



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

SILAS RAFAEL FIGUEIREDO DE ARAÚJO

ELABORAÇÃO DE MISTURAS EM PÓ DAS POLPAS DE MAMÃO E ACEROLA

FORTALEZA
2013

SILAS RAFAEL FIGUEIREDO DE ARAÚJO

ELABORAÇÃO DE MISTURAS EM PÓ DAS POLPAS DE MAMÃO E ACEROLA

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, do Departamento de Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Área de Concentração: Ciência e Tecnologia de produtos de origem vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Marcos Rodrigues Amorim Afonso

Co-orientador: Prof. Dr. José Maria Correia da Costa

**FORTALEZA
2013**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca de Ciências e Tecnologia

-
- A691e Araújo, Silas Rafael Figueiredo de.
Elaboração de misturas em pó de polpas de acerola e mamão / Silas Rafael Figueiredo de Araújo
. – 2013.
94. : il. color., enc. ; 30 cm.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias,
Departamento de Tecnologia de Alimentos, Programa de Pós-Graduação em Ciências e Tecnologia de
Alimentos, Fortaleza, 2013.
Área de Concentração: Ciência e Tecnologia de Alimentos.
Orientação: Prof. Dr. Marcos Rodrigues Amorim Afonso.
Coorientação: Prof. Dr. José Maria Correia da Costa.
1. Isotermas. 2. Higroscopicidade. 3. Blend. I. Título.

SILAS RAFAEL FIGUEIREDO DE ARAÚJO

ELABORAÇÃO DE MISTURAS EM PÓ DAS POLPAS DE ACEROLA E MAMÃO

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e

Tecnologia de Alimentos, do Departamento de Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Área de concentração: Ciência e Tecnologia de Produtos de Origem vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Marcos Rodrigues Amorim Afonso.

Co-orientador: Prof. Dr. José Maria Correia da Costa.

Aprovada em: _____ / _____ / _____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Marcos Rodrigues Amorim Afonso
Universidade Federal do Ceará

Prof. Dra. Sueli Rodrigues
Universidade Federal do Ceará

Prof. Dra. Lucicléia Barros de Vasconcelos Torres
Universidade Federal do Ceará

A minha amada mãe Perpetoa Figueiredo de
Araújo.

Aos meus queridos avos Madalena Almeida
Figueiredo e Guilherme Reis de Figueiredo.

AGRADECIMENTOS

Á Jesus, pelo dom da vida e por permitir concretizar mais um sonho.

À minha amada mãe Perpetoa Araújo, pelo seu amor incondicional. Muito obrigado mãe por ser meu pilar, meu porto seguro tudo que sou devo à senhora.

Aos meus avos maternos, Madalena Almeida e Guilherme Figueiredo pelo amor e apoio em todos os momentos que necessitei. Obrigado por existirem e por confiarem em mim.

A Universidade do Estado do Pará, pela graduação tornando possível meu ingresso no mestrado.

A Universidade Federal do Ceará, e ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela oportunidade de cursar o mestrado.

A CAPES pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Prof^o. Dr. Marcos, pela orientação, paciência, empenho e inteligência com os quais me orientou meu sincero agradecimento. Obrigado.

Ao Prof^o José Maria, pela co-orientação deste trabalho e por abrir as portas do laboratório de Controle de Qualidade de Alimentos e Secagem para realização de todas as análises.

Aos membros da banca as professoras Dra. Sueli Rodrigues e Lucicléia Torres pelas sugestões dadas para o melhoramento desta pesquisa.

A família que me acolheu em sua residência e me fez sentir parte integrante da casa, Edna Monteiro e Fátima Gomes e todos da família com os quais convivi em Aquiraz. Muito obrigado, serei eternamente grato.

Aos meus familiares em especial a tia Graça, minha prima Jacqueline Almeida e ao meu irmão Arthur Araújo.

A todos os amigos e colegas da turma de mestrado, em especial a Daiana Andrade, Solane Rocha, Raquel Macedo, Mayara Salgado, Angelinne Alexandrino, pela amizade, pelos momentos compartilhados, espero podermos nutrir essas amizades mesmo com a distância.

As amigas de Laboratório de Controle de Qualidade de Alimentos e Secagem, em especial a Janaína Costa, Géssica Braga, Mariana Benigno e Ana Paula.

Meu agradecimento especial a Janaína Costa e Géssica Braga, pela amizade, por estarem sempre dispostas em todos os momentos que necessitei, foram tantas liofilizações, tantas análises. Obrigado por estarem comigo nesta caminhada, desejo muito sucesso as duas.

“Pedras no caminho? Guardo todas, um dia vou construir um castelo”.

