al.(2012), Caliskane Dirim (2016) e Park; Lee e Eun (2016) estudando frutos liofilizados.

Na tabela 8 observa-se que o ensaio 8 apresentou menor umidade 4,62%, utilizando temperatura de liofilização (-20°C), de congelamento lento, favorecendo a uma maior taxa de evaporação de água, além de ser o ensaio que utilizou maior concentração de agente carreador (25%).

De acordo com o diagrama de pareto (Figura 25) observa-se que a umidade da PMAC liofilizada foi influenciada por todos os fatores e por suas interações.

Figura 25: Diagrama de Pareto da umidade da polpa mista de acerola e ceriguela obtida por liofilização.



A equação (8) explica 97% da variável de resposta umidade. O teste F apresentou resultados satisfatórios para umidade, apresentando o F calculado > F tabelado e a falta de ajuste não foi significativa, indicando que o modelo pode ser considerado preditivo.

$$\text{Umidade} = 5,71 - 0,18T + 0,226P - 0,338C - 0,171T * P - 0,271T * C - 0,481P * C$$

$$(R^2 = 97,00\%)$$

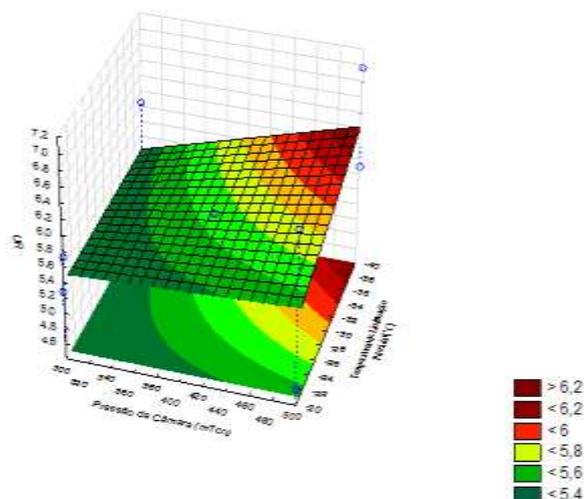
[Equação 8]

Onde: T= temperatura da liofilização, P= pressão da câmara e C=concentração de agente carreador.

As Figuras (26, 27 e 28) mostram as superfícies de resposta para a variável umidade geradas através do modelo proposto, considerando-se os pontos médios de concentração de agente carreador, pressão da câmara e temperatura de liofilização.

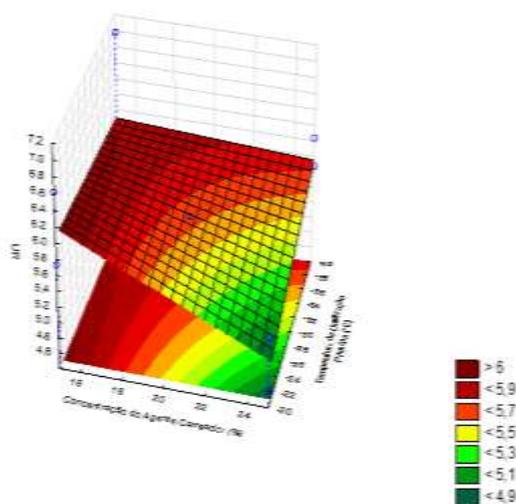
Na Figura 26 observa-se, quanto menor a pressão da câmara, menor a umidade da PMAC liofilizada, isto é associado ao efeito positivo da pressão da câmara (Figura 25). A temperatura apresentou efeito negativo (Figura 25), ou seja, maiores temperaturas levaram à produção de PMAC liofilizada com umidade menor. Quanto maior a temperatura de liofilização e mais elevada a pressão da câmara, menor a umidade da PMAC liofilizada, associa-se ao efeito negativo da interação TxP (Figura 25).

Figura 26. Superfície de resposta para umidade em função da temperatura de liofilização (°C) e pressão da câmara (mTorr) para a polpa mista de acerola e ceriguela obtida por liofilização.



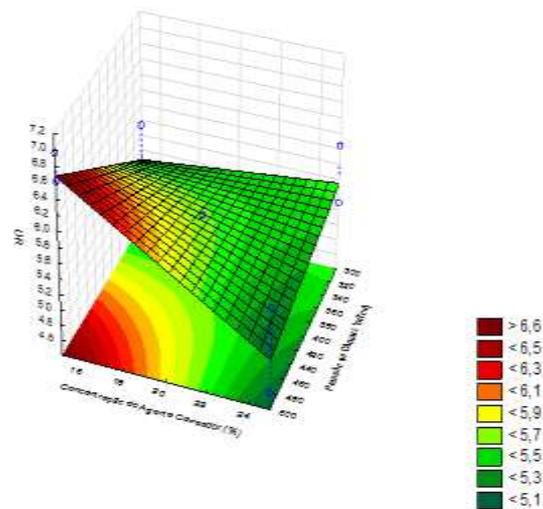
Observa-se na Figura 27, que a PMAC liofilizada apresentou menor umidade, quando se utilizou maior concentração de agente carreador. Isto é associado ao efeito negativo da concentração de agente carreador na PMAC liofilizada (Figura 25). Este efeito também foi encontrado por Kha et al. (2010) e Caliskan; Dirim (2016), devido o aumento de sólidos causado pela adição do adjuvante de secagem na solução a ser desidratada por liofilização, o que propicia um menor teor de água livre a ser retirado pelo processo, o que consequentemente acaba gerando um produto com menor teor de umidade.

Figura 27. Superfície de resposta para umidade em função da temperatura de liofilização (°C) e concentração de agente carreador (%) para a polpa mista de acerola e ceriguela obtida por liofilização.



Quando combinado maior concentração de maltodextrina e maior pressão da câmara, menor foi umidade das partículas produzidas (Figura 28), isto está associado ao efeito negativo da interação PxC (Figura 25). A interação PXC foi o fator que apresentou maior influencia na umidade da PMAC liofilizada. Caliskan; Dirim (2016) obtiveram o mesmo efeito na secagem de extrato de *Rhus*, planta da família da *Anacardiaceae*.

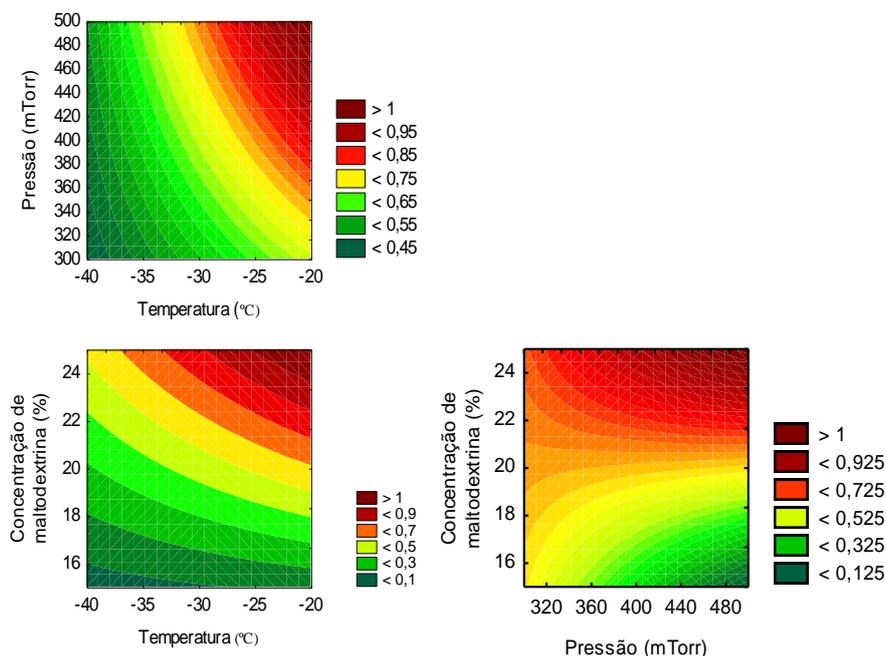
Figura 28. Superfície de resposta para umidade em função da pressão da câmara (mTorr) e a concentração de agente carreador (%) para a polpa mista de acerola e ceriguela obtida por liofilização.



5.3.4.3.1 Desejabilidade para a obtenção da PMAC liofilizada

De acordo com a Figura 29, a desejabilidade para variável umidade na PMAC liofilizada foi alcançada utilizando maiores temperaturas de liofilização, maiores pressões da câmara e maiores concentrações de maltodextrina 10 DE.

Figura 29. Desejabilidade para obtenção de polpa mista de acerola e ceriguela liofilizada em relação à variável umidade.

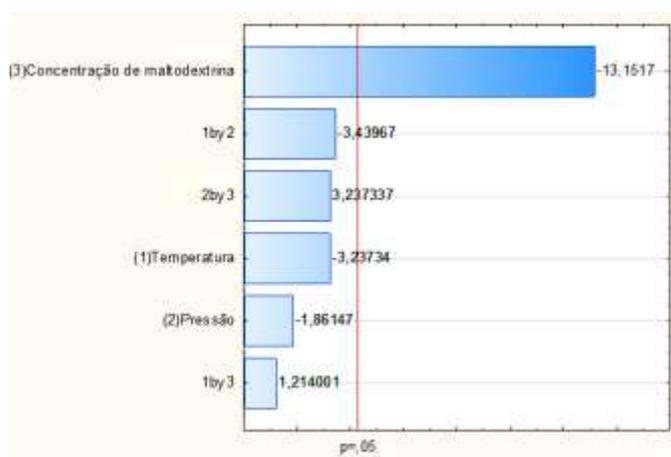


5.3.4.4 Higroscopicidade

Nesse estudo, verifica-se que o valor de higroscopicidade para a PMAC liofilizada variou entre 13,95 a 16,15 g.100 (Tabela 8). A menor higroscopicidade foi encontrada no ensaio 8, que utilizou maior concentração de maltodextrina (25%).

De acordo com o diagrama de pareto (Figura 30), observa-se que a concentração de agente carreador foi à única variável que influenciou significativamente.

Figura 30: Diagrama de Pareto da higroscopicidade da polpa mista de acerola e ceriguela obtida por liofilização.



A equação (9) explica 92% da variável de resposta higroscopicidade. O teste F apresentou resultados satisfatórios para higroscopicidade, apresentando o F calculado > F tabelado e a falta de ajuste não foi significativa, indicando que o modelo pode ser considerado preditivo.

$$\text{Higroscopicidade} = 15,11 - 0,812C$$

$$(R^2 = 92,00\%)$$

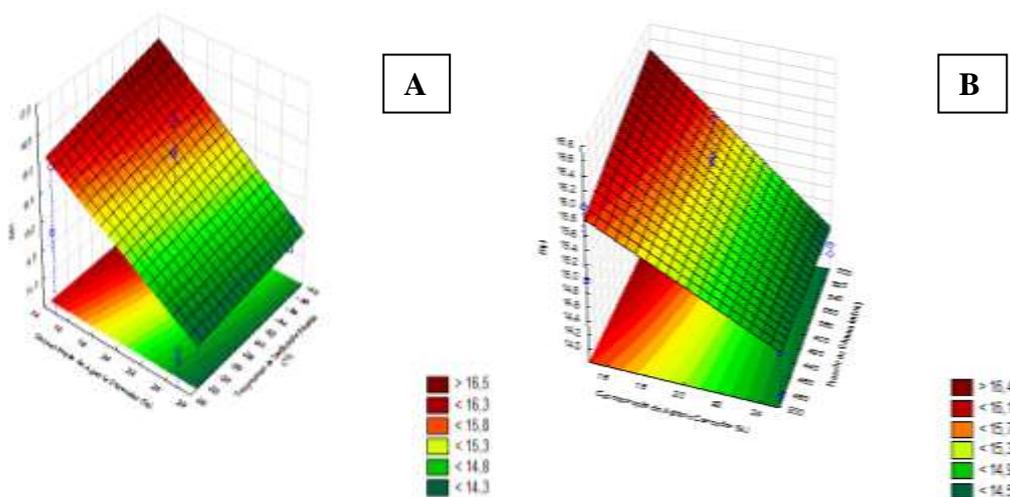
[Equação 9]

Onde: T= temperatura da liofilização, P= pressão da câmara e C=concentração de agente carreador.

A Figura (31 A e B) mostram as superfícies de resposta para a variável higroscopicidade geradas através do modelo proposto, considerando-se os pontos médios de concentração de agente carreador, vazão de suspensão e temperatura de liofilização.

Maiores concentrações de maltodextrina resultaram em PMAC liofilizada menos higroscópica (Figura 31 A e B), isto está associado ao efeito negativo da variável concentração de agente carreador sobre a higroscopicidade (Figura 30). O mesmo efeito foi obtido nos estudos de Igual et al. (2014) e Rodriguez Hernandez et al. (2005).

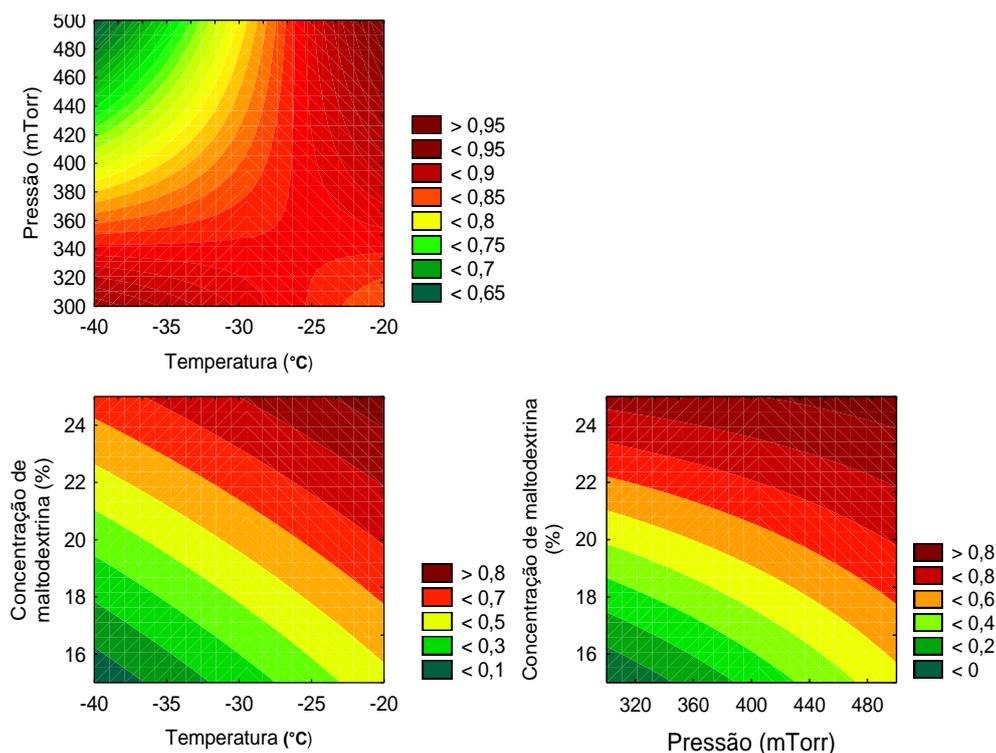
Figura 31. Superfície de resposta para higroscopicidade (A) em função da concentração de agente carreador (%) e da temperatura de liofilização (°C) e (B) em função da pressão da câmara (mTorr) e da concentração de agente carreador (%) para a polpa de acerola e ceriguela obtida por liofilização



5.3.4.4.1 Desejabilidade para a obtenção da PMAC liofilizada

De acordo com a Figura 32, a desejabilidade para variável higroscopicidade na PMAC liofilizada foi alcançada utilizando maiores temperaturas de liofilização, maiores pressões da câmara e maiores concentrações de maltodextrina 10 DE.

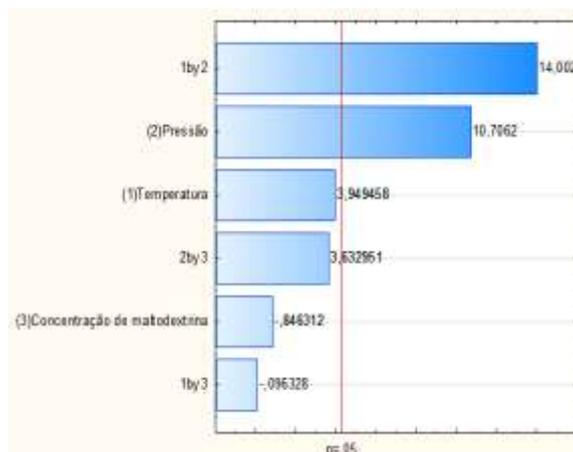
Figura 32. Desejabilidade para obtenção de polpa mista de acerola e ceriguela liofilizada em relação à variável higroscopicidade.



5.3.4.5 Retenção de ácido ascórbico (RAA)

Nesse estudo, verifica-se que a retenção do ácido ascórbico para PMAC liofilizada variou entre 54,84 a 77,20% (Tabela 8). De acordo com o diagrama de pareto (Figura 33), observa-se que a interação temperatura de liofilização x pressão da câmara teve maior influencia na retenção de ácido ascórbico, ou seja, quanto maior a temperatura de liofilização e a pressão da câmara, maior a retenção de ácido ascórbico. Em seguida o que teve maior efeito sobre a RAA foi a pressão da câmara, quanto maior, maior a retenção de ácido ascórbico na PMAC liofilizada.

Figura 33: Diagrama de Pareto da retenção de ácido ascórbico na polpa mista de acerola e ceriguela obtida por liofilização.



A equação (10) explica 91% da variável de resposta retenção de ácido ascórbico para PMAC liofilizada. O teste F apresentou resultados satisfatórios para RAA, apresentando o F calculado > F tabelado e a falta de ajuste não foi significativa, indicando que o modelo pode ser considerado preditivo.

$$\text{RAA} = 65,87 + 3,89P + 5,08T * P$$

$$(R^2 = 91,00\%)$$

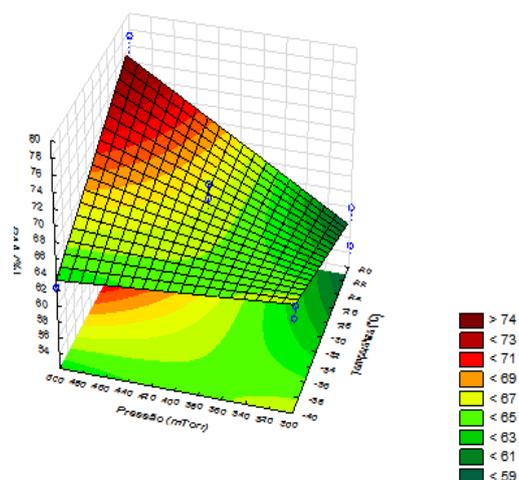
[Equação 10]

Onde: T= temperatura da liofilização e P= pressão da câmara.

A Figura 34 mostra a superfície de resposta para a variável retenção de ácido ascórbico gerada através do modelo proposto, considerando-se os pontos médios de concentração de agente carreador, pressão da câmara e temperatura de liofilização.

De acordo com a Figura 34, as maiores retenções de ácido ascórbico na PMAC liofilizada foram obtidas utilizando maior pressão da câmara, isto está associado ao efeito positivo (Figura 33). Quando combinados alta temperatura de liofilização e alta pressão da câmara, maiores retenções de AA, isto é associado ao efeito positivo da interação T x P (Figura 33).