(Augusto Cury)

RESUMO

A acerola e mamão são frutos tropicais de grande interesse industrial por suas características nutricionais e sensoriais. Em virtude do caráter perecível desses frutos a adoção de métodos de conservação faz-se necessária. O presente trabalho teve como objetivo obter “*blends*” em pó a partir da liofilização das polpas de acerola e mamão. Primeiramente foram realizados planejamentos compostos central rotacionais, onde se avaliou a influência do tempo de liofilização e concentração de maltodextrina sobre a higroscopicidade e umidade dos pós obtidos. A partir dos resultados do planejamento foram produzidos os pós de acerola e mamão em condições ótimas, baseadas na menor higroscopicidade. A umidade não foi considerada pelo planejamento, pois os pós encontravam-se dentro do especificado pela legislação brasileira. A partir das caracterizações físico-químicas das polpas *in natura* e das polpas em pó percebeu-se boa qualidade nutricional para ambas as polpas principalmente pelo teor de ácido ascórbico, além de consideráveis teores de antocianinas e carotenóides, em relação às isotermas de adsorção, ambos os pós apresentaram curvas do tipo III, côncavas em formato de “J”, tipicamente associado a pós a base de frutos, contudo a polpa de mamão em pó apresentou inversão do efeito da temperatura sobre a capacidade de adsorção da água em uma faixa de atividade de água de 0,75. O modelo de Oswin foi o que melhor se ajustou na predição das curvas para polpa de acerola em pó nas temperaturas analisadas. Para a polpa de mamão, o modelo proposto por BET foi o que melhor se ajustou aos dados. Em seguida realizou-se delineamento experimental de misturas simplex centróide aumentado para 3 componentes (polpa de acerola; polpa de mamão e maltodextrina) para obter-se “*blend*” em pó liofilizado, através da determinação do efeito das proporções da mistura sobre a higroscopicidade, solubilidade, tempo de reidratação e grau de *Caking*. O tempo de liofilização dos “*blends*” foi à média aritmética simples entre os tempos de liofilização obtidos pelo planejamento composto central para as polpas em pó de acerola e mamão. Os resultados da análise qualitativa da mistura possibilitou a escolha do ensaio 6 com as proporções 25% de polpa de acerola, 50% de polpa de mamão e 25% de maltodextrina como melhor ensaio para produção do “*blend*” em pó. O “*blend*” em pó nas condições ótimas apresentou boas características físico-químicas, em relação às isotermas de sorção, o modelo de GAB foi o que melhor se ajustou aos dados experimentais, onde as curvas foram do tipo III. Em seguida, realizou-se o estudo da estabilidade do “*blend*” em pó, pelo período de 20 dias acondicionados em embalagem de polietileno envolvidos em folha de alumínio. Com

isso, concluiu-se que, após este período de armazenamento, o “*blend*” em pó, ainda apresentava-se na forma de pó e com boas características físico-químicas e higroscópicas.

Palavras - chave: Isotermas, higroscopicidade, *blend*.

ABSTRACT

The acerola tropical fruit and papaya are of great industrial interest for its nutritional and sensory characteristics. Due to the perishable nature of these fruits to adopt conservation methods is necessary. The present study aimed at obtaining "blends" powder from freeze-drying the pulp of acerola and papaya. First were performed compounds central rotational schedules, which evaluated the influence of lyophilization time and maltodextrin concentration and humidity on the hygroscopicity of the powders. From the results of the design were produced powders from acerola and papaya in optimal process conditions based on lower hygroscopicity, moisture was not considered by the planning because the powders obtained were within the standards established by Brazilian legislation. From the physico-chemical characterizations of the pulps and the pulps fresh powder was noticed good nutritional quality for both pulps primarily by ascorbic acid, in addition to considerable amounts of anthocyanins and carotenoids in relation to adsorption isotherms both the powders exhibited type III curves concave-shaped "J" typically associated with the food powders from fruit, yet papaya pulp powder showed reversal of the effect of temperature on adsorption capacity for water a range of water activity of 0,8. The Oswin model was the best fit curves for the prediction of the pulp powder at all temperatures analyzed for papaya pulp, the model proposed by BET was the best fit the data. Then experiment was conducted mixtures simplex centroid increased to three components (acerola pulp, papaya pulp and maltodextrin) to obtain the "blend" lyophilized powder, by determining the effect of the proportions of the mixture on the hygroscopicity, solubility, time and degree of rehydration Caking. The time lyophilization of "blends" was the simple arithmetic average between the times of lyophilization obtained by central composite design for the pulp powder acerola and papaya. The results of qualitative analysis of the mixture enabled the choice of test 6 with the proportions 25% acerola pulp, 50% papaya pulp and 25% maltodextrin as best assay for production of "blend" powder. The "blend" powder obtained under optimum conditions showed good physicochemical characteristics, in relation to sorption isotherms, the GAB model was the best fit the experimental data, where the curves were type III. Then there was the study of the stability of the "blend" powder in storage period of 20 days packed in polyethylene wrapped in aluminum foil. Thus, it was concluded that, after this storage period, the "blend" powder, the patient was still in powder form and has good chemical-physical characteristics and hygroscopic.

Keywords: Isotherms, hygroscopicity, blend.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Produção brasileira de mamão em 2010.....	19
Figura 2 – Diagrama gerado pelo delineamento simplex centroide para 3 componentes....	34
Figura 3 – Superfície de resposta para higroscopicidade final da polpa de acerola em pó.....	39
Figura 4 – Superfície de resposta para higroscopicidade final da polpa de mamão em pó.....	42
Figura 5 – Isotermas do pó de acerola contendo 16,6% de maltodextrina pelo modelo de Oswin nas temperaturas 20, 35 e 50°C.....	51
Figura 6 – Isotermas do pó de mamão contendo 20,7% de maltodextrina pelo modelo de BET nas temperaturas 20, 35 e 50°C.....	53
Figura 7 – Diagrama ternário da mistura entre polpa de acerola, polpa de mamão e maltodextrina, obtida pela equação 10 para higroscopicidade dos “ <i>blends</i> ”.....	56
Figura 8 – Diagrama ternário da mistura entre polpa de acerola, polpa de mamão e maltodextrina, obtido pela equação 11 para solubilidade dos “ <i>blends</i> ”.....	59
Figura 9 – Diagrama ternário da mistura entre polpa de acerola, polpa de mamão e maltodextrina, obtido pela equação 12 para reidratação dos “ <i>blends</i> ”.....	61
Figura 10 – Isotermas do “ <i>blend</i> ” em de acerola e mamão contendo 25% de maltodextrina pelo modelo de GAB nas temperaturas 20, 35 e 50°C.....	69
Figura 11 – Comportamento do teor de ácido ascórbico do “ <i>blend</i> ” durante o armazenamento.....	71
Figura 12 – Comportamento da umidade do “ <i>blend</i> ” durante o armazenamento.....	73
Figura 13 – Comportamento da luminosidade (L*) durante o armazenamento.....	76
Figura 14 – Comportamento da coordenada a* durante o armazenamento.....	78
Figura 15 – Comportamento da coordenada b* durante o armazenamento.....	80

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Composição química da acerola em diferentes estádios de maturação.....	17
Tabela 2 – Padrão de Identidade e Qualidade para polpa de acerola.....	20
Tabela 3 – Padrão de Identidade e Qualidade para polpa de mamão.....	20
Tabela 4 – Níveis do planejamento utilizado para liofilização das polpas de mamão e acerola.....	26
Tabela 5 – Ensaio do planejamento experimental variando-se o tempo de secagem e a concentração de maltodextrina.....	27
Tabela 6 – Delineamento das misturas das polpas de acerola, mamão e maltodextrina.....	33
Tabela 7 – Resultado dos planejamentos experimentais para polpa de acerola e mamão com as médias dos resultados de higroscopicidade e umidade para as polpas em pó de acerola e mamão.....	36
Tabela 8 – Efeito estimado, erro padrão, coeficiente t e grau de significância estatística, para cada fator no modelo codificado para higroscopicidade final da polpa de acerola liofilizada.....	37
Tabela 9 – Análise de variância para a higroscopicidade (%) da polpa de acerola liofilizada.....	38
Tabela 10 – Parâmetros para liofilização da polpa de acerola em condições ótimas.....	40
Tabela 11 – Efeito estimado, erro padrão, coeficiente t e grau de significância estatística, para cada fator no modelo codificado para higroscopicidade final da polpa de mamão liofilizada.....	41
Tabela 12 – Análise de variância para a higroscopicidade (%) da polpa de mamão liofilizada.....	41
Tabela 13 – Parâmetros para liofilização da polpa de mamão em condições ótimas.....	43
Tabela 14 – Caracterização físico-química das polpas de acerola e mamão <i>in natura</i> e polpas de acerola e mamão em pó.....	44
Tabela 15 – Resultados dos ajustes das isotermas de adsorção das polpas de acerola e mamão em pó liofilizado em condições ótimas.....	50
Tabela 16 – Delineamento de mistura e valores médios e desvios-padrão da higroscopicidade dos “ <i>blends</i> ” obtidos nos ensaios.....	54
Tabela 17 – Classificação dos pós de acordo com sua higroscopicidade.....	55
Tabela 18 – Análise de variância para higroscopicidade (%) para a mistura ternária entre polpa de acerola, polpa de mamão e maltodextrina.....	55