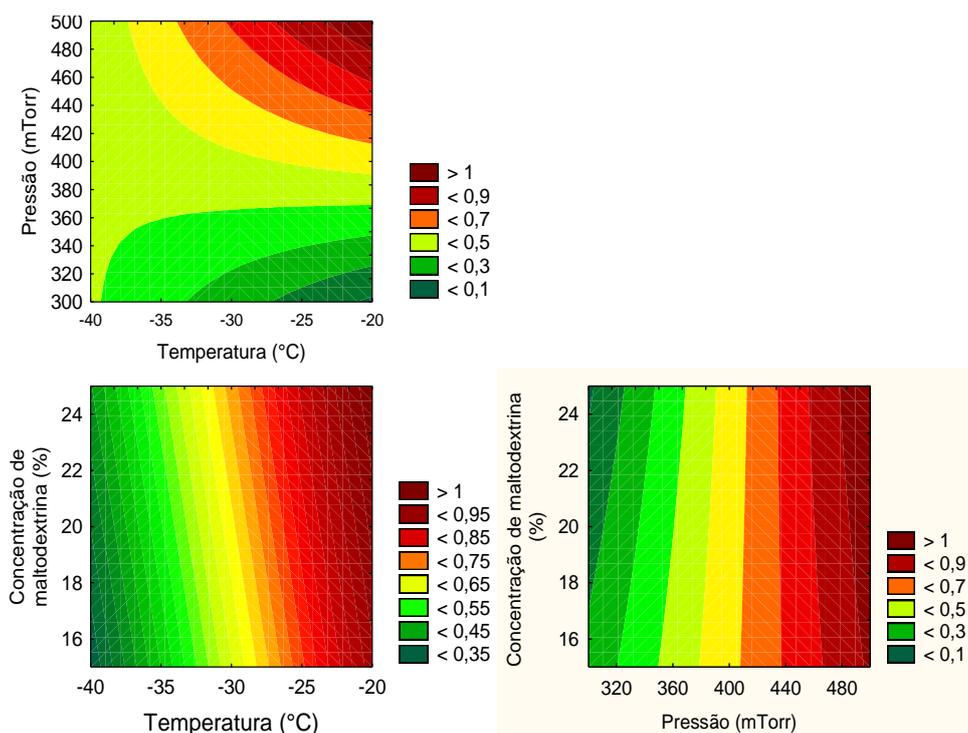
Figura 34. Superfície de resposta para retenção de ácido ascórbico em função da temperatura de liofilização (°C) e da pressão da câmara (mTorr) para a polpa mista de acerola e ceriguela obtida por liofilização.



5.3.4.5.1 Desejabilidade para a obtenção da PMAC liofilizada

De acordo com a Figura 35, a desejabilidade para variável retenção de ácido ascórbico na PMAC liofilizada foi alcançada utilizando maiores temperaturas de liofilização, maiores pressões da câmara e maiores concentrações de maltodextrina 10 DE.

Figura 35. Desejabilidade para obtenção de polpa mista de acerola e ceriguela liofilizada em relação à variável retenção de ácido ascórbico.



5.4 CONCLUSÃO

Nas condições experimentais deste trabalho os parâmetros concentração de agente carreador para a secagem da PMAC em leite de jorro e pressão da câmara e temperatura para a secagem por liofilização foram as variáveis que influenciaram de forma significativa na retenção do ácido ascórbico no produto. A obtenção de PMAC em pó, dentro do padrão de qualidade para (a_w , umidade e higroscopicidade) e com elevada retenção de AA, é possível utilizando as seguintes condições de processo em leite de jorro: 75°C temperatura de secagem, 5 mL/min de vazão de suspensão e 15% de maltodextrina 10DE; e para liofilização -20 °C de temperatura de liofilização, 500 mTorr pressão da câmara e 25% de maltodextrina. Entretanto, dos três métodos estudados, a maior retenção de ácido ascórbico foi obtida com o uso da liofilização como método de secagem para PMAC.

REFERÊNCIAS

- AFOAKWAH A. N.; ADOMAKO C.; OWUSU J.; ENGMAN N. F.; HANNAH A.; *Spray Drying* as an appropriate technology for the food and pharmaceutical industries - A review. **Journal of Environmental Science, Computer Science and Engineering & Technology**, v.1, p.467-476, 2012.
- AGUDELO, C.; BARROS, L.; SANTOS-BUELGA, C.; MARTÍNEZ-NAVARRETE, N.; FERREIRA, I. C. F. R. Phytochemical content and antioxidant activity of grapefruit (Star Ruby): A comparison between fresh freeze-dried fruits and different powder formulations. **LWT - Food Science and Technology**, v. 80, p. 106-112, 2017.
- ALMEIDA, M. M. B.; SOUSA, P. H. M.; ARRIAGA, A. M. C.; PRADO, G. M.; MAGALHÃES, C. E. C.; MAIA, G. A.; LEMOS, T. L. G.; Bioactive compounds and antioxidant activity of fresh exotic fruits from northeastern Brazil. **Food Research International**, v. 44, p. 2155–2159, 2011.
- ANGEL, R. C. M.; ESPINOSA, L. C. M.; AVILES-AVILES, C.; GARCÍA, R. G.;

SANTILLÁN, M. M.; LAGUNES, A. G.; ARCHILA, M. A. Spray-Drying of Passion Fruit Juice Using Lactose-Maltodextrin Blends as the Support Material. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.52, p.1011-1018, 2009.

AOAC – ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemistry**. 17th ed. Washington, p.1115, 2002.

ARAÚJO, A. D. A.; COELHO, R. M. D.; FONTES, C. P. M. L.; SILVA, A. R. A.; COSTA, J. M. C.; RODRIGUES, S. Production and spouted bed drying of acerola juice containing oligosaccharides. **Food and Bioproducts Processing**, v. 94, p. 565-571, 2015.

BARBOSA, J.; BORGES, S.; AMORIM, M.; PEREIRA, M. J.; OLIVEIRA, A.; PINTADO, M. E.; TEIXEIRA, P. Comparison of spray drying, freeze drying and convective hot air drying for the production of a probiotic orange powder. **Journal of Functional Foods**, v. 17, p. 340-351, 2015

BARBOSA-CÁNOVAS, G. V.; JULIANO, P. Physical and chemical properties of food powders. In: ONWULATA, C. **Encapsulated and powdered foods**. Boca Raton: Taylor & Francis, p.39-71, 2005.

BARROS NETO, B.; SCARMÍNIO, I. S.; BRUNS, R. E. **Como fazer experimentos**. 4.ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.

BENJAMIN, S. R.; OLIVEIRA NETO, J. R.; MACEDO, I. Y. L.; BARA, M. T. F., CUNHA, L. C.; CARVALHO, L. A. F.; GIL, E. S. Electroanalysis for Quality Control of Acerola (*Malpighia emarginata*) Fruits and their Commercial Products. **Food Analytical Methods**, v. 8, p. 86–92, 2015.

BEZERRA, C. V.; AMANTE, E. R.; OLIVEIRA, D. C.; ANTONIO M.C.; RODRIGUES, A. M. C.; SILVA, L. H. M. Green banana (*Musa cavendishii*) flour obtained in spouted bed – Effect of drying on physico-chemical, functional and morphological characteristics of the starch. **Industrial Crops and Products**, v. 41, p. 241– 249, 2013.

BORGES, K. C.; AZEVEDO, J. C.; MEDEIROS, M. F.; CORREIA, R. T.

Physicochemical characterization and bioactive value of tropical berry pomaces after spouted bed drying. **Journal of Food Quality**, v. 39, p. 192-200, 2016.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA. RDC nº 272 de 22 de setembro de 2005. Regulamento técnico para produtos de vegetais, produtos de frutas e cogumelos comestíveis. **Diário Oficial da União**, 2005.

CALISKAN, G.; DIRIM, S. N. The effect of different drying processes and the amounts of maltodextrin addition on the powder properties of sumac extract powders. **Powder Technology**, v. 287, p. 308-314, 2016.

CANO-CHAUCA, M.; RAMOS, A. M.; STRINGHETA, P. C. Effect of the carriers on the microstructure of mango powder obtained by spray drying and its functional characterization. **Innovative Food Science e Emerging Technologies**, v.6, p.420-428, 2005.

CAPARINO, O. A.; TANG, J.; NINDO, C. L.; SABLANI, S. S.; POWERS, J. R. FELLMAN, J. K. Effect of drying methods on the physical properties and microstructures of mango (*Philippine ‘Carabao’* var.) power. **Journal of Food Engineering**, v.111, p.135-148, 2012.

CEBALLOS, A. M.; GIRALDO, G. I.; ORREGO, C. E. Effect of freezing rate on quality parameters os freeze died sourspo fruit pulp. **Journal of Food Engineering**, v.111, p. 360-365, 2012.

CHEGENI, G. R.; GHOBADIAN, B. Effect of spray-drying conditions on physical properties of orange juice powde. **Drying Technology**, v. 23, p. 657-668, 2005.

CHEN, G.; CHEN, S.; ZHAO, Y.; LUO, C.; LIB, J.; GAO, Y. Total phenolic contents of 33 fruits and their antioxidant capacities before and after in vitro digestion.

Industrial Crops and Products, v.57, p. 150-157, 2014.

CHIELLE, D. P.; BERTUOL, D. A.; MEILI, L.; TANABE, E. H.; DOTTO, G. L. Spouted bed drying of papaya seeds for oil production. **LWT - Food Science and Technology**, v. 65, p. 852-860, 2016.

COSTA, R. G.; ANDREOLA, K.; MATTIETTO, R. A.; FARIA, L. J. G.; TARANTO, O. P. Effect of operating conditions on the yield and quality of açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) powder produced in spouted bed. **LWT - Food Science and Technology**, v. 64, p. 1196-1203, 2015.

DELVA, L.; GOODRICH-SCHNEIDER, R. Acerola (*Malpighia emarginata* DC): Production, Postharvest Handling, Nutrition, and Biological Activity. **Food Reviews International**, v. 29, p.107–126, 2013.

DERRINGER, G.; SUICH, R. Simultaneous optimization of several response variables. **Journal of Quality Technology**, v.12, n.4, p214-219, 1980.

DESAI, K. G. H.; PARK, H. J. Recent developments in microencapsulation of food ingredients. **Drying Technology**, v. 23, p. 1361-1394, 2005.

FERNANDES, T. K. S.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M.; MELO, K. S.; BEZERRA, M. C. T. Estudo do comportamento reológico da polpa de umbucajá em função da concentração de maltodextrina. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.10, n.2, p.171-180, 2008.

FERRARI, C. C.; RIBEIRO, C. P.; AGUIRRE, J. M. *Spray drying* of blackberry pulp using maltodextrin as carrier agent. **Brazilian Journal Food Technology**, v.15, p.157-165, 2012.

FILGUEIRAS, H.A.C.; ALVES, R.E.; MOURA, C.F.H.; OLIVEIRA, A. C. O.; ARAÚJO, N. C. C.; Calidad de frutas nativas de latinoamerica para indústria: ciruela mexicana (*Spondias purpurea* L.). **Proceedings of the Interamerican Society for Tropical Horticulture**, v. 43, p. 68-71, 2001.

GOULA, A. M.; ADAMOPOULOS, K. G. A new technique for spray drying orange juice concentrate. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v.11, p.342-351, 2010.

HARNKARNSUJARIT, N.; KAWAI, K.; WATANABE, M.; SUZUKI, T. Effects of freezing on microstructure and rehydration properties of freeze-dried soybean curd. **Journal of Food Engineering**, v. 184, p. 10-20, 2016.

KHA, T. C.; NGUYEN, M. H.; ROACH, P. D. Effects of spray drying conditions on the physicochemical and antioxidant properties of the gac (*Momordica cochinchinensis*) fruit aril powder. **Journal of Food Engineering**, v. 98, p. 385-392, 2010.

KRISHNAIAH, D.; SARBATLY, R.; NITHYANANDAM, R. Microencapsulation of *Morinda citrifolia* L. extract by spray-drying, **Chemical Engineering Research and Design**, v. 90, p. 622-632, 2012.

IGUAL, M.; RAMIRES, S.; MOSQUERA, L. H.; MARTÍNEZ-NAVARRETE, N. Optimization of spray drying conditions for lulo (*Solanum quitoense* L.) pulp. **Powder Technology**, v. 256, p. 233–238, 2014.

ISLAM, M. Z.; KITAMURA, Y.; YAMANO, Y.; KITAMURA, M. Effect of vacuum spray drying on the physicochemical properties, water sorption and glass transition phenomenon of orange juice powder. **Journal of Food Engineering**, v. 169, p. 131-140, 2016.

JAFARI, S. M.; GHALENOEI, M. G.; DEHNAD, D. Influence of spray drying on water solubility index, apparent density, and anthocyanin content of pomegranate juice powder. **Powder Technology**, v. 311, p.59–65, 2017.

JAYA, S.; DAS, H. Effect of maltodextrin, glycerol monostearate and triacalcium phosphate on vacuum dried mango powders properties. **Journal of Food Engineering**, v. 63, p. 125-134, 2004.

JITTANIT, W.; NITI-ATT, S.; TECHANUNTACHAIKUL, O. Study of *spray drying* of pineapple juice using maltodextrin as an adjunct. **Chiang Mai Journal Science**, v.37, p.498-506, 2010.

LEONG, S. L.; PETTERSSON, O. V.; RICE, T.; HOCKING, A. D.; SCHNÜRER, J. The extreme xerophilic mould *xeromyces bisporus* — growth and competition at various water activities. **International Journal of Food Microbiology**, v.145, p.57–63, 2011.

LIRA JÚNIOR, J. S.; BEZERRA, J. E. F.; LEDERMAN, I. E. MOURA, R. J. M. Produção e características físico-químicas de clones de ciriguela na Zona da Mata Norte de Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 5, p. 43-48, 2010.

LIU, F.; CAO, X.; WANG, H.; LIAO, X. Changes of tomato powder qualities during storage. **Powder Technology**, v.204, p.159–166, 2010.

MACIEL, M. I. S.; MÉLO, E. A.; LIMA, V. L. A. G.; SOUZA, K. A.; SILVA, W. Physicochemical characterization of fruits from genotypes of acerola tree (*Malpighia emarginata* D.C.). **Food Science and Technology**, v. 30, n.4, 2010.

MALDONADO-ASTUDILLO, Y. I.; ALIA-TEJACAL, I.; NÚÑEZ-COLÍN, C. A.; JIMÉNEZ-HERNÁNDEZ, J.; PELAYO-ZALDÍVAR C.; LÓPEZ-MARTÍNEZ, V.; ANDRADE-RODRÍGUEZ, M.; BAUTISTA-BANOS, S.; VALLE-GUADARRAMA, S. Postharvest physiology and technology of *Spondias purpurea* L. and *S. mombin* L. **Scientia Horticulturae**, v. 174, p. 193–206, 2014.

MARQUES, L. G.; FERREIRA, M. C.; FREIRE, J. T. Freeze-drying of acerola (*Malpighia glabra* L.). **Chemical Engineering and Processing**, v. 46, p. 451–457, 2007.

McGUIRE, R. G. Reporting of Objective Color Measurements. **HortScience**, v. 27, p. 1254- 1255, 1992.

MISHRA, P.; BRAHMA, A.; SETH, D. Physicochemical, functionality and storage stability of hog plum (*Spondia pinnata*) juice powder produced by spray drying.

Journal Food Science Technology, v. 54, p. 1052-1061, 2017.

MISHRA, P.; MISHRA, S.; MAHANTA, C. L. Effect of maltodextrin concentration and inlet temperature during spray drying on physicochemical and antioxidant properties of amla (*Embllica officinalis*) juice powder. **Food and Bioproducts Processing**, v. 92, p. 252-258, 2014.

MURALI, S.; KAR, A.; MOHAPATRA, D.; KALIA, P. Encapsulation of black carrot juice using spray and freeze drying. **Food Science and Technology International**, v. 21, p. 604–612, 2014.

MUSSI, L. P.; GUIMARÃES, A. O.; FERREIRA, K. S.; PEREIRA, N. R. Spouted bed drying of jambolão (*Syzygium cumini*) residue: Drying kinetics and effect on the antioxidant activity, anthocyanins and nutrients contents. **LWT - Food Science and Technology**, v. 61, p. 80-88, 2015.

MUZAFFAR, K.; KUMAR, P. Parameter optimization for spray drying of tamarind pulp using response surface methodology. **Powder Technology**, v. 279, p.179-184, 2015.

OLIVEIRA, F. M. N.; FIGUEIREDO, R. M. F. QUEIROZ, A. J. M. Comparative analysis of pulps full cherry, formulated and powder. **Brazilian Journal Food Technology**, v.8, p.25-33, 2006.

OMENA, C. M. B.; VALENTIM, I. B.; GUEDES, G. S.; RABELO, L. A.; MANO, C. M.; BECHARA, E. J. H.; SAWAYA, A. C. H. F.; TREVISAN, M. T. S.; COSTA, J. G.; FERREIRA, R. C. S.; SANT'ANA, A. E. G.; GOULART, M. O. F.; Antioxidant, anti-acetylcholinesterase and cytotoxic activities of ethanol extracts of peel, pulp and seeds of exotic Brazilian fruits Antioxidant, anti-acetylcholinesterase and cytotoxic activities in fruits. **Food Research International**; v.49, p. 334–344, 2012.

PARK, H.; LEE, Y. EUN, J. Physicochemical characteristics of kimchi powder manufactured by hot air drying and freeze drying. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v.5, p. 193-198, 2016.

PHISUT, N. *Spray drying* technique of fruit juice powder: some factors influencing the properties of product. **International Food Research Journal**, v.19, p.1297-1306, 2012.

PRAKASH, A.; PRABHUDEV, S. H.; VIJAYALAKSHMI, M. R.; PRAKASH, M.; BASKARAN, R. Implication of processing and differential blending on quality characteristics in nutritionally enriched ketchup (Nutri-Ketchup) from acerola and tomato. **Journal Food Science Technology**, v. 8, p. 3175-3185, 2016.

QUEK, S. Y.; CHOK, N. K.; SWEDLUND, P. The physicochemical properties of spray-dried watermelon powders. **Chemical Engineering and Processing**, v. 46, p. 386-392, 2007.

RAMÍREZ, M. J.; GIRALDO, G. I.; ORREGO, C. E. Modeling and stability of polyphenol in spray-dried and freeze-dried fruit encapsulates. **Powder Technology**, v. 277, p. 89–96, 2015.

RIBEIRO, C. M. C. M.; MAGLIANO, L. C. S. A.; COSTA, M. M. A.; BEZERRA, T. K. A.; SILVA, F. L. H.; MACIEL, M. I. S. Optimization of the spray drying process conditions for acerola and seriguela juice mix. **Food Science and Technology**, v. 2, 2018.

RIBEIRO, C. M. C. M., SILVA, F. L. H., MACIEL, M. I. S. Parameter optimization for spray drying of acerola and seriguela mix pulp using response surface methodology. XXV Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos. Gramado/RS – 2016.

ROCHA, A.P.T.; ALSINA, O.L.S.; FLÁVIO, V.S.S.; SILVA, F.L.H. Cinética de produção de levedura seca em leite de jorro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.12, n.1, p.81–86, 2008.

RODRIGUES-AMAYA, B. B. **A guide to carotenoid analysis in foods**. ILST Press. p. 64, 1999.