Tabela 19 – Delineamento de misturas e valores médios com respectivos desvios-padrão para solubilidade dos “blends”	57
Tabela 20 – Análise de variância para solubilidade (%) para a mistura ternaria entre polpa de acerola, polpa de mamão e maltodextrina.....	58
Tabela 21 – Delineamento de misturas e valores médios do tempo de reidratação com respectivos desvios-padrão “blends”	60
Tabela 22– Análise de variância para reidratação (%) para a mistura ternaria entre polpa de acerola, polpa de mamão e maltodextrina.....	61
Tabela 23 – Delineamento de misturas e valores médios com respectivos desvios-padrão do tempo de reidratação com respectivos desvios-padrão “blends”	62
Tabela 24 – Composição físico-química do “blend” em pó em condições ótimas.....	64
Tabela 25 – Resultados dos ajustes das isotermas de adsorção do pó do “blend” das polpas de mamão e acerola contendo maltodextrina.....	67
Tabela 26 – Valores médios do “blend” da mistura da polpa de acerola, polpa de mamão e maltodextrina obtidos por liofilização.....	70
Tabela 27 – Valores médios de umidade do “blend” da mistura das polpas de acerola e mamão contendo maltodextrina.....	72
Tabela 28 – Valores médios de higroscopicidade do “blend” da mistura da polpa de acerola, polpa de mamão e maltodextrina obtidos por liofilização.....	74
Tabela 29 – Valores médios luminosidade (L*) do “blend” em pó das polpas de acerola e mamão adicionadas de maltodextrina obtidos por liofilização.....	75
Tabela 30 – Valores médios para coordenada a* do “blend” em pó das polpas de acerola e mamão adicionadas de maltodextrina obtidos por liofilização.....	77
Tabela 31 – Valores médios para coordenada b* do “blend” em pó das polpas de acerola e mamão adicionadas de maltodextrina obtidos por liofilização.....	79
Tabela 32 – Valores médios para a diferença total de cor ΔE^* do “blend” em pó das polpas de acerola e mamão adicionadas de maltodextrina obtidos por liofilização.	81

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 REVISÃO DE LITERATURA	16
2.1 Frutas tropicais	16
2.1.1 Acerola	16
2.1.2 Mamão	18
2.2 Padrão de identidade e qualidade de polpa de frutas	19
2.2.1 Polpa de Acerola	19
2.2.2 Polpa de mamão	20
2.3 Processos de desidratação	21
2.3.1 Liofilização	21
2.4 Parâmetros de qualidade de alimentos em pó	22
2.5 Isotermas de sorção	23
2.6 Modelagem matemática	24
3 MATERIAIS E MÉTODOS	26
3.1 Obtenção e armazenamento da matéria prima	26
3.2 Planejamento experimental e análise estatística	26
3.3 Processos de liofilização	27
3.3.1 Liofilização da polpa de acerola	28
3.3.2 Liofilização da polpa de mamão	28
3.4 Embalagem e armazenamento	28
3.5 Análises das polpas <i>in natura</i> e polpas em pó	28
3.5.1 Umidade	29
3.5.2 Sólidos solúveis totais	29
3.5.3 Potencial hidrogênionico	29
3.5.4 Ácido ascórbico	29
3.5.5 Açúcares totais e redutores	30
3.5.6 Acidez total titulável	30
3.5.7 Carotenoides	30
3.5.8 Antocianinas e flavonoides	30
3.5.9 Cor instrumental	31
3.5.10 Higroscopicidade	31
3.6 Análises das polpas de acerola e mamão no pó no ponto ótimo	31

3.6.1 Caracterização físico-química das polpas em pó.....	31
3.6.2 Modelagem das isotermas de sorção das polpas em pó.....	32
3.7 Delineamento de misturas para formulação dos “blends”.....	33
3.8 Análises dos “blends” em pó.....	34
3.8.1 Higroscopicidade.....	34
3.8.2 Grau de caking.....	34
3.8.3 Solubilidade.....	35
3.8.4 Tempo de reidratação.....	35
3.9 Estudo da estabilidade do “blend”.....	35
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	36
4.1 Resultados dos planejamentos experimentais.....	36
4.2 Caracterização físico-química das polpa <i>in natura</i> e polpas em pó.....	43
4.3 Isotermas de adsorção.....	48
4.4 Resultados do delineamento de misturas.....	54
4.4.1 Avaliação da higroscopicidade.....	54
4.4.2 Avaliação da solubilidade.....	57
4.4.3 Avaliação do tempo de reidratação.....	60
4.4.4 Avaliação do grau de caking.....	62
4.5 Formulação ótima do “blend”.....	63
4.6 Caracterização físico-química do “blend”.....	64
4.7 Isotermas de adsorção do “blend”.....	67
4.8 Estudo da estabilidade do “blend” em pó.....	70
4.8.1 Ácido ascórbico.....	70
4.8.2 Umidade.....	72
4.8.3 Higroscopicidade.....	74
4.8.4 Análise colorimétrica.....	75
4.8.4.1 Luminosidade (L^*).....	75
4.8.4.2 Coordenada a^*	77
4.8.4.3 Coordenada b^*	79
4.8.4.4 Diferença total de cor ΔE^*	81
5 CONCLUSÃO.....	83
REFERÊNCIAS.....	84

1 INTRODUÇÃO

O hábito do consumo de acerola no Brasil é dominante nas regiões quentes em forma de sucos. A demanda no mercado interno ocorre sob as formas de frutos *in natura* ou congelados como polpas. (GOMES *et al.*, 2000).

O mamão é um fruto de grande importância seja pelo consumo *in natura*, seja pela exploração da enzima papaína, amplamente empregada na indústria de alimentos. Este fruto é também utilizado na fabricação de suco concentrado, podendo ainda ser processado como polpa, geleia e néctar (FARIAS *et al.*, 1998). A importância do mamão deve-se em grande parte pela sua composição, apresentando alto teor de carotenoides, vitaminas do complexo B, vitamina C, assim como fibras e outros nutrientes. (WILBERG; RODRIGUEZ-AMAYA, 1995).

Sabe-se que grande parte das frutas produzidas no Brasil é comercializada *in natura* apenas no período de safra. Tratando-se de produtos perecíveis, grande parte das safras é desperdiçada por falta de processamento adequado e de baixo custo para que viabilize a sua industrialização e consequente comercialização. A secagem é um dos processos disponíveis na indústria de polpas de frutas, concentrando os princípios da polpa e habilitando o produto para o armazenamento em condições ambientais por longos períodos (GOMES, 2004). A liofilização é um processo de desidratação mais brando quando comparado aos demais processos que utilizam altas temperaturas, isto é, o que provoca menores danos aos alimentos e micro-organismos presentes nos mesmos (FRANCO; LANDGRAF, 2005).

O emprego das baixas temperaturas reduz as reações de degradação e as taxas de transporte em que são perdas características sensoriais como sabor e aroma por volatilidade. Fellows, (2006) afirma que na liofilização ocorrem alterações mínimas em proteínas, amidos e outros carboidratos. Contudo devido à estrutura porosa aberta do alimento liofilizado, a entrada de oxigênio é permitida, causando deterioração oxidativa dos lipídeos.

Os produtos liofilizados possuem boa capacidade de reidratação voltando a sua estrutura original; este fato deve-se ao congelamento das amostras que reduz os colapsos estruturais da matriz sólida, evitando o encolhimento excessivo após a desidratação (CÁNOVAS; MERCADO, 2000). Contudo Gava (2002), afirma que a liofilização é um processo muito oneroso, uma vez que é 5 a 10 vezes mais caro que os processos convencionais de secagem.

Frente a crescente demanda por alimentação saudável que inclui frutos e produtos derivados, os processos de desidratação são de grande importância para tecnologia de alimentos, seja no que diz respeito à conservação dos frutos ou na oferta de produtos disponíveis durante todos os períodos do ano.

A liofilização mostra-se como processo de desidratação que garante a manutenção da qualidade nutricional e sensorial dos alimentos, neste contexto o presente trabalho teve como objetivo elaborar “*blends*” em pó a partir da desidratação das polpas de acerola e mamão através do processo de liofilização, de forma a fornecer informações sobre a viabilidade da elaboração de um novo produto com grande apelo mercadológico por suas características nutricionais e de inovação, assim como uma alternativa para aproveitamento do excedente da produção.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Frutas Tropicais

A fruticultura brasileira no ano de 2011 apresentou uma estimativa de safra de 42,101 milhões de toneladas. A área plantada foi de 2,240 milhões de hectares. O Brasil mantém-se como terceiro maior produtor mundial de frutos, atrás apenas de China e Índia (ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA, 2012).

As frutas desempenham papel de grande importância na dieta humana, pois fornecem vitaminas, carboidratos, minerais, além de características sensoriais agradáveis como cor, sabor e aroma. A presença de componentes bioativos nas frutas contribui de forma significativa para sua inserção como parte de uma dieta saudável (MAIA *et. al.*2007).

De acordo com Prodlow (1996) as frutas são as principais fornecedoras de fibras dietéticas, como celulose, hemicelulose e pectina e as frutas que ficam expostas à luz do sol contêm mais vitamina C, o que evidencia que os produtos tropicais são mais ricos nesta vitamina do que as frutas das zonas temperadas.

Frutas tropicais são fontes de componentes antioxidantes, segundo Maia *et al.*,(2009) os antioxidantes são importantes porque reduzem os processos oxidativos nas células e nas macromoléculas como lipídios e proteínas diminuindo os riscos do desenvolvimento de doenças como câncer, cardiopatias, entre outras patologias. Estudos estabelecem que a ingestão regular de frutas e verduras diminui o risco de doenças cardiovasculares, câncer, diabetes, hipertensão (LETERME *et al.*, 2006).

2.1.1 Acerola (*Malpighia emarginata ssp.*)

A acerola pertence à família *Malpighaceae* e seus frutos apresentam-se como uma drupa de superfície lisa ou dividida em três gomos, com tamanhos que podem variar de 3 a 6 cm de diâmetro. A coloração externa varia do alaranjado ao vermelho intenso quando maduros, possuem polpa carnosa e suculenta (GOMES *et al.*, 2004).

A acerola é um fruto climatérico altamente perecível que muda de tonalidade com a maturação (PORCU & RODRIGUES-AMAYA, 2003), originária da região das Antilhas, sua difusão pelo mundo, deve-se ao elevado teor de ácido ascórbico, sintetizada a vitamina c pelo organismo (CARVALHO, 2000). No Brasil, a introdução desta frutífera ocorreu na década de 1950, mas somente nos anos 1980 depois da divulgação de seu potencial vitamínico, seu cultivo foi disseminado por todas as regiões do país (NONINO, 1997).