RODRÍGUEZ-HERNÁNDEZ, G. R.; GONZALEZ-GARCIA, R.; GRAJALES-LAGUNES, A.; RUIZ-CABRERA, M. A.; ABUD-ARCHILA, M. Spray-drying of cactus pear juice (*Opuntia streptacantha*): effect on the physicochemical properties of powder and reconstituted product. **Dry Technology**, v. 23, p. 955–973, 2005.

SANTANA, A. A.; OLIVEIRA, R. A.; PINEDO, A. A.; KUROZAWA, L. E.; PARK, K. J. Microencapsulation of babassu coconut Milk. **Food Science Technology**, v.33, p.737-744, 2013.

SANTHALAKSHMY, S.; BOSCO, S. J. D.; FRANCIS, S., SABEENA, M. Effect of inlet temperature on physicochemical properties of spray-dried jamun fruit juice powder. **Powder Technology**. v. 274, p. 37–43, 2015.

SANTILLÁN, M. M.; LAGUNES, A. G.; ARCHILA, M. A. Spray-Drying of Passion Fruit Juice Using Lactose-Maltodextrin Blends as the Support Material. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.52, p.1011-1018, 2009.

SANTO, E. F. E.; LIMA, L. K. F.; TORRES, A. P. C.; OLIVEIRA, G.; PONSANO, E. H. G. Comparison between freeze and spray drying to obtain powder *Rubrivivax gelatinosus* biomass. **Food Science and Technology**, v. 33, p. 47-51, 2013.

SHARDUL, K.; SWATI, J.; PRAJAKTA, K.; PRAFULLACHANDRA, T.; SANTOS, H, P.; ARUN, R. Proximate Analysis of Peel and Seed of *Annona Squamosa* (Custard Apple) Fruit. **Research Journal of Chemical Sciences** v. 3, n.2, p. 92-94, 2013.

SILVA, J. A.; MACIEL, M. I. S.; MOURA, N. P.; SILVA JÚNIOR, M. E.; MELO, J. V.; AZOUBE, P. M.; MELO, E. A. Influence of Process Conditions on Drying by Atomization Pulp Umbu. **Journal Bioprocessing and Biotechniques**, v. 4, p. 163-171 2014.

SILVA, P. I.; STRINGHETA, P. C.; TEÓFILO, R. F. Paramater optimization for spray drying microencapsulation of jaboticaba (*Myrciaria jaboticaba*) peel extracts using

simultaneous analysis of responses. **Journal of Food Engineering**, v.10, p.1-7, 2013.

SILVA, Q. J.; MOREIRA, A. C. G.; MELO, E. A.; LIMA, V. L. A. G.; Compostos fenólicos e atividade antioxidante de genótipos de ciriguelas (*spondia purpurea L.*). **Alimentos e Nutrição**, v. 23, p. 73-80, 2012.

SOARES, E.C.; OLIVEIRA, G.S.F.; MAIA, G.A.M. et al. Desidratação da polpa de acerola (*Malpighia emarginata D.C.*) pelo processo “foam-mat”. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.21, n.2, p.164-170, 2001.

TEUNOU, E.; FITZPATRICK, J. J. Effect of relative humidity and temperature on food powder flowability. **Journal of Food Engineering**, v.42, p.109-116, 1999.

TIBURSKI, J. H. et al. Nutritional properties of yellow mombin (*Spondias mombin L.*) pulp. **Food Research International**, v.44, p. 2325-2331, 2011.

TODISCO, K. M.; CASTRO-ALVES, C. C. C.; GARRUTI, D. S.; COSTA, J. M. C.; CLEMENTE, E. The Use of Headspace Solid-Phase Microextraction (HS-SPME) to Assess the Quality and Stability of Fruit Products: An Example Using Red Mombin Pulp (*Spondias purpurea L.*). **Molecules**, v. 19, p. 16851-16860, 2014.

TONON, R. V.; BRABET, C.; HUBINGER, M. D. Anthocyanin stability and antioxidant activity of spray dried açai (*Euterpe oleracea Mart.*) juice produced with different carrier agents. **Food Research International**, v.43, p.907-914, 2010.

TONON, R. V.; BRABET, C.; HUBINGER, M. D. Aplicação da secagem por atomização para a obtenção de produtos funcionais com alto valor agregado a partir do açai. **Revista Inclusão Social Brasília**, v.6, p.70-76, 2013.

TONON, R. V.; FREITAS, S. S.; HUBINGER, M. D.; Spray drying of açai (*Euterpe oleraceae Mart.*) juice: effect of inlet air temperature and type of carrier agent. **Journal of Food Processing and Preservation**. v. 35, p. 691–700, 2011.

TONTUL, I.; TOPUZ, A. Spray-drying of fruit and vegetable juices: Effect of drying conditions on the product yield and physical properties. **Trends in food science & technology**, v.63, p. 91-102, 2017.

WETTASINGHE, M.; SHAHIDI, F. Evening primrose meal: a source of natural antioxidants and scavenger of hydrogen peroxide and oxygen-derived free radicals. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.47, n.5, p.1801-1812, 1999.

VALENTE, A.; ALBUQUERQUE, T. G.; SANCHES-SILVA, A.; COSTA, H. S. Ascorbic acid content in exotic fruits: A contribution to produce quality data for food composition databases **Food Research International**. v. 44, p. 2237–2242, 2011.

ZOTARELLI, M. F.; SILVA, V. M.; DURIGON, A.; HUBINGER, M. D.; LAURINDO, J. B. Production of mango powder by spray drying and cast-tape drying. **Powder Technology**, v. 305, p.447–454, 2017.

6. ARTIGO 2 – IMPACTO DE DIFERENTES MÉTODOS DE SECAGEM NAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, FÍSICO-QUÍMICAS, COMPOSTOS BIOATIVOS E SENSORIAS DA POLPA MISTA DE ACEROLA E CERIGUELA

RESUMO

Durante o processamento por meio da secagem, os produtos alimentícios podem sofrer redução na qualidade total quando comparados ao produto fresco. Os diferentes métodos de secagem de frutas (atomização, liofilização e leito de jorro) podem influenciar diferentemente na qualidade do produto final. Portanto, torna-se necessário conhecer o método de secagem que minimizará essas mudanças e maximizará a eficiência do processo. A caracterização físico-química, física e sensorial são necessárias no desenvolvimento de novos produtos e antes de sua comercialização. Sendo assim, este trabalho teve como objetivo selecionar o método de secagem (atomização, leito de jorro ou liofilização) que propicia a obtenção de PMAC em pó com características de qualidade. Para esta seleção, o produto foi avaliado quanto à capacidade antioxidante, pelos métodos ABTS e DPPH, pelas características físicas (diâmetro médio, distribuição de tamanho das partículas, densidade aparente, densidade absoluta, porosidade intragranular, solubilidade e higroscopicidade), físico-químicas (atividade de água, umidade, sólidos solúveis (SS), acidez (AT), SS/AT e cor instrumental), retenção de compostos bioativos (ácido ascórbico, carotenoides totais e compostos fenólicos) e características sensoriais (pelos métodos de aceitação, CATA e intenção de compra). As características físicas e físico-químicas das PMACs atomizada e liofilizada não apresentaram diferença significativa. Entretanto a PMAC liofilizada apresentou maior retenção de ácido ascórbico, carotenoides totais e compostos fenólicos. Embora a atomização utilize elevada temperatura (140 °C), a retenção dos compostos bioativos foi superior à da polpa mista em pó obtida em leito de jorro. A PMAC liofilizada foi a escolhida pelo painel sensorial e caracterizada pelos atributos que indicam qualidade. Assim, a liofilização poderia ser indicada como um método de secagem promissor para obtenção de PMAC com características físicas, físico-químicas e sensoriais ideais para produtos desidratados e com potencial antioxidante, a ser utilizada na produção de refrescos ou como ingrediente na produção de novos produtos alimentícios.

Palavras-chaves: Análise sensorial; análises físicas; ácido ascórbico; compostos fenólicos; atividade antioxidante.

ABSTRACT

During drying processing, food products may suffer reduction in total quality as compared to the fresh product. Different methods of fruit drying (Spray drying, spouted bed drying and freeze-dried) can influence differently the quality of the final product. Therefore, it becomes necessary to know which drying method will minimize these changes and maximize process efficiency. The physical-chemical, physical and sensorial evaluation are necessary in the development of new products and before their commercialization. The objective of this work was to select the drying method (spray drying, spouted bed drying and freeze-dried), which facilitates the production of PMAC powder with quality characteristics. For this selection, the product was evaluated for the antioxidant capacity, by the ABTS and DPPH methods, physical characteristics (average diameter, particle size distribution, apparent density, absolute density, intragranular porosity, solubility and hygroscopicity), physical-chemical characteristics (water activity, moisture, soluble solids (SS), acidity (AT), SS/AT and instrumental color), retention of bioactive compounds (ascorbic acid, total carotenoids and phenolic compounds) and sensory characteristics (by methods of acceptance, CATA and intention to buy). The physical and physicochemical characteristics of the spray drying and freeze-dried PMAC did not show a significant difference. However, freeze-dried PMAC showed higher retention of ascorbic acid, total carotenoids and phenolic compounds. Although the spray drying uses a high temperature (140 ° C), the retention of the bioactive compounds was superior to that of the powder mixed pulp obtained in the spouted bed drying. The freeze-dried PMAC was chosen by the sensorial panel and characterized by attributes that indicate quality. Thus, freeze drying could be indicated as a promising drying method to obtain PMACs with physical, chemical-physical and sensorial characteristics ideal for dehydrated products with antioxidant potential, to be used in the production of soft drinks or as an ingredient in the production of new products food.

Keywords: Sensory analysis; physical analyzes; ascorbic acid; phenolic compounds; antioxidant activity.

6.1 INTRODUÇÃO

Uma tendência mundial para o mercado de produtos processados vem abrindo espaço para a inserção de frutas em pó, devido ao volume e peso reduzidos, menos custo com embalagem, fácil manuseio, transporte e vida de prateleira mais longa. As frutas em pó surgem como uma opção de ingredientes estáveis para bebidas saudáveis, iogurtes, sorvetes, barras de cereais, dentre outros. Estes produtos atendem a crescente demanda mundial por produtos com características mais próximas ao natural (CAPARINO *et al.*, 2012; TONON *et al.*, 2011).

Para aumentar a vida útil das frutas e evitar a degradação das vitaminas e outros nutrientes, diferentes métodos de conservação podem ser aplicados. Dentre eles, a secagem, que permite produzir partículas com baixa umidade, por meio da eliminação da água por evaporação ou sublimação, prolongando a vida de prateleira dos alimentos. Além de oferecer um produto conveniente para o consumidor e/ou ingrediente mais facilmente manuseado para os processos de alimentos (TONTUL; TOPUZ, 2017). No entanto, condições inadequadas de secagem podem resultar na perda de compostos bioativos e qualidade nutricional do produto (BORGES *et al.*, 2016).

Entre as técnicas, podem-se destacar os diferentes métodos de secagem como: atomização, leite de jorro e liofilização. A atomização tem sido amplamente utilizada para fins comerciais, principalmente na produção de pó de frutas e também na produção de leite em pó. Apresenta inúmeros benefícios sobre o produto final, manuseio mais fácil, peso e volume reduzidos, fácil transporte e maior vida útil (MISHRA *et al.*, 2017; SANTHALAKSHMY *et al.*, 2015). O leite de jorro é uma alternativa promissora para a secagem de polpas de frutas, com produção de pó de alta qualidade e potencial para conduzir a granulação ou aglomeração a baixo custo (BEZERRA *et al.*, 2013; CHIELLE *et al.*, 2016). A liofilização é uma técnica com base na remoção da água por sublimação, desenvolvida para superar as perdas de compostos responsáveis pelos aromas nos alimentos, os quais são muito suscetíveis às modalidades de processamento que empregam temperaturas elevadas (RAMÍREZ *et al.*, 2015; CALISKAN; DIRIM, 2016).

As propriedades físicas são importantes no desenvolvimento de novos produtos. O entendimento sobre as partículas constituintes do pó é importante, visto que impacta em diversos atributos de qualidade essenciais para a aceitação do alimento como solubilidade, densidade, porosidade e, também, nas etapas de processamento, manuseio e armazenamento (CUQ *et al.*, 2011; BARBOSA-CÁNOVAS *et al.*, 2005). Além das

análises físicas, as características físico-químicas, como pH, aw e umidade, são importantes para produtos desidratados, devido a importância destes parâmetros na inibição do crescimento de microrganismos.

A determinação dos compostos bioativos também é fundamental na caracterização de novos produtos, principalmente porque é composto de frutas, que apresentam compostos que destacam-se pelas suas atividades biológicas diversas, e que são conhecidas como substâncias bioativas. Dentre os principais metabólitos destacam os compostos fenólicos, ácido ascórbico e carotenoides (ALI et al., 2010). Os compostos fenólicos são responsáveis não só por importantes características da fruta – como cor, adstringência, sabor e corpo – mas por estarem, também, relacionados à atividade antioxidante e seus efeitos benéficos para a saúde humana (LÓPEZ-MIRANDA et al., 2016). O ácido ascórbico (AA) é uma vitamina hidrossolúvel de importância nutricional, por sua atuação como cofator em diversos processos fisiológicos e como antioxidante (PANYOYAI et al., 2016). A degradação do AA nos alimentos é afetada pelo oxigênio, temperatura, luz, pH, atividade da água e a presença de íons metálicos, como Cu^{2+} e Fe^{3+} (JAESCHKE et al., 2016). Os carotenoides são pigmentos tetraterpenoídes, apresentam capacidade colorante, além de atividade antioxidante e funções biológicas (KHA et al., 2010; RODRIGUEZ-AMAYA, 2010).

Os compostos bioativos apesar de possuírem capacidade antioxidante significativa e desempenharem um papel potencialmente importante na saúde humana, reduzindo os riscos de câncer e doenças degenerativas (MERCALI et al., 2013). A eficácia destes compostos depende da sua estabilidade durante o processamento e armazenamento dos alimentos (RAMÍREZ et al., 2015; LÓPEZ-MIRANDA et al., 2016). Sendo assim, se faz necessário empregar diferentes métodos para avaliar sua presença e ação nos produtos processado (DENG; CHENG; YANG, 2011).

As análises físicas, físico-químicas, determinação dos compostos bioativos e seu potencial antioxidante, assim como a avaliação sensorial são necessárias no desenvolvimento de novos produtos e antes de sua comercialização. O desejo das indústrias em ter acesso a métodos rápidos, para descrição de produtos gerados pelos consumidores desencadeou metodologias no desenvolvimento da caracterização sensorial do produto (VARELA; ARES, 2012). Entre eles, o *check-all-that-apply* (CATA), ou marque tudo o que se aplica, é um teste descritivo que tem sido largamente utilizado para uma rápida obtenção do perfil sensorial de produtos, a partir de consumidores (ANTÚNEZ et al., 2017).

O CATA consistem em uma lista pré-definida de atributos que são apresentados e os participantes são instruídos a selecionar todos os que se aplicam (ALEXI et al., 2018; ARES; JAEGER, 2013; MIRABALLES; GÁMBARO, 2018). O método CATA não requer treinar e manter um painel sensorial, o que reduz tempo e os recursos necessários para obter as caracterizações do produto (ANTÚNEZ et al., 2017). O número mínimo de provadores para realização da análise sensorial utilizando método CATA é entre 60-80 consumidores (ARES et al., 2015). Em comparação com as técnicas de escalas tradicionais, as questões do CATA são consideradas rápidas e fáceis de serem compreendidas pelos consumidores, além de fornecer informações do produto. Diversos autores utilizaram esse método para caracterizar sobremesas de leite, iogurte probiótico, iogurtes, cerveja e bebidas em pó, respectivamente (BRUZZONE et al., 2012; CRUZ et al., 2013; CADENA et al., 2014; DORADO et al., 2016; ARES et al., 2015).

O presente trabalho objetivou efetuar a caracterização física, físico-química, de compostos bioativos e sensorial de polpa mista de acerola e ceriguela em pó (PMAC) obtida por diferentes métodos de secagem (atomização, liofilização ou leito de jorro). De modo a selecionar aquela com maior teor de compostos bioativos, elevada capacidade antioxidante que atendam as expectativas dos consumidores.

6.2 MATERIAL E MÉTODOS

6.2.1 Matéria-prima

Os frutos de acerola foram colhidos nas aceroleiras da UFRPE, localizadas na unidade sede, em Dois Irmãos, e as ceriguelas obtidas no Centro de Abastecimento e Logística de Pernambuco – CEASA/PE. No Laboratório de Processamento de Alimentos, os frutos foram selecionados, higienizados, sanitizados (em solução de hipoclorito de sódio a 2,5%) e despulpados em despulpadeira (marca: Bonina Compacta – Itabauna/BA). A polpa foi embalada em sacos de polietileno de baixa densidade e imediatamente congelada, armazenada a -18°C e descongelada de acordo com as quantidades necessárias para cada método de secagem.

6.2.2 Obtenção da polpa mista de acerola e ceriguela (PMAC) em pó

A proporção de polpa utilizada para preparação da polpa mista foi 60% acerola e 40% ceriguela de acordo com Ribeiro et al. (2016). Foram utilizados três métodos de secagem, atomização, liofilização e leito de jorro para se obter a polpa mista de acerola

e ceriguela em pó. A secagem em atomizador foi realizada em um mini spray dryer – LM, modelo MSD 1.0 (LABMAQ do Brasil LTDA) disponível na Universidade Federal Rural de Pernambuco. A liofilização foi realizada em liofilizador (Sp scientific, VirTis Genesis 25 L Pilot) do CENAPESQ (Centro de Apoio à Pesquisa da UFRPE). Para a secagem em leito de jorro utilizou-se o modelo FBDJ 1.0 (LABMAQ do Brasil LTDA) do Laboratório de Agroindústria, do Departamento de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Campina Grande.

As condições de secagem utilizadas para produção de PMAC foram selecionadas em estudos anteriores e estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Condições otimizadas para produção das PMAC em pó por diferentes métodos de secagem.

Condições operacionais	Métodos		
	Atomização	Liofilização	Leito de jorro
Temperatura de secagem (°C)	140	-20	75
Vazão de suspensão (mL/min)	10	-	5
Pressão da câmara (mTorr)	-	500	-
Concentração de agente carreador (%)	14	25	15

6.2.3 Análises Físico-Químicas na PMAC em pó obtida por diferentes métodos de secagem

6.2.3.1 Atividade de água

Realizada com o auxílio do equipamento analisador de atividade de água (Decagon, AQUA LAB - 4TE) a 25°C.

6.2.3.2 Sólidos Solúveis

Determinado com refratômetro digital de marca Reichert (r^2 i300) expresso em °Brix (AOAC, 2002). 1 g de PMAC em pó diluída em 10 mL de água destilada.

6.2.3.3 pH

Analisado por meio de medidas diretas utilizando pHmetro com eletrodo de vidro (AAKER).

6.2.3.4 Acidez Titulável

Realizada por método titulométrico, segundo metodologia descrita pela A.O.A.C (2002). Os resultados expressos em g de ácido cítrico.

6.2.3.5 Razão SS/AT

Determinada mediante divisão dos valores encontrados dos sólidos solúveis com a acidez titulável.

6.2.3.6 Medição de cor

Avaliada em colorímetro (Minolta CR 400, Konica Minolta, Sensing Inc), utilizando-se os padrões de cor do sistema CIELab – “Comission Internationale de L’Eclairage”: L^* (luminosidade) variando do branco ($L=100$) ao preto ($L=0$), a^* caracteriza coloração na região do vermelho ($+a^*$) ao verde ($-a^*$), e b^* indica coloração no intervalo do amarelo ($+b^*$) ao azul ($-b^*$).