A área de cultivo de acerola no Brasil é de mais de 11 mil hectares, com uma produção de aproximadamente 33.000 toneladas. Desta produção, a região Nordeste contribui com 66% da produção nacional, destacando-se os estados de Pernambuco, Ceará e Bahia. (CARDOSO *et al.*, 2003).

As indústrias processadoras de frutas tropicais processam, no Brasil, cerca de 34,40 mil toneladas de acerolas por ano, o que equivale a 7,16% do total de frutas processadas por estas empresas. As acerolas processadas geram, aproximadamente, 18 mil toneladas de sucos e polpas por ano, concentrando-se esta produção na Região nordeste (ASTN & APEX, 2001).

A acerola, é conhecida pelo seu aporte de ácido ascórbico, seu conteúdo varia entre 2164 mg/100g a 1074 mg/100g em função do estágio de maturação conforme descrito na Tabela 1 (VENDRAMINI & TRUGO, 2000), também é fonte de antocianinas, flavonoides e carotenoides, que quando combinados, são os responsáveis pela coloração do fruto (LIMA *et al.*, 2007).

A Tabela 1 apresenta a composição físico-química da acerola em diferentes estádios de maturação.

Tabela 1- Composição química da acerola em diferentes estádios de maturação (VENDRAMINI; TRUGO, 2000).

Constituintes	Imatura (Verde)	Intermediária (Amarela)	Madura (Vermelha)
Vitamina C mg/100g	2164	1065	1074
Proteínas (%)	1,2	0,9	0,9
Cinzas (%)	0,4	0,4	0,4
Umidade (%)	9,1	92,4	92,4
Sólidos Solúveis	7,8	7,7	9,2
Açúcares Redutores (%)	3,3	4,2	4,4
Açúcares não redutores (%)	1,1	0,1	-

As frutas, de modo geral, apresentam uma composição variada em elementos minerais tais como: potássio, cálcio, magnésio, fósforo e cloro. Mesmo que as frutas não sejam ricas em minerais, o potássio destaca-se como mineral mais abundante encontrado nelas e ocorre principalmente em combinação com vários outros ácidos orgânicos (KADER & BARRETT, 2005). Os frutos, possuem altos teores de vitamina C, porém, pobres em vitamina do complexo B, quando comparadas com outros grupos alimentares, a acerola o camu-camu merecem destaque como frutas de teor elevado de vitamina C (MAIA *et al.*, 2009).

O hábito do consumo de acerola no Brasil é dominante nas regiões quentes, isso em virtude da ingestão de sucos. A demanda no mercado interno ocorre sob as formas de frutos *in natura* ou congelados como polpas. Já no mercado externo, que visa na acerola a sua potencial fonte de vitamina C, consome-se o produto predominantemente em forma de polpa (GOMES *et.al.*, 2000).

2.1.2 Mamão (*Carica papaya L.*)

O mamão (*Carica papaya L.*) é originário da América tropical. É uma planta herbácea da família *caricaceae*, tipicamente tropical, cujo centro de origem é, provavelmente, o nordeste da América do Sul, mais precisamente, a Bacia Amazônica Superior (ARAÚJO FILHO *et al.*, 2002). O fruto é uma baga de forma variável de acordo com o tipo de flor; sua coloração varia de amarela, rosada a avermelhada (SIMÃO, 1971).

O mamão é um fruto climatérico, cujas transformações resultantes do amadurecimento ocorrem rapidamente após a colheita do fruto fisiologicamente maduro, desencadeadas pela produção do etileno e aumento da taxa respiratória, o que caracteriza o fruto como altamente perecível após sua colheita (JACOMINO *et al.*, 2002).

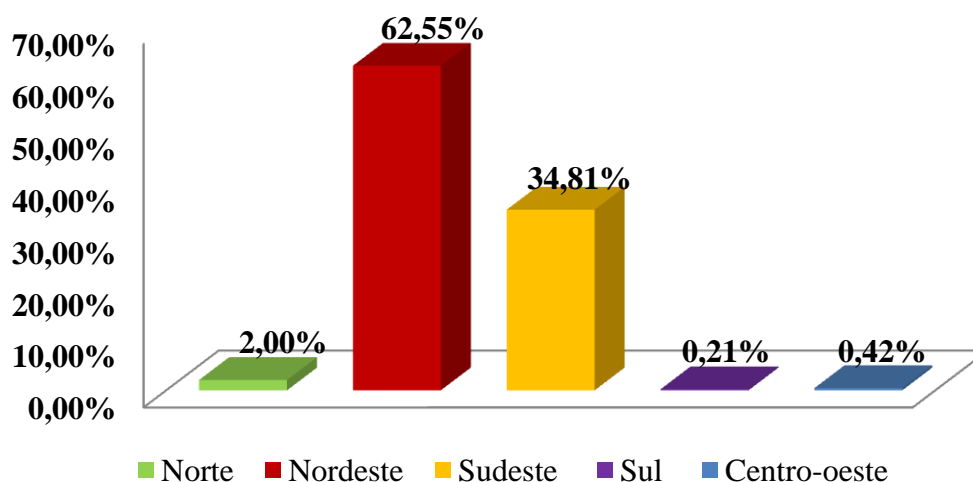
O mamoeiro se desenvolve bem em solos com baixo teor de argila, bem drenados e ricos em material orgânico. Além disso, consideram-se adequados para seu cultivo solos cujos valores de pH variem entre 5,5 a 6,7 (MAPA, 2004). Existem mais de 57 espécies de mamão conhecidas. Contudo, no Brasil, somente três tipos diferentes são plantados e comercializados.