A cor instrumental foi determinada na superfície dos produtos finais, o colorímetro foi previamente calibrado com um padrão branco antes de cada análise, operando com fonte de luz uma lâmpada de xenônio, iluminante C ($Y=92.78$; $x=0.3139$; $y=0.3200$), ângulo de observação de 10° e área de medição de 8 mm de diâmetro.

A diferença de cor foi calculada por meio da média da cor (ΔE^*) entre polpa mista *in natura* e o produto em pó, segundo a equação (1):

$$\Delta E^* = (L^* - L_0)^2 + (a^* - a_0^*)^2 + (b^* - b_0^*)^2)^{0.5}$$

[Equação 1]

Onde:

ΔE^* é a diferença total de cor;

L_0^* e L^* : são as luminosidades das amostras de polpa mista *in natura* e do produto em pó, respectivamente;

a_0^* e a^* : são as intensidades da cor vermelha ou verde das amostras de polpa mista *in natura* e do produto em pó, respectivamente;

b_0^* e b^* : são as intensidades da cor amarela ou azul das amostras de polpa mista *in natura* e do produto em pó, respectivamente.

A cromaticidade (C) é a relação entre os valores de a^* e b^* , onde se obtém a cor real do objeto analisado. Foi calculado conforme a equação (2):

$$C = \sqrt{(a^{*2}+b^{*2})}$$

[Equação 2]

Onde:

C: cromaticidade;

a^* : intensidade da cor vermelha ou verde das amostras do produto em pó;

b^* : intensidades da cor amarela ou azul das amostras do produto em pó.

Ângulo de tonalidade (Hue-Angle) é o ângulo formado entre a^* e b^* , indicando a saturação da cor do produto. Para cálculo do ângulo de tonalidade foi utilizada a equação 3:

$$H^\circ = \tan^{-1} b^*/a^*$$

[Equação 3]

Onde:

H° : ângulo de tonalidade;

a^* : intensidade da cor vermelha ou verde das amostras do produto em pó;

b^* : intensidades da cor amarela ou azul das amostras do produto em pó.

6.2.3.1 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DA PMAC EM PÓ OBTIDA POR DIFERENTES MÉTODOS DE SECAGEM

6.2.3.1.1 Densidade Aparente

A densidade aparente foi realizada de acordo com procedimento descrito por Barbosa-Canovas; Juliano (2005) e Caparino et al. (2012) com algumas modificações. Foram transferidas 2 g de amostra para uma proveta graduada de 10 mL, onde o pó foi compactado batendo a proveta 50 vezes sobre a bancada.

A densidade foi calculada de acordo com a Equação (4) e o resultado expresso em g/mL:

$$\rho_{ap} = \frac{m}{V}$$

[Equação 4]

Onde: m - é a massa da amostra (g); V - é o volume total que o pó ocupou na proveta (mL).

6.2.3.1.2 Densidade Absoluta

Determinada por meio de metodologia proposta por Caparino et al. (2012), a 25°C em um picnômetro com termômetro.

6.2.3.1.3 Porosidade Intragranular (ϵ)

Calculada de acordo com a Equação (5):

$$\epsilon = \frac{1 - \rho_{ap}}{\rho_{abs}}$$

[Equação 5]

Onde: ρ_{ap} é a densidade aparente (g/mL) e ρ_{abs} é a densidade absoluta (g/mL) da amostra.

6.2.3.1.4 Solubilidade

Determinada de acordo com a metodologia descrita por Cano-Chauca et al. (2005). Diluindo-se 1 g da amostra em 100 mL de água destilada, seguida de agitação em agitador magnético (Fisatom, modelo 752) durante 5 minutos, formando uma solução aquosa, que em seguida foi centrifugada a 3000 rpm por 5 minutos em centrífuga (Cientec, modelo CT-6000R). Uma alíquota de 25 mL do sobrenadante foi colocada em placa de Petri, esterilizada e previamente pesada e levada para estufa com circulação e renovação de ar (Marconi, modelo MA-035) a 105 °C por 5 h. Ao término do processo a placa foi pesada em balança analítica e a solubilidade obtida através da diferença de peso.

6.2.3.1.5 Higroscopicidade

Determinada de acordo com a metodologia proposta por Cai e Corke (2000), modificada. As amostras, com 1 g cada de polpa em pó, foram colocadas em um recipiente hermético contendo uma solução saturada de NaCl (umidade relativa de

75,29%) a 25 °C e, após uma semana foram pesadas. A higroscopicidade foi expressa como g de umidade adsorvida por 100 g de massa seca da amostra (g/100g).

6.2.3.2 DETERMINAÇÃO DE COMPOSTOS BIOATIVOS NA PMAC EM PÓ OBTIDA POR DIFERENTES MÉTODOS DE SECAGEM

6.2.3.2.1 Ácido Ascórbico

O teor de ácido ascórbico (AA) foi determinado por método titulométrico, utilizando 2,6 diclorofenol indofenol (AOAC, 2002).

6.2.3.2.2 Carotenoides Totais

A determinação do teor de carotenoides totais foi realizada segundo metodologia descrita por Rodriguez-Amaya (1999) e sua quantificação pelo espectro de absorção registrado no comprimento de onda de 450 nm, considerando a expressão matemática descrita por Gross (2004) e o coeficiente de absorção de 2500. Os resultados foram expressos em µg equivalente em β-caroteno por g de amostra.

6.2.3.2.3 Compostos fenólicos totais por Folin-Ciocalteu

Os compostos fenólicos totais foram determinados por método espectrofotométrico, onde a absorbância foi quantificada a 725 nm, utilizando reagente de Follin Ciocalteu (Merck) e água como solvente, segundo metodologia descrita por Wettasinghe e Shahidi (1999). O teor de fenóis totais foi determinado por interpolação da absorbância das amostras contra uma curva de calibração construída com ácido gálico e os resultados expressos em mg em equivalente de ácido gálico por 100 gramas de amostra.

6.2.3.2.4 Retenção de Ácido Ascórbico, Carotenóides Totais e Compostos Fenólicos

Os resultados foram convertidos em termos de retenção, levando em conta a massa seca (m.s.) presente na polpa mista de acerola e ceriguela antes da secagem e desconsiderando a concentração de agente carreador presente no pó.

6.2.3.3 ANÁLISE MICROBIOLÓGICA

As análises microbiológicas foram realizadas no Laboratório de Microbiologia dos Alimentos do Departamento de Tecnologia Rural (DTR) - UFRPE. Foram investigados os seguintes microorganismos indicadores de condições higiênico-sanitárias: Coliformes a 35 °C/g (*Escherichia coli*), Contagem de Aeróbios a 35 °C/g, Bolores e Leveduras a 25 °C/g (BRASIL, 2001). O preparo das amostras, inoculação,

incubação e leitura foram realizadas conforme Guia do fornecedor de placas Petrifilm™ 3M do Brasil LTDA.

6.2.3.4 ANÁLISE SENSORIAL

6.2.3.4.1 Preparo dos refrescos

Realizada no Laboratório de Processamento de Alimentos do Departamento de Ciências Domésticas – UFRPE. O preparo dos refrescos foi realizado com as PMAC em pó, obtidas por diferentes métodos de secagem, e baseou-se na equivalência dos sólidos solúveis (°Brix) da polpa *in natura*. Os refrescos foram preparados diluindo-se 30 g de PMAC em pó em 1 L de água potável. Todos os refrescos foram adoçados com 8% de sacarose, preparados uma hora de antecedência e mantidos a 7 ± 2 °C até o momento de serem servidos aos provadores.

6.2.3.4.2 Recrutamento dos avaliadores

Os candidatos a provadores foram recrutados através de entrevista e foram informados acerca dos objetivos da análise sensorial e do tempo estimado de cada estudo. Em seguida foram levados ao Laboratório de Análise sensorial do Departamento de Ciências Domésticas/UFRPE, e responderam um questionário (Figura 1).

Figura 1. Questionário de participação na análise sensorial

Questionário de Recrutamento

Nome: _____ Idade: _____

Escolaridade: _____ Sexo: () M () F

Existe algum tipo de alimento pelo qual você apresenta intolerância, aversão ou alergia?

Fumante: () SIM () NÃO

Indique se você possui Diabetes:
() SIM () NÃO

Indique o quanto você gosta de cada uma dessas frutas:

	Acerola	Cariquela
Gosto muito	()	()
Gosto ligeiramente	()	()
Nem gosto, nem desgosto	()	()
Desgosto ligeiramente	()	()
Desgosto muito	()	()

Com qual frequência você consome sucos/néctares/refrescos de frutas?

() 3x por semana ou mais
() 1x por semana
() 2x por mês
() 1x por mês
() 1x por ano
() Nunca

Com qual frequência você sucos/néctares/refrescos de acerola e/ou cariquela?

() 3x por semana ou mais
() 1x por semana
() 2x por mês
() 1x por mês
() 1x por ano
() Nunca

Muito Obrigado!

Os indivíduos foram selecionados com base na idade (acima de 18 anos), gozar de boa saúde, frequência de consumo de sucos e refrescos de acerola e/ou ceriguela (ao menos uma vez/mês) e que concordaram em participar do painel de degustadores. Antes da realização da análise, os participantes assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (Anexo1), em conformidade com as normas da Resolução 466/2012, do Conselho Nacional de Saúde. Garantido sigilo para assegurar a privacidade da participação dos sujeitos na pesquisa.

6.2.3.4.3 Testes sensoriais (aceitação, CATA e intenção de compra)

A análise sensorial foi realizada por 102 provadores no laboratório de Análise Sensorial do Departamento de Ciências Domésticas/UFRPE. Os testes foram realizados em cabines individualizadas e climatizadas.

As amostras foram codificadas com números de três dígitos aleatórios, servidas a 7 ± 2 °C, em copos de poliestireno descartáveis de 50 mL, contendo 30 mL de refresco. Foram apresentadas monadicamente, seguindo ordem de apresentação em blocos completos casualizados. Cada avaliador, além do copo contendo o refresco misto de acerola e ceriguela, recebeu as fichas de avaliação, copo com água potável e bolacha de água e sal para limpeza do palato entre as amostras. O teste de aceitação utilizou escala hedônica estruturada de 9 pontos, variando de “desgostei extremamente (1)” a “gostei extremamente (9)”, onde os avaliadores avaliaram de modo global as amostras (Figura 2).

Para realização do teste CATA, foi utilizada uma lista com os atributos sensoriais previamente definidos, baseados em características comuns para sucos e refrescos de acerola e ceriguela. Foram avaliados 24 atributos sensoriais, sendo cinco relacionados à aparência, sete ao aroma, dois à textura e dez ao sabor, todos apresentados em ordem balanceada dentro de cada categoria. Ao avaliador foi solicitado que identificasse os termos percebidos em cada amostra.

O teste de intenção de compra foi investigado empregando-se uma escala estruturada de cinco pontos, variando de “certamente eu não compraria (1)” a “certamente eu compraria (5)”.

6.2.3.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados experimentais da aceitação foram submetidos à análise de variância, seguido de teste de média (Tukey) para checar se houve diferença entre as amostras,

considerando $p < 0,05$, utilizando o *software Assistat* versão 7.7 (UFCG, Paraíba, Brasil) e o *software XLSTAT* (Addinsoft, New York, NY). A frequência de menção de cada termo sensorial foi determinada contando o número de consumidores que usaram aquele referido termo para descrever cada amostra de refresco, gerando, dessa forma a tabela de contingência. Os dados da referida tabela foram submetidos à Análise Fatorial Múltipla (AFM), considerando os dados da aceitação como variável suplementar. O software utilizado foi o *XLSTAT* (Addinsoft, New York, NY).

Figura 2. Ficha utilizada na aplicação dos testes sensoriais




UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

Consumidor: _____ Amostra: _____

Você está recebendo uma amostra de **Refresco obtido a partir de uma mistura de polpa de acerola e ceriguela em pó**. Por favor, *prove* a amostra e avalie o quanto você gostou utilizando a escala abaixo.

desgostei extremamente
 desgostei muito
 desgostei moderadamente
 desgostei ligeiramente
 não gostei e nem desgostei
 gostei ligeiramente
 gostei moderadamente
 gostei muito
 gostei extremamente

Marque todas as palavras/frases que você considera adequada para descrever esse refresco iniciando pela coluna da esquerda:

Cor amarela-alaranjado intenso ()	Sabor de acerola intenso ()
Cor amarela-alaranjado suave ()	Sabor de acerola suave ()
Coloração opaca ()	Sabor de ceriguela intenso ()
Coloração brilhante ()	Sabor de ceriguela suave ()
Homogêneo ()	Acidez típica ()
Aroma de acerola intenso ()	Baixa acidez ()
Aroma de acerola suave ()	Doçura adequada ()
Aroma de ceriguela intenso ()	Doçura elevada ()
Aroma de ceriguela suave ()	Pouco doce ()
Ausência de aroma típico das frutas ()	Sabor residual desagradável ()
Aroma agradável ()	Textura adequada ()
Aroma desagradável ()	Textura "rala" ()

Por favor, indique na escala abaixo se você **compraria** ou **não compraria** este produto. **Marque com um X.**

Certamente eu compraria
 Provavelmente eu compraria
 Talvez eu compraria / Talvez eu não compraria
 Provavelmente eu não compraria
 Certamente eu não compraria

6.2.3.6 DIÂMETRO MÉDIO E DISTRIBUIÇÃO DE TAMANHO

Esta determinação foi realizada na PMAC em pó, selecionada de acordo com o resultado da análise sensorial. Determinada em um aparelho com difração a laser (Microtrac, modelo S3500), disponível no Laboratório Multiusuário de Nanotecnologia do CETENE (Centro de Tecnologias Estratégicas do Nordeste – CETENE), acoplado a um ultrassom comum de bancada para aumentar a dispersibilidade da amostra. O líquido sedimentador utilizado foi o isopropanol, visto que a solubilização das partículas não ocorre nesta substância. Uma pequena quantidade de amostra da PMAC em pó foi dispersa em isopropanol e submetida a leituras de distribuição do tamanho de partículas. O diâmetro médio foi determinado com base no diâmetro médio de uma esfera de mesmo volume, para caracterizar partículas de pó.

6.2.3.7 ATIVIDADE ANTIOXIDANTE

Esta determinação, também, foi realizada na PMAC em pó selecionada de acordo com o resultado da análise sensorial.

6.2.3.7.1 Capacidade de Sequestrar o Radical 1,1-difenil-2-picrilhidrazil (DPPH)

Segundo método descrito por Brand-Williams et al. (1995) modificado por Sanchez-Moreno et al. (1998). Extratos com diferentes concentrações de fenólicos totais adicionados à solução de DPPH em metanol (0,1M), atingindo a concentração final de fenólicos totais de 3; 7 e 12 $\mu\text{g}/\text{mL}^{-1}$. A absorbância a 517nm foi monitorada, em espectrofotômetro (Shimadzu UV-1650PC) até a reação atingir o platô. Os resultados foram expressos em EC_{50} (concentração de extrato em $\mu\text{g}/\text{mL}$ capaz de reagir com 50% do radical presente na solução de DPPH).

6.2.3.7.2 Capacidade de Sequestrar o Radical ABTS (2,2'-azino-bis-3-etilbenzotiazolin-6-ácido sulfônico)

Segundo o método descrito por RE et al. (1999). Os extratos com diferentes concentrações de fenólicos totais foram adicionados a solução do ABTS^{+*} e a absorbância registrada, em comprimento de onda de 734nm, após 6 minutos em espectrofotômetro (Shimadzu UV-1650PC). A capacidade antioxidante da amostra foi calculada em relação à atividade do antioxidante sintético Trolox (6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcromo-2-ácido carboxílico), nas mesmas condições, e os resultados expressos em equivalente a capacidade antioxidante do TROLOX ($\mu\text{M TEAC} \cdot \text{g}^{-1}$).

6.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.3.1 Caracterização físico-química, física e quantidade de compostos bioativos das polpas mistas de acerola e ceriguela obtidas por diferentes métodos de secagem

As polpas mistas de acerola e ceriguela em pó foram obtidas utilizando as condições de secagem otimizadas. Na Tabela 2 estão apresentados os resultados da caracterização físico-química e física das polpas mistas de acerola e ceriguela (60% acerola e 40% ceriguela) atomizada, liofilizada e em secador tipo leito de jorro.

Tabela 2. Caracterização físico-química e física das polpas mistas de acerola e ceriguela (60% acerola e 40% ceriguela) atomizada, liofilizada e em secador tipo leito de jorro

Parâmetros	Atomizada	Liofilizada	Leito de jorro
Físicos			
Densidade aparente (g/mL)	0,34 ^a ± 0,01	0,32 ^a ± 0,00	0,33 ^a ± 0,01
Densidade absoluta (g/mL)	1,08 ^a ± 0,01	1,08 ^a ± 0,01	1,08 ^a ± 0,02
Porosidade intragranular (%)	61,34 ^a ± 1,71	62,76 ^a ± 0,33	61,68 ^a ± 2,18
Solubilidade (%)	91,42 ^a ± 1,91	90,53 ^a ± 1,68	89,00 ^a ± 0,97
Higroscopicidade (g/100g ⁻¹)	19,97 ^a ± 0,74	16,04 ^c ± 0,02	17,57 ^b ± 0,13
Físico-químicos			
Aw	0,17 ^b ± 0,03	0,19 ^b ± 0,01	0,32 ^a ± 0,01
Umidade	2,89 ^c ± 0,12	4,51 ^b ± 0,15	5,49 ^a ± 0,03
Sólidos solúveis (°Brix)	8,64 ^a ± 0,30	7,83 ^a ± 0,30	7,80 ^a ± 0,40
pH	3,42 ^a ± 0,06	3,35 ^a ± 0,04	3,40 ^a ± 0,07
Acidez (g/100g ácido cítrico)	0,36 ^a ± 0,02	0,34 ^a ± 0,03	0,32 ^a ± 0,01
Razão SS/AT	23,65 ^a ± 2,13	23,10 ^a ± 1,15	23,62 ^a ± 0,64

*Média da triplicata ± desvio padrão

Médias nas linhas seguidas por letras iguais não diferem significativamente entre si (p > 0,05), pelo teste de Tukey.

A densidade aparente é a razão entre a massa e o volume do sólido englobando os espaços vazios. Quanto mais pesado o material, mais facilmente este se acomoda nos

espaços entre as partículas, ocupando menor volume e resultando, assim, em maior densidade. Enquanto que a densidade absoluta corresponde a real densidade do sólido e não considera os espaços presentes entre as partículas (TONON et al., 2010). Na Tabela 2 observa-se que a densidade aparente e absoluta não diferiram ($p>0,05$) nas PMACs obtidas pelos diferentes métodos de secagem. Valores superiores de densidade aparente foram obtidos por Jafari et al. (2017) estudando romã atomizado.

A porosidade intragranular é uma propriedade fundamental para as microcápsulas, expressa a razão de espaços vazios em relação ao volume total do material, desempenhando papel relevante no controle da taxa de reidratação e na reconstituição de produtos secos (ISLAM et al., 2017; SANTANA et al., 2013). Os valores de porosidade intragranular para as PMAC obtidas pelos três métodos de secagem também não diferiram significativamente ($p>0,05$) (Tabela 2). Estes valores foram inferiores ao obtido por Tonon et al. (2011) em açaí em pó e superiores ao reportado por Caparino et al. (2012) em manga em pó.

A densidade e a porosidade das partículas são propriedades físicas importantes para a estabilidade dos pós durante o armazenamento. Pó com alta porosidade e baixa densidade de partículas apresenta muitos espaços vazios com maior presença de oxigênio, que pode desencadear reações de oxidação. O que pode provocar uma degradação mais rápida do composto protegido, no caso da PMAC, o ácido ascórbico e os compostos fenólicos. Além disso, pós com alta densidade de partículas e baixa porosidade têm menor volume (ZOTARELLI et al.; 2017).

A solubilidade é definida como sendo a capacidade de um determinado material se dissolver em um solvente, em condições de equilíbrio. Isto depende principalmente da composição química do pó e do seu estado físico. Para consumidores, reconstituição rápida e completa de produtos em pó é um dos principais indicadores de qualidade. Solubilidade de pós pode ser afetada por muitos parâmetros, como composição inicial da matéria-prima a ser seca, os agentes carreadores, taxas de fluxo de ar comprimido e baixas taxas de alimentação (LIU et al., 2010; JAFARI et al., 2017). Os três métodos de secagem estudados produziram PMACs em pó com alta solubilidade, em torno de 90% (Tabela 2), não havendo diferença significativa ($p>0,05$). Isto é desejável para polpas em pó, tendo em vista que muitas vezes as mesmas irão ser solubilizadas em matrizes alimentares fluidas ou pastosas, como emulsões, produtos lácteos ou sorvetes. O tipo de agente carreador adicionado ao produto influencia diretamente na solubilidade dos pós. A maltodextrina é o mais utilizado devido a suas propriedades físicas, dentre as quais

está sua elevada solubilidade em água (CANO-CHAUCA et al., 2005). Dessa forma, explica-se a elevada solubilidade encontrada nas PMACs em pó obtidas pelos diferentes métodos de secagem. Vários autores (SILVA et al., 2014; CEBALLOS et al., 2012; MURALI et al., 2014) utilizando maltodextrina na secagem de diferentes frutas também obtiveram elevada solubilidade, na faixa de 80,28 a 94,23%, respectivamente.

Uma das propriedades importantes a ser estudada nos alimentos em pó é a higroscopicidade, a qual consiste na capacidade que certos materiais possuem de absorver água. A higroscopicidade é influenciada pelo conteúdo de umidade do próprio produto. No caso de pós de frutas, os açúcares (sacarose, glicose e frutose) são responsáveis por fortes interações com a molécula de água em razão dos terminais polares presentes nessas moléculas (JAYA; DAS, 2004). A adsorção de água por um alimento em pó depende do tempo de exposição à condição de alta umidade. Portanto, essa variável pode ser facilmente controlada com uso de embalagens adequadas.

Neste estudo, os valores para higroscopicidade diferiram significativamente entre os três métodos de secagem. A PMAC liofilizada apresentou o menor valor ($16,04\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$) (Tabela 2). Este método foi o que utilizou maior concentração de agente carreador. Ferrari et al. (2012) afirmam que a maltodextrina é um material com baixa higroscopicidade, reduzindo a capacidade de adsorção de água dos produtos desidratados. Segundo Chegeni; Ghobadian (2005) o uso da maltodextrina promove o aumento da temperatura de transição vítrea (T_g) e conseqüente redução do comportamento pegajoso e higroscopicidade dos pós, que geralmente estão atribuídos à elevada concentração de açúcares e baixa temperatura de T_g . Mishra et al. (2017) e Tonon et al. (2011) estudando secagem de frutas utilizando maltodextrina obtiveram valores próximos ao encontrado neste estudo. Estes autores concluíram que a higroscopicidade dos pós aumenta com o aumento da temperatura, pois quanto maior a temperatura, menor a umidade do pó e maior sua capacidade de absorver umidade do ambiente.

A PMAC que apresentou maior a_w foi aquela obtida em secador leito de jorro 0,32 (Tabela 2). A temperatura utilizada neste método de secagem foi 75°C , a qual dificultou o processo de secagem, principalmente à presença de açúcares nas frutas de baixo peso molecular, que podem ter favorecido a caramelização. Os açúcares ficaram na parede da câmara do secador durante o processo, levando o baixo rendimento e problemas operacionais. Impactando na qualidade do produto final, que apresentou alta

aw em relação às PMAC obtidas por atomização e liofilização. A taxa de evaporação foi superior na atomização cuja temperatura empregada foi de 140°C.

A PMAC atomizada apresentou umidade de 2,89%, com redução de 96,00% de água. O objetivo principal da redução do teor de água de alimentos é a diminuição nas taxas de alterações microbiológicas e nas alterações químicas. A RDC nº272 de 22 de setembro de 2005 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) preconiza que produtos de frutas secas ou desidratadas devem apresentar no máximo 25% de umidade, sendo este um fator protetor ao desenvolvimento de micro-organismos deteriorantes e patogênicos (BRASIL, 2005). Além de que valores baixos de atividade de água também são necessários para assegurar a estabilidade dos pós, tendo em vista que impedem a aglomeração, a qual tem início com a união de partículas molhadas, dificultando o escoamento do pó e sua dispersão.

Os valores do pH e acidez nas PMAC obtidas pelos diferentes métodos de secagem não apresentaram diferença significativa ($p > 0,05$) (Tabela 2). Segundo Oliveira et al. (2006) a maltodextrina reduz a concentração dos ácidos orgânicos, como consequência a acidez diminui, e ocorre o aumento da razão SS/AT.).

De acordo com a Tabela 2 as PMACs atomizada e liofilizada apresentaram características próximas, isto é, elevada solubilidade, baixa aw e umidade, e não apresentarem diferença significativa entre os valores de pH, sólidos solúveis, acidez e razão SS/AT.

Os produtos desidratados além de apresentarem vantagens para a saúde dos consumidores devido ao elevado teor de compostos bioativos precisam apresentar aspectos atraentes (JAFARI et al., 2017). A cor de produtos em pó é um fator crucial na aceitação pelos consumidores, mesmo que seja utilizado como ingrediente em outras matrizes alimentícias. Na Tabela 3 estão apresentados os parâmetros colorimétricos para as PMAC em pó obtidas pelos diferentes métodos de secagem.

Tabela 3. Parâmetros colorimétricos das PMACs (60% acerola e 40% ceriguela) em pó obtidas pelos diferentes métodos de secagem.

Parâmetros colorimétricos	Atomizada	Liofilizada	Leito de jorro
L*	85,38 ^b ± 0,19	83,71 ^c ± 0,14	90,34 ^a ± 0,11
a*	10,53 ^a ± 1,46	6,13 ^b ± 0,10	1,58 ^c ± 0,09
b*	20,46 ^b ± 0,98	30,28 ^a ± 0,40	17,37 ^c ± 0,18
Diferença de cor (ΔE^*)	39,91 ^b ± 0,38	32,84 ^c ± 0,74	43,51 ^a ± 0,26
C	23,05 ^b ± 0,50	30,89 ^a ± 0,40	17,44 ^c ± 0,18
H°	66,39 ^c ± 0,17	78,54 ^b ± 0,17	84,30 ^a ± 0,27

Onde: L=luminosidade; a= intensidade da cor vermelha; b= intensidade da cor amarela; C=cromaticidade e H°=ângulo de tonalidade.

*Média da triplicata ± desvio padrão

Médias nas linhas seguidas por letras iguais não diferem significativamente entre si ($p > 0,05$), pelo teste de Tukey.

A PMAC obtida por secagem em leito de jorro apresentou maior luminosidade 90,34 (Tabela 3). O parâmetro L* diferiu significativamente entre todos os métodos de secagem. As PMACs em pó apresentaram valores elevados de L entre 83,71 e 90,34 (Tabela 3), provavelmente devido à adição de maltodextrina como agente encapsulante que possui coloração branca e age como um “diluyente” dos pigmentos nos pós (FERRARI et al., 2012; TONON et al., 2011).

Os valores das coordenadas a* e b* apresentaram diferença significativas entre as PMACs em pó. A PMAC atomizada apresentou maior valor da coordenada a* (10,53), ou seja, maior intensidade de vermelha, e a PMAC liofilizada maior valor da coordenada b* (30,28), ou seja, maior intensidade de amarelo entre as PMACs em pó. A adição de maltodextrina (coloração branca) pode ter contribuído para diminuição dos valores de a* e b*.

A diferença de cor (ΔE) apresentou-se menor na PMAC liofilizada (32,84%), enquanto que as PMACs obtidas pelos métodos de secagem com temperaturas mais elevadas, como atomização e leito de jorro apresentaram ΔE de 39,91% e 43,51%, respectivamente. Jafari et al. (2017) afirmam que maior relação superfície de contato com a amostra, tendem a favorecer a oxidação do pigmento e, no caso da secagem por leito de jorro e atomizador, estas condições são intensificadas por elevadas temperaturas e velocidades de alimentação ao secador. Valores de ΔE superiores ao presente estudo foram constatados por Ceballos et al. (2012) e Murali et al. (2014), estudando graviola e cenoura preta liofilizadas, respectivamente. A liofilização evita mudanças de cor em

alimentos secos em comparação com outras técnicas de secagem, devido a temperatura utilizada no processo (BARBOSA et al., 2015).

A cromaticidade obtida para a PMAC liofilizada (30,89) foi mais elevada em relação às PMACs obtidas pelos dois outros métodos de secagem estudados (Tabela 3). Vários autores (BARBOSA et al. (2015), CEBALLOS et al. (2012) e FUJITA et al. (2013) utilizando maltodextrina na secagem de laranja, graviola e camu-camu, respectivamente, obtiveram valores para cromaticidade na faixa de 7,07 a 26,92, respectivamente.

Os valores do ângulo de tonalidade correspondem às regiões de vermelho (0 °) a cor amarela (90 °) (BARBOSA et al., 2015). As PMACs obtidas pelos diferentes métodos de secagem apresentaram ângulos >70°. Portanto caracteriza-se como um produto cuja cor amarela é mais intensa. A adição de maltodextrina (coloração branca) contribui para a diminuição da cromaticidade e ângulo de tonalidade (Caparino et al., 2012).

Os antioxidantes são os principais responsáveis pelos efeitos benéficos do consumo diário das frutas e hortaliças. Para a inibição da produção de radicais livres, utilizam-se antioxidantes, substâncias que, presentes em baixas concentrações, se comparadas ao substrato, retardam significativamente ou inibem a oxidação do mesmo. Entre os produtos naturais com atividade anti-radical livre, encontram-se ácido ascórbico e numerosos compostos fenólicos (AGUDELO et al., 2017; CHEN et al., 2014). Na Tabela 4 são apresentados os dados dos compostos bioativos das PMACs obtidas por diferentes métodos de secagem.

Tabela 4. Compostos bioativos das PMACs obtidas por diferentes métodos de secagem.

Retenção de Compostos Bioativos	Atomização	Liofilização	Leito de jorro
Ácido Ascórbico (%)	76,86 ^b ± 1,16	93,65 ^a ± 1,67	60,24 ^c ± 0,68
Carotenoides Totais (%)	33,40 ^b ± 2,85	45,00 ^a ± 0,62	22,13 ^c ± 0,28
Compostos fenólicos totais (%)	48,13 ^c ± 0,78	66,90 ^a ± 2,72	61,50 ^b ± 0,80

*Média da triplicata ± desvio padrão

Médias nas linhas seguidas por letras iguais não diferem significativamente entre si ($p > 0,05$), pelo teste de Tukey.

As partículas produzidas por liofilização apresentaram maior retenção de ácido ascórbico (93,65%), seguidas pelas amostras produzidas por atomização (76,86%) e leite de jorro (60,24%) (Tabela 4). Devido ao uso de temperatura baixa (-20 °C) ocorreu menor degradação do AA no processo de secagem por liofilização.

A retenção de ácido ascórbico na PMAC atomizada foi superior a da PMAC obtida em leite de jorro, embora a temperatura utilizada na secagem por atomização ter sido de 140°C, enquanto que na secagem em leite de jorro, foi de 75°C. Na secagem em leite de jorro ocorreu a caramelização dos açúcares presentes nas frutas, causando o acúmulo de polpa na câmara de secagem, o que contribuiu para perda de compostos bioativos, em consequência dos baixos pontos de transição vítrea (Tg), devido ao alto teor de sacarose (62 °C), frutose (5 °C) e glicose (32 °C). Eles podem ficar na parede da câmara do secador durante a secagem, levando ao baixo rendimento do produto e problemas operacionais (JAFARI et al., 2017).

A PMAC liofilizada apresentou maior retenção de carotenoides totais (45,00%). Os carotenoides são compostos sensíveis a diversos fatores, entre eles, altas temperaturas. Assim, temperaturas mais baixas causam menor degradação destes compostos (RODRIGUEZ-AMAYA et al., 2010). A PMAC liofilizada foi produzida utilizando 25% de agente carreador, isto pode ter contribuído na proteção dos compostos, enquanto que na secagem em leite de jorro e em atomizador, foi utilizado (15%). Embora o aumento do teor de maltodextrina provoque certa “diluição” dos pigmentos do produto (TONON et al, 2011). Isso comprova a eficácia da liofilização como método de secagem e da maltodextrina como agente encapsulante na retenção dos compostos de interesse, dentre os métodos estudados.

A PMAC liofilizada apresentou maior retenção de compostos fenólicos (66,90%), enquanto que a PMAC atomizada menor retenção (48,13%) (Tabela 4). Krishnaiah et al. (2012) afirmam que o aumento de concentração de maltodextrina é favorável a obtenção de um total elevado de compostos fenólicos. Ramírez et al. (2015) estudando estabilidade de frutas encapsuladas por liofilização e atomização, observaram maior retenção de compostos fenólicos nas frutas liofilizadas que utilizaram 20% de concentração de agente encapsulante.

6.3.1.1 Análises Microbiológicas

Entre vários parâmetros que determinam a qualidade de um alimento, os mais importantes, são sem dúvida, aqueles que definem suas características microbiológicas.

Assim, os resultados da análise microbiológica das PMACs obtidas pelos diferentes métodos de secagem estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5. Resultados das análises microbiológicas para PMACs obtidas pelos diferentes métodos de secagem.

Parâmetros	Atomização	Liofilização	Leito de jorro
Coliformes a 35°C (NMP g⁻¹)*	Ausente	<10	<10
Contagem de Aeróbios (UFCg⁻¹)**	Ausente	<10	<10
Bolores e Leveduras (UFCg⁻¹)**	<10	<10	<10

* NMP g⁻¹ = Número mais provável por grama de amostra; ** UFC = Unidade Formadora de Colônias por grama de amostra.

Os resultados obtidos nas contagens de Coliformes a 35 °C demonstram que as PMAC em pó encontram-se dentro dos padrões estabelecidos pelo regulamento técnico RDC 12/2001 – ANVISA (BRASIL, 2001).

A contagem de aeróbios é o método mais utilizado como indicador geral de populações bacterianas em alimentos. Não diferencia tipos de bactérias, sendo utilizada para se obter informações gerais sobre a qualidade do produto (WELKE *et al.*, 2009). Baixa contagem desse grupo presente nas PMACs obtidas pelos diferentes métodos de secagem (Tabela 5) é indicativo do uso de matérias-primas de boa qualidade e processamento satisfatório, sob o ponto de vista sanitário.

A contagem de bolores e leveduras é aplicável principalmente na análise de alimentos ácidos (pH < 4,5) e baixa atividade de água, nos quais a presença elevada é indicativo de falhas ao longo do processamento, comprometendo a vida útil do produto. Segundo Welke *et al.* (2009), altas contagens de bolores e leveduras indicam sanitização deficiente no processamento do alimento ou uma seleção mal feita da matéria-prima introduzindo produtos contaminados. As PMACs obtidas pelos diferentes métodos de secagem apresentaram condições higiênico-sanitárias satisfatórias (Tabela 5), estando aptas para o consumo humano, sem apresentarem riscos de saúde pública.

6.3.1.2 Perfil dos consumidores

O critério utilizado para selecionar o painel sensorial baseou-se na frequência de consumo das frutas (acerola e/ou ceriguela) *in natura* e na forma de refrescos. O perfil dos 102 consumidores em relação ao gênero, grau de escolaridade, ser fumante ou não e faixa etária está apresentado na Tabela 6.

Tabela 6. Perfil dos consumidores

Perfil dos consumidores	Porcentagem (%)
Gênero	
Masculino	45,10
Feminino	54,90
Faixa etária	
18 a 30	67,65
31 a 50	23,53
Acima de 50	8,82
Fumante	
Sim	11,76
Não	88,24
Escolaridade	
Ensino Médio	5,88
Ensino Superior Incompleto	59,80
Ensino Superior Completo	12,75
Pós-graduados	21,57

Em relação ao gênero, o perfil feminino predominou, sendo 54,90% dos provadores e 45,10% do sexo masculino. A participação de ambos os sexos é importante devido suas diferenças na percepção gustativa, uma vez que as mulheres apresentam maior sensibilidade nas papilas gustativas e percebem de forma mais acentuada o gosto de uma bebida ou alimento (KESKITALO *et al.*, 2009). O questionário respondido pelos avaliadores apresentava perguntas referentes ao consumo de acerola e ceriguela *in natura* e seus derivados, cujas respostas estão nas Figuras 3 e 4.

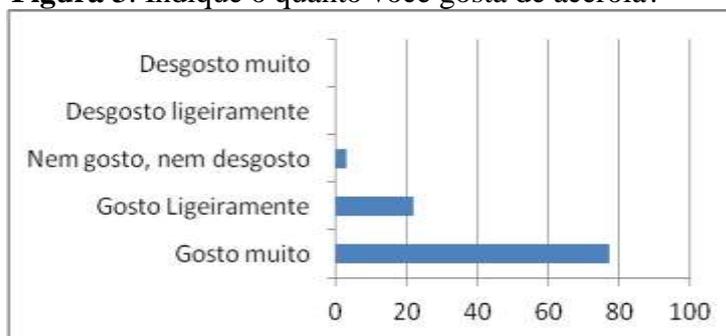
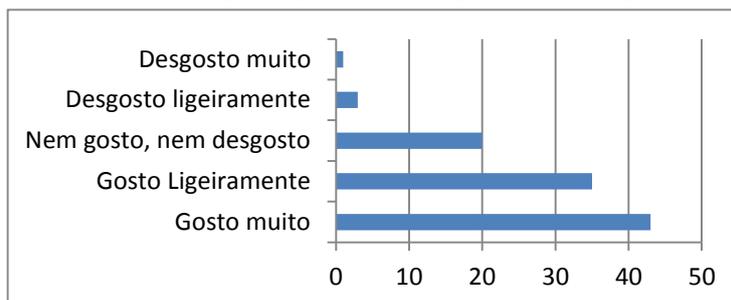
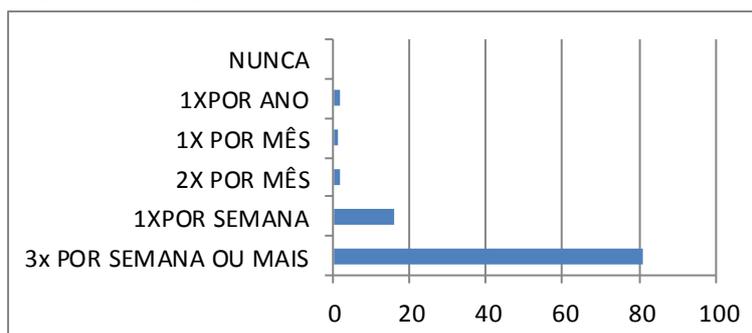
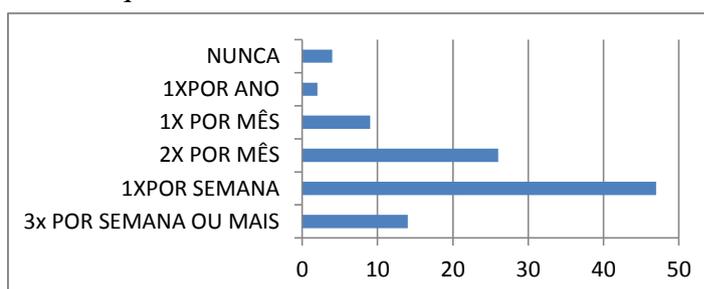
Figura 3. Indique o quanto você gosta de acerola?