O fruto do mamoeiro destaca-se por apresentar características nutricionais como alto teor de carotenoides, sendo um dos principais frutos fonte de precursores da vitamina A, contém consideráveis teores de vitaminas do complexo B, vitamina C além de fibras e outros nutrientes. A atividade de vitamina A de certos carotenoides é de grande interesse, pois atuam como precursores desta vitamina nos mamões da variedade vermelha (WILBERG; RODRIGUEZ-AMAYA, 1995).

De acordo com dados da *Food and Agriculture Organization* (FAO), o Brasil é o maior produtor mundial de mamão. A produção brasileira de mamão de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística são de 1.871.295 toneladas anuais. Deste total, a região Nordeste é responsável por 62,55% da produção nacional (Figura 1) com a quantidade produzida de 1.168.174 toneladas (IBGE, 2010).

Na Figura 1, estão apresentados os valores da participação por região na produção brasileira de mamão no ano de 2010 (IBGE, 2010).

Figura 1- Produção brasileira de mamão por região fisiográfica em 2010.



Fonte: IBGE, 2010

2.2 Padrão de identidade e qualidade polpa de frutas

A Instrução Normativa nº 01 de 07 de janeiro de 2000 do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento define polpa de fruta como o produto não fermentado, não concentrado, não diluído, obtido de frutos polposos, através de processo tecnológico adequado, com um teor mínimo de sólidos totais de acordo com a fruta, proveniente da parte comestível do fruto (BRASIL, 2000).

Com a diversificação de produtos derivados de frutas disponíveis no mercado, em alguns casos torna-se difícil classificá-los. Desta forma, um estudo detalhado da legislação, bem como das diferenças técnicas entre alguns produtos, é necessária para que se possam satisfazer os requisitos exigidos nos padrões de identidade e qualidade destes produtos durante o processamento (MAIA *et al.*, 2009).

2.2.1 Polpa de Acerola (*Malpighia spp*)

Polpa ou purê de acerola é o produto não fermentado e não diluído, obtido da parte comestível da acerola (*Malpighia spp*) através de processo tecnológico adequado, com teor mínimo de sólidos solúveis totais, com cor variando do amarelo ao vermelho, sabor ácido e aroma próprio, além dos requisitos (Tabela 2), especificados pela legislação (BRASIL, 2000).

Na Tabela 2 - estão descritos os padrões de identidade e qualidade para polpa de acerola de acordo com a IN nº01/2000.

Tabela 2 – Padrão de Identidade e Qualidade para polpa de acerola

Composição	Mínimo	Máximo
Sólidos solúveis em brix a 20° C	5,5	-
pH	2,80	-
Acidez total em ácido cítrico (g/100g)	0,80	-
Ácido ascórbico (mg/100g)	800,00	-
Açúcares naturais da acerola (g/100g)	4,00	9,50
Sólidos totais (g/100g)	6,50	-

2.2.2 Polpa de mamão (*Carica papaya, L.*).

Polpa ou purê de mamão é o produto não fermentado e não diluído, obtido da parte comestível do mamão (*Carica papaya, L.*), através de processo tecnológico adequado, com teor mínimo de sólidos totais (BRASIL, 2000).

Polpa do mamão, de acordo com a Instrução Normativa nº 01 de 07 de janeiro de 2000, deve obedecer a alguns requisitos em relação às suas características sensoriais, como cor variando do amarelo ao vermelho, sabor e aroma próprios, além dos requisitos explicitados na Tabela 3, especificados pela legislação.

Na Tabela 3, estão descritos os padrões de identidade e qualidade para polpa de acerola de acordo com a IN nº01/2000.

Tabela 3 – Padrão de Identidade e Qualidade para polpa de mamão.

Composição	Mínimo	Máximo
Sólidos solúveis em brix, a 20° C	10,00	-
pH	4,00	-
Acidez total em ácido cítrico (g/100g)	017	-
Açúcares totais naturais do mamão (g/100g)	-	14,00
Sólidos totais (g/100g)	10,5	-

2.3 Processos de desidratação

A desidratação é um dos métodos mais antigos de conservação dos alimentos (MELONI, 2002) é definida como o processo combinado de transferência de calor e massa na qual se reduz a disponibilidade de água em um alimento (FELLOWS, 2006), apresentando como principais vantagens uma melhor conservação do produto e redução do seu peso com a consequente redução dos custos de transporte e armazenamento, portanto, é considerado um dos processos mais econômicos de conservação (MAIA *et. al.*, 2007).