Figura 4. Indique o quanto você gosta de ceriguela?

A Figura 5 representa o consumo de sucos ou néctares de frutas pelos avaliadores da equipe sensorial. A maioria dos provadores respondeu que consome sucos de frutas três vezes ou mais por semana (79,41%); uma vez por semana (15,68%). Já a Figura 6 representa o consumo de sucos de acerola, e 46,10% responderam que consomem uma vez por semana, enquanto 25,50% duas vezes ao mês.

Figura 5. Frequência do consumo de sucos de frutas**Figura 6.** Frequência do consumo de sucos de frutas de acerola e/ou ceriguela

6.3.1.3 Avaliação por consumidores – Perguntas CATA

Com relação à aceitação global, os dados são apresentados na Tabela 7, e revelam que não houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre os refrescos elaborados com as PMACs obtidas pelos métodos de secagem por atomização e leite de jorro. No

entanto a amostra de refresco elaborado com a PMAC liofilizada diferiu significativamente dos demais refrescos, com maior aceitação. No geral, as médias de aceitação (Tabela 7) situaram-se na faixa entre o 5 e o 7, que correspondem a “gostei moderadamente”.

Tabela 7. Média da aceitação* dos refrescos elaborados com pós mistos de acerola e ceriguela obtidos por diferentes métodos de secagem (n = 102)

Amostra (Método de secagem)	Aceitação
A (Liofilização)	6,52 ^a ± 1,21
B (Atomização)	5,71 ^b ± 1,78
C (Leito de jorro)	5,63 ^b ± 1,73

Média ± desvio padrão. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente ($p > 0,05$), pelo teste de Tukey.

*Avaliada em escala hedônica estruturada de 9 pontos, variando de 1: desgostei extremamente a 9: gostei extremamente.

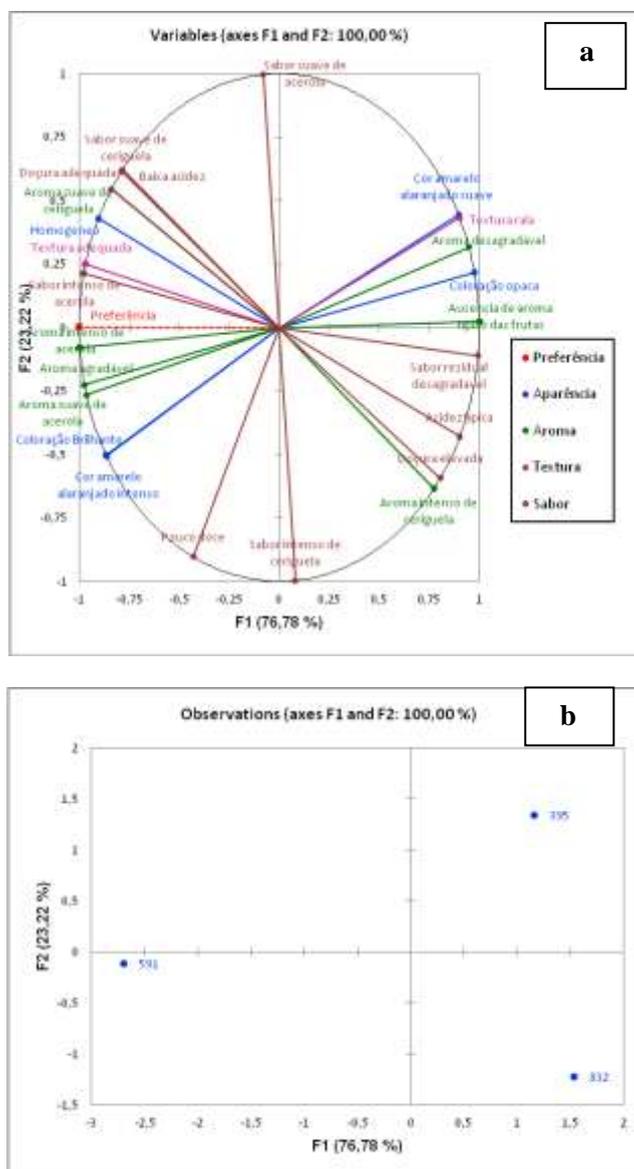
A Tabela 8 mostra a frequência de cada um dos termos do CATA utilizada para descrever as amostras pelos provadores. Verificou-se que os 24 atributos sensoriais foram marcados para as três amostras de refrescos mistos de acerola e ceriguela. Os termos menos citados no estudo foram “aroma desagradável”, com 29 menções dentre os três refrescos, e “aroma de ceriguela intenso”, com 30 menções. Os termos mais assinalados foram “baixa acidez”, com 206 citações, “cor amarela-alaranjado suave”, com 182 citações, e “aroma agradável”, com 172 citações.

Tabela 8. Frequência de utilização dos atributos na análise CATA pelos consumidores para os refrescos mistos de acerola e ceriguela reconstituídos com os diferentes pós mistos obtidos por secagem por atomização, liofilização e leite de jorro.

Atributos	Amostras		
	Atomizado	Liofilizado	Leite de jorro
Cor Amarela-alaranjado intenso	17	40	27
Cor amarela-alaranjado suave	68	52	62
Coloração opaca	48	28	45
Coloração brilhante	30	46	37
Homogêneo	53	55	51
Aroma de acerola intenso	8	19	8
Aroma de acerola suave	52	62	54
Aroma de ceriguela intenso	9	7	14
Aroma de ceriguela suave	44	49	36
Ausência de aroma típico de frutas	29	14	30
Aroma agradável	50	69	53
Aroma desagradável	13	5	11
Sabor de acerola intenso	15	29	9
Sabor de acerola suave	56	49	52
Sabor de ceriguela intenso	10	12	14
Sabor de ceriguela suave	57	61	48
Acidez típica	14	13	15
Baixa acidez	70	73	63
Doçura adequada	52	57	44
Doçura elevada	17	14	23
Pouco doce	27	28	28
Sabor residual desagradável	17	5	20
Textura adequada	48	54	45
Textura rala	45	34	41

A Figura 7 encontra-se o gráfico resultante da Análise Fatorial Múltipla (AFM). Os dois primeiros fatores explicam 100,00% da variância total dos dados, permitindo discriminação relevante das amostras em função dos atributos avaliados, de acordo com Piclin et al. (2008).

Figura 7. Análise Fatorial Múltipla (AFM) dos dados do CATA. (a) Representação dos termos usados para descrever os três refrescos elaborados com as polpas mistas de acerola e ceriguela obtidas pelos diferentes métodos de secagem (Atomização, liofilização e leito de jorro) e sua aceitação e (b) representação dos refrescos obtidos pelas PMACs.



Onde: 395=Atomizado; 591= Leito de jorro e 832=Liofilizado.

O primeiro fator (F1) explicou 76,78% da variância, sendo a parte positiva do eixo representada por “cor amarela-alaranjado suave”, “textura rala”, “aroma desagradável”, “coloração opaca”, “ausência de aroma típico das frutas”, “sabor residual desagradável”, “acidez típica”, “doçura elevada” e “aroma intenso de ceriguela”. A parte negativa do eixo representada pela preferência e pelos atributos “sabor suave de ceriguela”, “baixa acidez”, “doçura adequada”, “aroma suave de ceriguela”, “homogêneo”, “textura adequada”, “sabor intenso de acerola”, “aroma intenso de

acerola”, “aroma agradável”, “aroma suave de acerola”, “coloração brilhante” e “cor amarelo alaranjado intenso”. A segunda dimensão (F2) explicou 23,22% da variância, com a parte positiva do eixo relacionada ao atributo “sabor suave de acerola”, e a parte negativa do eixo foi caracterizada pelas características “pouco doce” e “sabor intenso de ceriguela”.

Os atributos que formaram entre si ângulo $>90^\circ$ são considerados opostos, ou seja, não possuem correlação. Observa-se que o atributo cor amarela-alaranjado suave e coloração brilhante (Figura 7a) são opostos, assim como, os atributos “aroma agradável” e “aroma desagradável”, e “doçura adequada” e “doçura elevada” entre outros. Os atributos que formaram entre si ângulo $<90^\circ$ são considerados complementares, e que apresentam relação um para com o outro. Na Figura 7 (a) observa-se que os atributos “textura rala” e “coloração opaca”, “aroma intenso de acerola” e “sabor intenso de acerola”, “doçura adequada” e “baixa acidez” são alguns dos atributos complementares apresentados.

A AFM além de identificar as relações entre os termos e as amostras e mostrar o mapa sensorial, é capaz de equilibrar a influência de cada variável e de comparar vários conjuntos de dados (LE et al., 2003). Pode-se observar que a análise foi capaz de separar as amostras de refrescos elaborados com as PMACs obtidas por diferentes métodos de secagem em dois grupos, indicando diferentes qualidades. Conforme a Figura 7(b), a amostra liofilizada (A) foi caracterizada pelos atributos positivos em relação ao fator 1 e negativamente aos atributos relacionados ao fator 2, além da variável “preferência”.

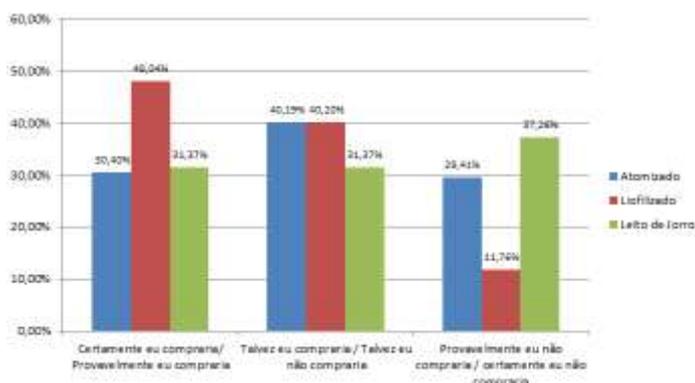
Como foi visto acima a retenção dos compostos bioativos foi superior na PMAC liofilizada (Tabela 4), isso explica porque o refresco elaborado com a PMAC liofilizada foi caracterizado pelos atributos positivos e que representam qualidade ao produto e indicam a aceitação pelos avaliadores. Estes compostos são responsáveis pelas características do pó e como consequência do refresco – na cor, adstringência, sabor e corpo (LÓPEZ-MIRANDA et al., 2016).

Na Figura 7(b) observa-se que os refrescos elaborados com a PMAC atomizada (B) e com a PMAC obtida em leite de jorro (C) permaneceram em um mesmo conjunto, confirmando características semelhantes, sendo caracterizadas pelos atributos que não denotam qualidade (coloração opaca, ausência de aroma típico das frutas, textura rala, aroma desagradável, sabor residual desagradável), opostos à aceitação dos avaliadores e que correspondem positivamente ao fator 1. Percebe-se que a adição de maltodextrina

na concentração de 25% não influenciou nas características sensoriais da polpa mista de acerola e ceriguela liofilizada. O atributo coloração opaca, pode ser explicado devido ao ΔE da PMAC atomizada (39,91%) e em leite de jorro (43,51%) terem apresentado valores elevados, conforme Tabela 3.

Quanto à intenção de compra (Figura 8), a maioria dos prováveis consumidores certamente ou provavelmente compraria os refrescos elaborados com as PMACs obtidas pelos diferentes métodos de secagem. O refresco elaborado com a PMAC liofilizada apresentou a maior intenção de compra, 48,04% disseram que certamente ou provavelmente comprariam. Compreender as necessidades e as expectativas dos prováveis consumidores é fundamental para uma introdução bem sucedida e sustentável de novos produtos no mercado (VANHONACKER *et al.*, 2013). A liofilização é considerada o mais adequado método de secagem para preservar compostos que apresentam valor nutricional e atividade antioxidante de frutas, compostos responsáveis pela cor, sabor e aroma do produto (CEBALLOS *et al.*, 2012).

Figura 8. Intenção de compra dos provadores para os refrescos elaborados com as PMACs obtidas por diferentes métodos de secagem (Atomização, liofilização e leite de jorro).



A análise da Figura 8 permite confirmar que o refresco elaborado com a PMAC liofilizada apresentou a maior intenção de compra. No tocante às atitudes que indicam indecisão, “talvez compraria/talvez não compraria”, os valores apresentados foram 40,19% e 40,20% para os refrescos elaborados com a PMAC atomizada e liofilizada, respectivamente. Ao mesmo tempo, verificou-se que as atitudes de recusa ao produto, “certamente não-compraria” e provavelmente não compraria”, foi maior para o refresco elaborado com a PMAC em leite de jorro (37,26%).

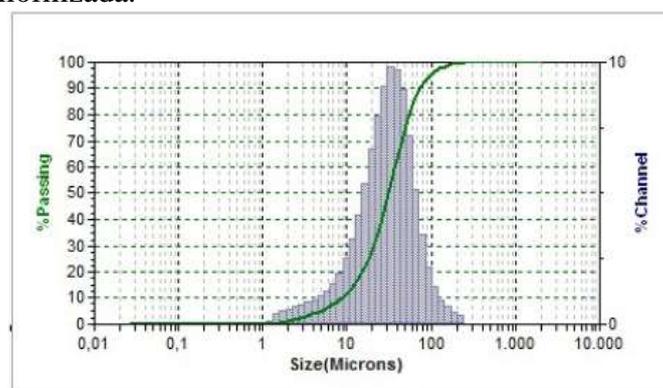
6.3.2 Caracterização física e potencial antioxidante da polpa mista de acerola e ceriguela liofilizada

O refresco elaborado com a PMAC liofilizada obteve a melhor aceitação de acordo com os resultados da análise sensorial e, portanto, foi submetida à caracterização física e a determinação do potencial antioxidante desta polpa.

6.3.2.1 Distribuição do Tamanho de Partículas

O diâmetro médio das partículas da PMAC liofilizada foi expresso com base no diâmetro médio de Brouckere, que se baseia no diâmetro de uma esfera com volume equivalente. A Figura 9 apresenta o gráfico com a distribuição do tamanho de partículas.

Figura 9. Distribuição do tamanho de partículas da polpa mista de acerola e ceriguela liofilizada.



O diâmetro médio das partículas indica o ponto central em torno do qual gira a frequência de volume da distribuição. As partículas de acerola e ceriguela liofilizada apresentaram diâmetro médio de 17,01 μm , com distribuição modal, ou seja, apenas um pico distinto representando um tamanho predominante (Figura 9). Valor dentro do encontrado por Tonon *et al.* (2011) ao estudarem açaí em pó, com diâmetro médio entre 13 a 21 μm .

Segundo Tonon *et al.* (2010) a presença de partículas de diâmetros $>10 \mu\text{m}$ tendem a iniciar um possível processo de aglomeração, enquanto que a presença de partículas $<10 \mu\text{m}$ é interessante, uma vez que podem penetrar entre os espaços causados pelas partículas maiores, e assim ocupar um volume menor. Nesse estudo, as partículas apresentaram diâmetro maior resultando em tendências a aglomerações. A concentração de agente carreador (25%) levou à produção de partículas com maior

diâmetro ($>10 \mu\text{m}$), o que está relacionado à viscosidade da mistura, que aumenta exponencialmente com a concentração de maltodextrina.

6.3.2.2 Atividade Antioxidante

Diversos são os mecanismos de ação antioxidante dos compostos fenólicos, entre esses estão: doação de átomo de hidrogênio de um grupamento hidroxila do anel aromático aos radicais livres, atuando como agentes redutores, sequestrando radicais, quelando metais divalente, além de inibir a atividade de enzimas oxidativas entre outros, e assim reduzindo o dano oxidativo no organismo (JARA-PALACIOS et al., 2015; LAJILI et al., 2016).

Segundo a literatura, quanto menor for o valor de EC50, maior será a atividade antioxidante, visto que o mesmo é inversamente proporcional à capacidade antioxidante (BRAND-WILLIAMS et al., 1995). Assim, evidencia-se que o extrato da PMAC liofilizada com EC50 de $8,97 \mu\text{g}/\text{mL}^{-1}$ apresentou importante capacidade de sequestro do radical. Fujita et al. (2013) estudando secagem de polpa de camu-camu, utilizando diferentes métodos, observaram que a polpa liofilizada apresentou maior atividade antioxidante que a polpa desidratada em leito de jorro. Confirma-se a importância do método de secagem utilizado, liofilização, na eficiência do processo para obtenção de um produto com potencial antioxidante. Melo et al. (2008) constataram que os extratos aquosos das polpas de acerola e goiaba possuem forte atividade em sequestrar o radical DPPH. Frente à ação antioxidante exibida, as frutas podem ser apontadas como boas fontes de antioxidantes naturais que podem ser mais efetivas e econômicas na proteção do organismo contra os danos oxidativos.

A capacidade antioxidante equivalente ao Trolox (TEAC) é um ensaio baseado na capacidade do antioxidante de capturar o radical $\text{ABTS}^{\bullet+}$ por reação de transferência de elétron e/ou de hidrogênio, que é medida pelo decréscimo da absorbância a 734 nm (CRAFT et al., 2012). A PMAC liofilizada apresentou elevado potencial antioxidante $541,96 \text{ mM de Trolox}/\text{g}^{-1}$. Elevados valores de TEAC demonstram elevada capacidade antioxidante, uma vez que a ação anti-radical está diretamente relacionada ao valor de TEAC. Em estudo realizado com frutos pertencentes à família Myrtaceae (PEREIRA et al., 2012), como goiaba-amarela, gabioba e uvaia, essas frutas apresentaram maior conteúdo de fenólicos totais e atividade antioxidante pelo método ABTS. Assim como neste estudo, Pereira et al. (2012) observaram que esses resultados foram superiores aos de muitos frutos tradicionalmente consumidos. O potencial antioxidante da PMAC é

devido principalmente ao elevado teor de compostos fenólicos na polpa de acerola e de ceriguela. Nesse sentido, diversos autores relatam elevada correlação entre o conteúdo de fenólicos totais e a atividade antioxidante (avaliada pelo método ABTS) de frutas (ALMEIDA et al., 2011; SOUZA et al., 2012).

6.4 CONCLUSÃO

As PMACs produzidas pelos diferentes métodos de secagem apresentaram elevada solubilidade, porém a atomizada e a liofilizada obtiveram as melhores características físicas e físico-químicas. A técnica de liofilização propiciou a obtenção de PMAC com cor mais atraente e com maior retenção de compostos bioativos e elevada capacidade de sequestro dos radicais DPPH e ABTS. O refresco elaborado com a PMAC liofilizada apresentou características sensoriais que contribuíram para a maior aceitação e intenção de compra, além de propiciar sua caracterização por atributos que denotam qualidade ao produto. Sendo assim, a PMAC liofilizada apresenta valor agregado e características desejáveis para sua produção, podendo ser utilizada na elaboração de refrescos ou como ingrediente na produção de novos produtos alimentícios.

REFERÊNCIAS

- AGUDELO, C.; BARROS, L.; SANTOS-BUELGA, C.; MARTÍNEZ-NAVARRETE, N.; FERREIRA, I. C. F. R. Phytochemical content and antioxidant activity of grapefruit (Star Ruby): A comparison between fresh freeze-dried fruits and different powder formulations. **LWT - Food Science and Technology**, v. 80, p. 106-112, 2017.
- ALEXI, N.; NANOU, E.; LAZO, O.; GUERRERO, L.; GRIGORAKIS, K.; BYRNE, D. V. Check-All-That-Apply (CATA) with semi-trained assessors: Sensory profiles closer to descriptive analysis or consumer elicited data?. **Food Quality and Preference**, v. 64, p. 11–20, 2018.
- ALI, K., MALTESE, F., CHOI, Y. H., VERPOORTE, R. Metabolic constituents of grapevine and grape-derived products. **Phytochemistry Reviews**, v. 9, n. 3, p. 357-378, 2010.
- ALMEIDA, M. M. B.; SOUSA, P. H. M.; ARRIAGA, A. M. C.; PRADO, G. M.; MAGALHÃES, C. E. C.; MAIA, G. A.; LEMOS, T. L. G. Bioactive compounds and

antioxidant activity of fresh exotic fruits from northeastern Brazil. **Food Research International**, v. 44, n. 7, p. 2.155-2.159, 2011.

ANTÚNEZ, L.; VIDAL, L.; SALDAMANDO, L.; GIMÉNEZ, A.; ARES, G. Comparison of consumer-based methodologies for sensory characterization: Case study with four sample sets of powdered drinks. **Food Quality and Preference**, v. 56, p. 149-163, 2017.

AOAC – ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemistry**. 17th ed. Washington, p.1115, 2002.

ARAÚJO, A. D. A.; COELHO, R. M. D.; FONTES, C. P. M. L.; SILVA, A. R. A.; COSTA, J. M. C.; RODRIGUES, S. Production and spouted bed drying of acerola juice containing oligosaccharides. **Food and Bioproducts Processing**, v. 94, p. 565-571, 2015.

ARES, G., ANTÚNEZ, L., BRUZZONE, F., VIDAL, L., GIMÉNEZ, A., PINEAU, B., BERESFORD, M. K., JIN, D.; PAISLEY, A. G.; CHHEANG, S. L., ROIGARD, C. M., JAEGER, S. R. Comparison of sensory product profiles generated by trained assessors and consumers using CATA questions: Four case studies with complex and/or similar samples. **Food Quality and Preference**, v. 45, p. 75–86, 2015.

ARES, G.; JAEGER, S. R. Check-all-that-apply questions: Influence of attribute order on sensory product characterization. **Food Quality and Preference**, v.28, p.141–153, 2013.

ASADI, S.; AHMADIANI, A.; ESMAEILI, M. A.; SONBOLI, A.; ANSARI, N.; KHODAGHOLI, F. In vitro antioxidant activities and an investigation of neuroprotection by six *Salvia* species from Iran: a comparative study. **Food and Chemical Toxicology**, v. 48, n. 5, p. 1341-1349, 2010.

BARBOSA-CÁNOVAS, G.V.; JULIANO, P. Physical and chemical properties of food powders. In: ONWULATA, C. **Encapsulated and powdered foods**. Boca Raton: Taylor & Francis, p.39-71, 2005.

BARBOSA, J.; BORGES, S.; AMORIM, M.; PEREIRA, M. J.; OLIVEIRA, A.; PINTADO, M. E.; TEIXEIRA, P. Comparison of spray drying, freeze drying and

convective hot air drying for the production of a probiotic orange powder. **Journal of Functional Foods**, v. 17, p. 340-351, 2015.

BORGES, K. C.; AZEVEDO, J. C.; MEDEIROS, M. F.; CORREIA, R. T. Physicochemical characterization and bioactive value of tropical berry pomaces after spouted bed drying. **Journal of Food Quality**, v. 39, p. 192-200, 2016.

BRAND-WILIAMS, W.; CUVELIER, M.E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **Food Science and Technology**, v.28, p.25-30. 1995.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 12, de 02/01/2001. Regulamento técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, 10 jan. Seção I, p.45-53, 2001.

BRUZZONE, F.; ARES, G.; GIMÉNEZ, A. Consumers texture perception of Milk desserts. II – Comparison with trained assessors data. **Journal of Texture Studies**. v. 43, p. 214–226, 2012.

CADENA, R. S., CAIMI, D., JAUNARENA, I., LORENZO, I., VIDAL, L., ARES, G. Comparison of rapid sensory characterization methodologies for the development of functional yogurts. **Food Research International**, v. 64, p. 446–455, 2014.

CAI, Y. Z.; CORKE, H. Production and properties of spray dried amaranthus betacyanin pigments. **Journal of Food Science**, v.65, p.1248-1252, 2000.

CALISKAN, G.; DIRIM, S. N. The effect of different drying processes and the amounts of maltodextrin addition on the powder properties of sumac extract powders. **Powder Technology**, v. 287, p. 308-314, 2016.

CANO-CHAUCA, M.; RAMOS, A. M.; STRINGHETA, P. C. Effect of the carriers on the microstructure of mango powder obtained by spray drying and its functional characterization. **Innovative Food Science e Emerging Technologies**, v.6, p.420-428, 2005.

CAPARINO, O. A.; TANG, J.; NINDO, C. L.; SABLANI, S. S.; POWERS, J. R. FELLMAN, J. K. Effect of drying methods on the physical properties and microstructures of mango (*Philippine* ‘Carabao’ var.) power. **Journal of Food Engineering**, v.111, p.135-148, 2012.

CEBALLOS, A. M.; GIRALDO, G. I.; ORREGO, C. E. Effect of freezing rate on quality parameters of freeze died soursop fruit pulp. **Journal of Food Engineering**, v. 111, p. 360-365, 2012.

CETIN-KARACA, H.; NEWMAN, M. Antimicrobial efficacy of plant phenolic compounds against Salmonella and Escherichia coli. **Food Bioscience**, v. 11, p. 8-16, 2015.

CHEN, G.; CHEN, S.; ZHAO, Y.; LUO, C.; LIB, J.; GAO, Y. Total phenolic contents of 33 fruits and their antioxidant capacities before and after in vitro digestion. **Industrial Crops and Products**, v. 57, p. 150-157, 2014.

CHEGENI, G. R.; GHOBADIAN, B. Effect of spray-drying conditions on physical properties of orange juice powde. **Drying Technology**, v. 23, p. 657-668, 2005.

CRAFT, B. D.; KERRIHARD, A. L.; AMAROWICZ, R.; PEGG, R. B. Phenol – based antioxidants and the in vitro methods used for their assesement. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, v.11, p. 148-173, 2012.

CRUZ, A.; CADENA, R.; CASTRO, W.; ESMERINO, E.; RODRIGUES, J.; GAZE, L. Consumer perception of probiotic yogurt: Performance of check all that apply (CATA), projective mapping, sorting and intensity scale. **Food Research International**, v. 54, p. 601–610, 2013.

CUQ, B.; RONDET, E.; ABECASSIS, J. Food powders engineering, between knowhow and science: Constraints, stakes and opportunities. **Powder Technology**, v.208, p.244–251, 2011.

DENG, J.; CHENG, W.; YANG, G. A novel antioxidant activity index (AAU) for natural products using the DPPH assay. **Food Chemistry**, v. 125, p. 1430-1435, 2011.

DOOLEY, L., LEE, Y., MEULLENET, J. F. The application of check-all-that-apply (CATA) consumer profiling to preference mapping of vanilla ice cream and its comparison to classical external preference mapping. **Food Quality and Preference**, v. 21, p. 394–401, 2010.

DORADO, R.; CHAYA, C.; TARREGA, A.; HORT, J. The impact of using a written scenario when measuring emotional response to beer. **Food Quality and Preference**, v. 50, p. 38–47, 2016.

DUMITRIU, D.; PEINADO, R. A.; PEINADO, J.; LERMA, N. Grape pomace extract improves the in vitro and in vivo antioxidant properties of wines from sun light dried Pedro Ximénez grapes. **Journal of Functional Foods**, v. 17, p. 380-387, 2015.

FERRARI, C. C.; RIBEIRO, C. P.; AGUIRRE, J. M. *Spray drying* of blackberry pulp using maltodextrin as carrier agent. **Brazilian Journal Food Technology**, v.15, p.157-165, 2012.

FUJITA, A.; BORGES, K.; CORREIA, R.; FRANCO, B. D. G. M.; GENOVESE, M. I. Impact of spouted bed drying on bioactive compounds, antimicrobial and antioxidant activities of commercial frozen pulp of camu-camu (*Myrciaria dubia* Mc. Vaughn). *Food Research International*, v. 54, p. 495-500, 2013.

GROSS, J. Carotenoids. In: GROSS, J. **Pigments in fruits**. London: Academic Press, 1987. p. 87-186, 303 p.

ISLAM, M. Z.; KITAMURA, Y.; KOKAWA, M.; MONALISA, K.; TSAIA, F.; MIYAMURA, S. Effects of micro wet milling and vacuum spray drying on the physicochemical and antioxidant properties of orange (*Citrus unshiu*) juice with pulp powder. **Food and bioproducts processing**, v. 101, p. 132–144, 2017.

JAEGER, S. R.; FISZMAN, S.; REIS, F.; CHHEANG, S. L.; KAMA, K.; PINEAU, B.; DELIZA, R.; ARES, G. Influence of evoked contexts on hedonic product discrimination and sensory characterizations using CATA questions. **Food Quality and Preference**, v. 56, p. 138–148, 2017.

JAESCHKE, D. P.; MARCZAK, L. D. F.; MERCALI, G. D. Evaluation of non-thermal effects of electricity on ascorbic acid and carotenoid degradation in acerola pulp during ohmic heating. **Food Chemistry**, v. 199, p. 128–134, 2016.

JAFARI, S. M.; GHALENOEI, M. G.; DEHNAD, D. Influence of spray drying on water solubility index, apparent density, and anthocyanin content of pomegranate juice powder. **Powder Technology**, v. 311, p.59–65, 2017.

JAYA, S.; DAS, H. Effect of maltodextrin, glycerol monostearate and triacalcium phosphate on vacuum dried mango powders properties. **Journal of Food Engineering**, v. 63, p. 125-134, 2004.

JARA-PALACIOS, M. J.; HERNANZ, D.; CIFUENTES-GOMEZ, T.; ESCUDERO-GILETE, M. L.; HEREDIA, F. J.; SPENCER, J. P. Assessment of white grape pomace from winemaking as source of bioactive compounds, and its antiproliferative activity. **Food Chemistry**, v. 183, p. 78-82, 2015.

KATALINIC, V.; MOZINA, S. S.; SKROZA, D. Polyphenolic profile, antioxidant and antimicrobial activity of grape skin extracts of 14 *Vitis vinifera* varieties grown in Dalmatia (Croatia). **Food Chemistry**, v. 119, n. 2, p. 715-723, 2010.

KESKITALO, K.; ANTTI, K.; KALLELA, M.; PALOTIE, A.; WESSMAN, M.; SAMMALISTO, S. Sweet taste preferences are partly genetically determined: identification of a trait locus on chromosome. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v.86, p.55-63, 2009.

KHA, T. C.; NGUYEN, M. H.; ROACH, P. D. Effects of *spray drying* conditions on the physicochemical and antioxidant properties of the Gac (*Momordica cochinchinensis*) fruit aril powder. **Journal of Food Engineering**, v. 98, p. 385-392, 2010.

KING, S. C., MEISELMAN, H. L.; CARR, B. T. Measuring emotions associated with foods in consumer testing. **Food Quality and Preference**, v. 21, p.1114–1116, 2010.

KRISHNAIAH, D.; SARBATLY, R.; NITHYANANDAM, R. Microencapsulation of *Morinda citrifolia* L. extract by spray-drying, **Chemical Engineering Research and Design**, v. 90, p. 622-632, 2012.

LAJILI, S.; AZOUAOU, S. A.; TURKI, M.; MULLER, C. D.; BOURAOU, A. Anti-inflammatory, analgesic activities and gastro-protective effects of the phenolic contents of the red alga, *Laurencia obtusa*. **European Journal of Integrative Medicine**, v. 8, n. 3, p. 298-306, 2016.

LE FUR, Y.; MERCURIO, V.; MOIO, I.; BLANQUET, J.; MEUNIER, J. M. A new approach to examine the relationships between sensory and gas chromatography-

olfactometry data using generalized procrustes analysis applied to Six French Chardonnay wines. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v. 51,p. 443–452, 2003.

LIU, F.; CAO, X.; WANG, H.; LIAO, X. Changes of tomato powder qualities during storage. **Powder Technology**, v.204, p.159–166, 2010.

LÓPEZ-MIRANDA, S.; SERRANO-MARTÍNEZ, A.; HERNÁNDEZSÁNCHEZ, P.; GUARDIOLA, L.; PÉREZ-SÁNCHEZ, H.; FORTEA, I.; GABALDÓN, J. A.; NÚÑEZ-DELICADO, E. Use of cyclodextrins to recover catechin and epicatechin from red grape pomace. **Food Chemistry**, v. 203, p. 379-385, 2016.

MELO, E.A.; MACIEL, M.I.S.; LIMA, V.A.G.L.; NASCIMENTO, R.J. Capacidade antioxidante de frutas. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, São Paulo, v. 44, n.2, p. 193-201, 2008.

MIRABALLES, M.; GÁMBARO, A. Influence of Images on the Evaluation of Jams Using Conjoint Analysis Combined with Check-All-That-Apply (CATA) Questions. **Journal of Food Science**, v.83, p. 167-174, 2018.

MISHRA, P.; BRAHMA, A.; SETH, D. Physicochemical, functionality and storage stability of hog plum (*Spondia pinnata*) juice powder produced by spray drying. **Journal Food Science Technology**, v. 54, p. 1052-1061, 2017.

MOO-HUCHIN, V.M.; ESTRADA-MOTA, I.; ESTRADA-LEÓN, R.; CUEVAS-GLODY, L.; ORTIZ-VÁZQUEZ, E.; VARGAS Y VARGAS, M.L.; BETANCUR-ANCONA, D.; SAURI-DUCH, E. Determination of some physicochemical characteristics, bioactive compounds and antioxidant activity of tropical fruits from Yucatan, Mexico. **Food Chemistry**, v. 152, p. 508–515, 2014.

MURALI, S.; KAR, A.; MOHAPATRA, D.; KALIA, P. Encapsulation of black carrot juice using spray and freeze drying. **Food Science and Technology International**, v. 21, p. 604–612, 2014.

OLIVEIRA, F. M. N.; FIGUEIREDO, R. M. F. QUEIROZ, A. J. M. Comparative analysis of pulps full cherry, formulated and powder. **Brazilian Journal Food Technology**, v.8, p.25-33, 2006.

PANYOYAI, N.; BANNIKOVA, A.; SMALL, D. M.; KASAPIS, S. Diffusion kinetics of ascorbic acid in a glassy matrix of high-methoxy pectin with polydextrose. **Food Hydrocolloids**, v. 53, p. 293–302, 2016.

PEREIRA, M. C.; STEFFENS, R. S.; JABLONSKI, A.; HERTZ, P. F.; RIOS, A. O.; VIZZOTTO, M.; FLÔRES, S. H. Characterization and antioxidant potential of Brazilian fruits from the Myrtaceae family. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 60, n. 12, p. 3061-3067, 2012.

PICLIN, N.; PINTORE, M.; LANZA, C. M.; SCACCO, A.; GUCCIONE, S.; GIURATO, L.; CHRÉTIEN, J.R. Sensory analysis of red wines: discrimination by adaptive fuzzy partition. **Journal of Sensory Studies**, v. 23, p. 558-569, 2008.

RAMÍREZ, M. J.; GIRALDO, G. I.; ORREGO, C. E. Modeling and stability of polyphenol in spray-dried and freeze-dried fruit encapsulates. **Powder Technology**, v. 277, p. 89–96, 2015.

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 and Medicine**, v.26, n.9/10, p.1231–1237, 1999.

RODRIGUES-AMAYA, B. B. **A guide to carotenoid analysis in foods**. ILST Press. p. 64, 1999.

RODRIGUEZ-AMAYA, D.B.; Quantitative analysis, in vitro assessment of bioavailability and antioxidant activity of food carotenoids—A review. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 23, p. 726–740, 2010.

SÁNCHEZ-MORENO, C.; LARRAURI, J. A.; SAURA-CALIXTO, F. A procedure to measure the antiradical efficiency of polyphenols. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.76, n.2, p.270-276, 1998.

SANTANA, A. A.; OLIVEIRA, R. A.; PINEDO, A. A.; KUROZAWA, L. E.; PARK, K. J. Microencapsulation of babassu coconut Milk. **Food Science Technology**, v.33, p.737-744, 2013.

SILVA, A. S.; MACIEL, M. I. S.; MOURA, N. P.; JUNIOR, M. E. S.; MELO, J. V.; AZOUBEL, P. M.; MELO, E. A. Influence of process conditions on drying by atomization pulp umbu. **Journal Bioprocessing Biotechniques**, v.4, p.2-9, 2014.

SOUZA, V. R.; PEREIRA, P. A. P.; QUEIROZ, F.; BORGES, S. V.; CARNEIRO, J. D. S. Determination of bioactive compounds, antioxidant activity and chemical composition of Cerrado Brazilian fruits. **Food Chemistry**, v. 134, n. 1, p. 381-386, 2012.

TONON, R. V.; BRABET, C.; HUBINGER, M. D. Anthocyanin stability and antioxidant activity of spray dried açai (*Euterpe oleracea* Mart.) juice produced with different carrier agents. **Food Research International**, v.43, p.907-914, 2010.

TONON, R. V.; FREITAS, S. S.; HUBINGER, M. D.; *Spray drying of açai (Euterpe oleraceae* Mart.) juice: effect of inlet air temperature and type of carrier agent. **Journal of Food Processing and Preservation**. v. 35, p. 691–700, 2011.

VANHONACKER, F.; KÜHNE, B.; GELLYNCK, X.; GUERRERO, L.; HERSLETH, M.; VERBEKE, W. Innovations in traditional foods: Impact on perceived traditional character and consumer acceptance. **Food Research International**, v.54, p.1828–1835, 2013.

VARELA, P.; ARES, G. Sensory profiling, the blurred line between sensory and consumer science. A review of novel methods for product characterization. **Food Research International**, v. 48, p. 893–908, 2012.

VARELA, P.; ARES, G (org.). **Novel Techniques in Sensory Characterization and Consumer Profiling**. Boca Raton: CRC Press, 2014.

WELKE, J. E.; HOELTZ, M.; DOTTORI, H. A.; NOLL, I. B. Occurrence of heat resistant molds in apple juice, **Brazilian Journal Food Technology**, v.42, p.70-75 , 2009.

WETTASINGHE, M.; SHAHIDI, F. Evening primrose meal: a source of natural antioxidants and scavenger of hydrogen peroxide and oxygen-derived free radicals. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.47, p.1801-1812, 1999.

ZOTARELLI, M. F.; SILVA, V. M.; DURIGON, A.; HUBINGER, M. D.;
LAURINDO, J. B. Production of mango powder by spray drying and cast-tape drying.
Powder Technology, v. 305, p.447–454, 2017.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O planejamento experimental aplicado no presente estudo foi capaz de otimizar o processo de secagem em leito de jorro e em liofilizador para polpa mista de acerola e ceriguela (PMAC). As PMACs obtidas pelos diferentes métodos de secagem apresentaram alta solubilidade e baixa higroscopicidade. A liofilização foi o método de secagem que produziu a PMAC com as melhores características físico-químicas, físicas, alta retenção de compostos bioativos e potencial antioxidante, além de produzir o refresco mais aceito pela análise sensorial. Sendo assim, a PMAC liofilizada apresenta valor agregado e características desejáveis para sua produção, podendo ser utilizada na elaboração de refrescos ou como ingrediente na produção de novos produtos alimentícios.

APÊNDICE

Tabela 1. Coeficientes de regressão, erro padrão, coeficiente *t* e grau de significância estatística (*p*), para cada fator no modelo codificado para atividade de água da polpa mista de acerola e ceriguela desidratadas em leito de jorro.

Fatores	Coeficiente de regressão	Erro padrão	t (2)	Significancia estatística (p)
Média	0,314091	0,001741	180,4315	0,000031
Temperatura	0,010625	0,004082	5,2052	0,034984
Vazão	-0,008125	0,004082	-3,9804	0,057707
Concentração do agente carreador	0,000625	0,004082	0,3062	0,788396
Temperatura com Vazão	-0,011875	0,004082	-5,8175	0,028299
Temperatura com Concentração do agente carreador	0,009375	0,004082	4,5928	0,044282
Vazão com Concentração do agente carreador	0,008125	0,004082	3,9804	0,057707

Tabela 2. Análise de variância (ANOVA) do modelo ajustado para atividade de água da polpa mista de acerola e ceriguela obtida em secador leito de jorro.

Fonte	Soma dos Quadrados	Média dos Quadrados	Grau de liberdade	F calculado da regressão	F calculado da falta de ajuste
Regressão	0,003794	0,000632	6	17,19	1,19
Resíduo	0,000147	0,00003675	4		
Falta de ajuste	0,000080	0,00004	2		
Erro puro	0,000067	0,0000335	2		
Total	0,003941		10		
R2	0,96				

*Valores tabelados de F a $p \leq 0,05$

Tabela 3. Coeficientes de regressão, erro padrão, coeficiente *t* e grau de significância estatística (*p*), para cada fator no modelo codificado para umidade da polpa mista de acerola e ceriguela desidratadas em leito de jorro.

Fatores	Coeficiente de regressão	Erro padrão	t (2)	Significância estatística (p)
Média	5,170000	0,004606	1122,531	0,000001
Temperatura	-0,255000	0,010801	-47,217	0,000448
Vazão de suspensão	0,265000	0,010801	49,068	0,000415
Concentração de agente carreador	-0,325000	0,010801	-60,178	0,000276
Temperatura x Vazão de suspensão	0,282500	0,010801	52,309	0,000365
Temperatura x Concentração de agente carreador	0,357500	0,010801	66,196	0,000228
Vazão x Concentração de agente carreador	0,247500	0,010801	45,828	0,000476

Tabela 4. Análise de variância (ANOVA) do modelo ajustado para umidade da polpa mista de acerola e ceriguela obtida em secador leito de jorro.

	Soma dos Quadrados	Média dos Quadrados	Grau de liberdade	F calculado da regressão	F tabelado
Regressão	4,07795	0,6796	6	67,02	4,53
Resíduo	0,40565	0,01014	4		
Falta de ajuste	0,405183	0,20259	2		
Erro puro	0,000467	0,000233	2		
Total	4,483600		10		
R2	0,90				

*Valores tabelados de F a $p \leq 0,05$

Tabela 5. Coeficientes de regressão, erro padrão, coeficiente *t* e grau de significância estatística (*p*), para cada fator no modelo codificado para higroscopicidade da polpa mista de acerola e ceriguela desidratadas em leito de jorro.

Fatores	Coefficiente de regressão	Erro padrão	t (2)	Significancia estatística (p)
Média	15,61455	0,192031	81,31279	0,000151
Temperatura	0,19000	0,450352	0,84378	0,487624
Vazão de suspensão	-0,59500	0,450352	-2,64238	0,118333
Concentração de agente carreador	-1,20000	0,450352	-5,32917	0,033454
Temperatura x Vazão de suspensão	0,14000	0,450352	0,62174	0,597542
Temperatura x Concentração de agente carreador	-0,64000	0,450352	-2,84222	0,104705
Vazão de suspensão x Concentração de agente carreador	0,54500	0,450352	2,42033	0,136587

Tabela 6. Análise de variância (ANOVA) do modelo ajustado para higroscopicidade da polpa mista de acerola e ceriguela obtida em secador leito de jorro.

	Soma dos Quadrados	Média dos Quadrados	Grau de liberdade	F calculado da regressão	F calculado
Regressão	20,45079	3,408465	6	5,804	4,53
Resíduo	2,34868	0,58717	4		
Falta de ajuste	1,53741	0,768705	2		
Erro puro	0,81127	0,405635	2		
Total	22,79947		10		
R2	0,89				

*Valores tabelados de F a $p \leq 0,05$

Tabela 7. Coeficientes de regressão, erro padrão, coeficiente *t* e grau de significância estatística (*p*), para cada fator no modelo codificado para retenção de ácido ascórbico da polpa mista de acerola e ceriguela desidratada em leite de jorro.

Fatores	Coeficiente de regressão	Erro padrão	t (2)	Significancia estatística (p)
Média	55,66545	0,076594	726,758	0,000002
Temperatura	-1,86000	0,179629	-20,709	0,002324
Vazão de suspensão	0,92250	0,179629	10,271	0,009346
Concentração de agente carreador	-9,66000	0,179629	-107,555	0,000086
Temperatura x Vazão de suspensão	6,62000	0,179629	73,707	0,000184
Temperatura x Concentração de agente carreador	-1,35750	0,179629	-15,114	0,004349
Vazão de suspensão x Concentração de agente carreador	-4,36000	0,179629	-48,544	0,000424

Tabela 8. Análise de variância (ANOVA) do modelo ajustado para retenção de ácido ascórbico da polpa mista de acerola e ceriguela obtida em secador leite de jorro.

	Soma dos Quadrados	Média dos Quadrados	Grau de liberdade	F calculado da regressão	F tabelado
Regressão	1298,418	216,403	6	6095,8	0,10
Resíduo	0,142	0,0355	4		
Falta de ajuste	0,013	0,0065	2		
Erro puro	0,129	0,0645	2		
Total	1298,566		10		
R2	0,99				

*Valores tabelados de F a $p \leq 0,05$

Tabela 9. Coeficientes de regressão, erro padrão, coeficiente *t* e grau de significância estatística (*p*), para cada fator no modelo codificado para atividade de água da polpa mista de acerola e ceriguela liofilizada.

Fatores	Coefficiente de regressão	Erro padrão	t (2)	Significância estatística (p)
Média	0,239091	0,003015	79,2975	0,000159
Temperatura	-0,021250	0,007071	-6,0104	0,026583
Pressão da câmara	0,038750	0,007071	10,9602	0,008222
Concentração de agente carreador	-0,038750	0,007071	-10,9602	0,008222
Temperatura x Pressão da câmara	0,001250	0,007071	0,3536	0,757464
Temperatura x Concentração de agente carreador	-0,001250	0,007071	-0,3536	0,757464
Pressão da câmara x Concentração de agente carreador	-0,016250	0,007071	-4,5962	0,044221

Tabela 10. Análise de variância (ANOVA) do modelo ajustado para atividade de água da polpa mista de acerola e ceriguela liofilizada.

	Soma dos Quadrados	Média dos Quadrados	Grau de liberdade	F calculado da regressão	F tabelado
Regressão	0,318594	0,053099	6	91,71	10,58
Resíduo	0,002316	0,000579	4		
Falta de ajuste	0,002116	0,001058	2		
Erro puro	0,000200	0,0001	2		
Total	0,032091		10		
R2	0,92				

*Valores tabelados de F a $p \leq 0,05$

Tabela 11. Coeficientes de regressão, erro padrão, coeficiente t e grau de significância estatística (p), para cada fator no modelo codificado para umidade da polpa mista de acerola e ceriguela liofilizada.

Fatores	Coeficiente de regressão	Erro padrão	t (2)	Significância estatística (p)
Média	5,711818	0,018174	314,2810	0,000010
Temperatura	-0,183750	0,042622	-8,6222	0,013186
Pressão	0,226250	0,042622	10,6165	0,008756
Concentração do agente carreador	-0,338750	0,042622	-15,8954	0,003934
Temperatura com Pressão	-0,171250	0,042622	-8,0357	0,015136
Temperatura com Concentração do agente carreador	-0,271250	0,042622	-12,7281	0,006116
Pressão com Concentração do agente carreador	-0,481250	0,042622	-22,5820	0,001955

Tabela 12. Análise de variância (ANOVA) do modelo ajustado para umidade da polpa mista de acerola e ceriguela liofilizada.

	Soma dos Quadrados	Média dos Quadrados	Grau de liberdade	F calculado da regressão	F tabelado
Regressão	4,273675	0,712279	6	25,01	14,61
Resíduo	0,113889	0,02847	4		
Falta de ajuste	0,106622		2		
Erro puro	0,007267		2		
Total	4,387564		10		
R2	0,97				

Tabela 13. Coeficientes de regressão, erro padrão, coeficiente t e grau de significância estatística (p), para cada fator no modelo codificado para higroscopicidade da polpa mista de acerola e ceriguela liofilizada.

Fatores	Coeficiente de regressão	Erro padrão	t (2)	Significância estatística (p)
Média	15,11545	0,052685	286,8999	0,000012
Temperatura	-0,20000	0,123558	-3,2373	0,083622
Pressão da câmara	-0,11500	0,123558	-1,8615	0,203734
Concentração do agente carreador	-0,81250	0,123558	-13,1517	0,005732
Temperatura x Pressão da câmara	-0,21250	0,123558	-3,4397	0,075121
Temperatura x Concentração do agente carreador	0,07500	0,123558	1,2140	0,348646
Pressão da câmara x Concentração do agente carreador	0,20000	0,123558	3,2373	0,083622

Tabela 14. Análise de variância (ANOVA) do modelo ajustado para higroscopicidade da polpa mista de acerola e ceriguela liofilizada.

	Soma dos Quadrados	Média dos Quadrados	Grau de liberdade	F calculado da regressão	F tabelado
Regressão	6,4333	1,072216	6	7,84	4,53
Resíduo	0,547373	0,136843	4		
Falta de ajuste	0,486306	0,243153	2		
Erro puro	0,061067	0,01526	2		
Total	6,980673		10		
R2	0,92				

Tabela 15. Coeficientes de regressão, erro padrão, coeficiente t e grau de significância estatística (p), para cada fator no modelo codificado para retenção de ácido ascórbico da polpa mista de acerola e ceriguela liofilizada.

Fatores	Coeficiente de regressão	Erro padrão	t (2)	Significância estatística (p)
Média	65,87636	0,309858	212,6016	0,000087
Temperatura	1,43500	0,726682	3,9495	0,185766
Pressão da câmara	3,89000	0,726682	10,7062	0,032892
Concentração do agente carreador	-0,30750	0,726682	-0,8463	0,712171
Temperatura x Pressão da câmara	5,08750	0,726682	14,0020	0,019629
Temperatura x Concentração do agente carreador	-0,03500	0,726682	-0,0963	0,965811
Pressão da câmara x Concentração do agente carreador	1,32000	0,726682	3,6330	0,209623

Tabela 16. Análise de variância (ANOVA) do modelo ajustado para retenção de ácido ascórbico da polpa mista de acerola e ceriguela liofilizada.

	Soma dos Quadrados	Média dos Quadrados	Grau de liberdade	F calculado da regressão	F tabelado
Regressão	359,3001	59,8833	6	6,8930	4,53
Resíduo	34,75	8,6875	4		
Falta de ajuste	32,6405	26,7288	2		
Erro puro	2,1123	4,1872	2		
Total	394,0501		10		
R2	0,91				

ANEXOS: A. TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

(Elaborado de acordo com a Resolução 466/2012-CNS/CONEP)

Convidamos V.Sa. a participar da pesquisa **Polpa mista de acerola (*malpighia emarginata* d.c.) e ceriguela (*spondias purpurea* l.) obtida por diferentes métodos de secagem**, sob responsabilidade do pesquisador Marcony Edson da Silva Júnior, orientado pela Professora Maria Inês Sucupira Maciel tendo por objetivo determinar os efeitos de diferentes métodos de secagem sobre a qualidade sensorial do produto obtido. Para realização deste trabalho usaremos o(s) seguinte(s) método(s): o tempo da análise irá variar entre 5 a 10 minutos, respondendo aos testes de aceitação, marque tudo que se aplique (CATA) e de intenção de compra a fim de confrontar os resultados entre as três amostras de refresco obtido a partir de polpa de acerola e ceriguela em pó.

Os testes serão realizados no Laboratório de Análise Sensorial de Alimentos do DCD/UFRPE, e conduzidos em cabines individuais, sob luz branca. As amostras serão codificadas com números aleatórios de três dígitos e apresentadas monadicamente, seguindo ordem de apresentação em blocos completos casualizados. As amostras serão servidas à temperatura de 7°C, em copos de plástico de 50mL, contendo aproximadamente 25mL de refresco de acerola e ceriguela, acompanhados de água e bolacha sem sal para limpeza do palato entre as amostras.

Esclarecemos que manteremos em anonimato, sob sigilo absoluto, durante e após o término do estudo, todos os dados que identifiquem o sujeito da pesquisa usando apenas, para divulgação, os dados inerentes ao desenvolvimento do estudo. Informamos também que após o término da pesquisa, serão destruídos de todo e qualquer tipo de mídia que possa vir a identificá-lo tais como filmagens, fotos, gravações, etc., não restando nada que venha a comprometer o anonimato de sua participação agora ou futuramente.

Quanto aos riscos e desconfortos: o refresco de acerola e ceriguela NÃO APRESENTA RISCOS por se tratar de um produto natural, composto apenas de frutas (acerola e ceriguela), água e 7% de sacarose. Caso haja alguma reação alérgica não identificada ou leve desconforto aos refrescos de acerola e ceriguela, o mesmo será sanado com a ingestão de água disponibilizada no momento da análise e também estará disponível um antialérgico, caso o participante solicite tomar. Em caso de ocorrer algum problema durante a análise o degustador será acompanhado do pesquisador responsável em um automóvel para o DQV – Departamento de Qualidade de Vida da Universidade Federal Rural de Pernambuco, onde terá assistência médica. Caso necessário, o DQV possui ambulância e encaminhará o participante a Unidade Médica de Pronto Atendimento (UPA) localizada na Av. Joaquim Ribeiro, s/n - Iputinga, Recife - PE, 50980-000.

Os benefícios esperados com o resultado desta pesquisa serão os de Promover a manutenção da saúde humana através das características nutricionais e dos compostos bioativos presentes no produto.

O (A) senhor (a) terá os seguintes direitos: a garantia de esclarecimento e resposta a qualquer pergunta; a liberdade de abandonar a pesquisa a qualquer momento sem prejuízo para si ou para seu tratamento (se for o caso); a garantia de que em caso haja algum dano a sua pessoa (ou o dependente), os prejuízos serão assumidos pelos pesquisadores ou pela instituição responsável. Inclusive, acompanhamento médico e hospitalar (se for o caso). Caso haja gastos adicionais, os mesmos serão absorvidos pelo pesquisador.

Nos casos de dúvidas e esclarecimentos o (a) senhor (a) deve procurar os pesquisadores (Marcony Edson da Silva Júnior, Rua Francisco Soares Canha, nº13 - Curado III- Jaboatão dos Guararapes/PE, fone: (81) 98557-8554, e-mail: marcony172009@hotmail.com. A pesquisadora e orientadora: Maria Inês Sucupira Maciel, Telefone: (81) 3320-6536, e-mail: m.inesdcd@gmail.com. Caso suas duvidas não sejam resolvidas pelos pesquisadores ou seus direitos sejam negados, favor recorrer ao Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade de Pernambuco, localizado à Av. Agamenon Magalhães, S/N, Santo Amaro, Recife-PE, telefone 81-3183-3775 ou ainda através do e-mail 6comite.etica@upe.br.

Consentimento Livre e Esclarecido

Eu _____, após ter recebido todos os esclarecimentos e ciente dos meus direitos, concordo em participar desta pesquisa, bem como autorizo a divulgação e a publicação de toda informação por mim transmitida, exceto dados pessoais, em publicações e eventos de caráter científico. Desta forma, assino este termo, juntamente com o pesquisador, em duas vias de igual teor, ficando uma via sob meu poder e outra em poder do(s) pesquisador (es).

Local: Data: ___/___/___

Assinatura do sujeito (ou responsável)

Assinatura do pesquisador

B. PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA

UNIVERSIDADE DE
PERNAMBUCO/ PROPEGE/



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: POLPA MISTA DE ACEROLA (MALPIGHIA EMARGINATA D.C.) E CERIGUELA (SPONDIAS PURPUREA L.) OBTIDA POR DIFERENTES MÉTODOS DE SECAGEM

Pesquisador: MARCONY EDSON DA SILVA JUNIOR

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 67896318.7.0000.5207

Instituição Proponente: UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 2.701.238

Apresentação do Projeto:

Trata-se de um projeto cujo o objetivo é verificar qual método de secagem (Leito de jorro, Atomização ou Liofilização) produzirá melhor refresco misto de acerola e ceriguela, e terá maior aceitação sensorial pelos consumidores. Inicialmente, os prováveis avaliadores serão submetidos a um recrutamento externo, onde será realizada uma entrevista com os candidatos para identificar os aptos a análise sensorial (Não apresentem alergia a acerola, ceriguela e frutas cítricas, afirmem consumir essas frutas pelo menos uma vez ao mês e que gostam das frutas utilizadas nesse estudo). Além de informar os objetivos da análise sensorial, do tempo estimado de cada estudo, bem como para avaliação das características dos envolvidos, como gozar de boa saúde, possuir poder de concentração e demonstrar vontade de cooperar para a realização das análises. Os indivíduos recrutados assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), em conformidade com as normas da Resolução 196/96, do Conselho Nacional de Saúde. Garantido sigilo para assegurar a privacidade da participação dos sujeitos na pesquisa. Os testes serão realizados em cabines individualizadas e climatizadas. As amostras serão codificadas com números de três dígitos aleatórios, servidas à 7 °C, em copos de poliestireno descartáveis de 50 mL, contendo aproximadamente 30 mL de refresco. Serão apresentadas monadicamente, seguindo ordem de apresentação em blocos completos casualizados. Os testes de avaliação sensorial terão um número de 105 avaliadores não treinados, indicando possíveis consumidores, maiores de 18 anos, de ambos os sexos, constando de funcionários, professores e estudantes da UFRPE, que

Endereço: Av. Agamenon Magalhães, s/nº
 Bairro: Santo Amaro CEP: 50.100-010
 UF: PE Município: RECIFE
 Telefone: (81)3183-3775 Fax: (81)3183-3775 E-mail: comite.etica@upe.br