Um dos principais motivos da deterioração de alimentos é a atividade de água (a_w) presente dos mesmos, isto é, a água livre disponível para reações de deterioração dos alimentos (MANNHEIM, 1994). Desta forma a adoção de métodos ou combinados deles se faz necessário para tornar os alimentos estáveis às deteriorações química e/ou microbiológica (KUROZAMA *et al.*, 2005). Fellows (2006), afirma que as temperaturas utilizadas no processo de secagem são insuficientes para provocar a inativação de microrganismos e atividade enzimática, e que qualquer aumento no teor de umidade nos alimentos durante a estocagem devido a falhas nas etapas de embalagem, por exemplo, resultará em uma rápida deterioração do produto. Evangelista (1992), afirma que produtos submetidos à secagem, embora se favoreçam com o retardamento das alterações resultantes do crescimento de microrganismos e do aumento no tempo de conservação, necessitam de embalagem adequada, transporte e armazenamento adequado, que prolonguem ao máximo as características do produto obtidas na secagem.

A desidratação além de ser utilizada como um método de conservação, impedindo a deterioração e perda do valor comercial, objetiva também o refinamento do alimento, tendo-se como consequência a instalação de um novo produto no mercado, o que usualmente vem motivando os investimentos de produção e beneficiamento agrícola, face aos benefícios monetários que derivam da transformação do produto (UNIFEM, 1989).

2.3.1 Liofilização

A liofilização é uma desidratação por sublimação, onde primeiro congela-se o produto, colocando-o em temperatura e pressão parcial de vapor d'água inferiores as do ponto triplo da água (0,0099°C e 610,5 Pa), proporcionando-lhe o calor latente de sublimação (2,84 MJ kg⁻¹).

Os liofilizadores consistem de uma câmara o vácuo com bandejas para conter o alimento durante a secagem; aquecedores para suprir a necessidade de calor latente de

sublimação, serpentinas de refrigeração para condensar os vapores diretamente em gelo, ou seja, sublimação inversa; dispositivos automáticos de descongelamento para manter a máxima área da serpentina livre de gelo e bombas de vácuo para remoção dos vapores não condensáveis (FELLOWS, 2006), ainda de acordo com autor, existem diferentes tipos de secadores, os quais são caracterizados pelo método usado para transferir calor aos alimentos. Dentre os vários modelos de secadores tem-se: liofilizador de contato (ou por condução); liofilizadores acelerados; liofilizadores por radiação; liofilizadores de micro-ondas e dielétricos.

O processo de liofilização consiste na remoção da água dos alimentos por sublimação na qual a água é separada como vapor da substância previamente congelada, passando da fase sólida, diretamente para fase gasosa. O processo de liofilização é condicionado a uma temperatura de sublimação inferior ao ponto triplo da água. O ponto triplo da água ocorre a uma pressão de 639,95 Pa em temperatura de 273,15K (LIAPES *et. al.*, 2005).

Liapis *et al.*, (1987) afirmam que a liofilização tem como objetivo a preservação da qualidade dos produtos. Ainda de acordo com os autores, por ser um processo que utiliza baixas temperaturas, traz como benefícios a minimização das várias reações de degradação que ocorrem durante a secagem convencional, como reação de Maillard, desnaturação proteica e reações enzimáticas. Os produtos desidratados possuem boa capacidade de reidratação voltando a sua estrutura original; este fato deve-se ao congelamento das amostras que reduz os colapsos estruturais da matriz sólida, evitando o encolhimento excessivo após a desidratação (CÁNOVAS & MERCADO, 2000).

O emprego das baixas temperaturas reduz as reações de degradação e as taxas de transporte em que são perdidas características sensoriais como sabor e aroma por volatilidade. Fellows (2006) afirma que na liofilização ocorrem alterações mínimas em proteínas, amidos e outros carboidratos. Contudo devido à estrutura porosa aberta do alimento liofilizado, a entrada de oxigênio é permitida, causando deterioração oxidativa dos lipídeos.

2.4 Parâmetros de qualidade de alimentos em pó

Alimentos em pó oferecem grandes vantagens para utilização na indústria alimentícia como matéria prima ou mesmo como aditivo em matrizes alimentícias, que podem ser incorporados em biscoitos, bolos, pães e outras classes de alimentos como forma de enriquecimento nutricional.

Os alimentos em pó apresentaram características físicas variadas como: tamanho e distribuição das partículas, densidade, porosidade, solubilidade, molhabilidade dispersibilidade, entre outras, essas propriedades ajudam na definição dos produtos em pó, os parâmetros do processo e os fenômenos que influenciam no seu comportamento (TEUNOU *et al.*, 1999).

Uma importante propriedade dos alimentos em pó, é a transição vítrea, principal característica dos materiais amorfos, que consiste em uma transição de um sólido vítreo para um estado “borrachudo” ou gomoso. A temperatura à qual é atribuída essa transição é designada temperatura de transição vítrea (Tg) (ORDÓÑEZ *et al.*, 2005). Alimentos ricos em açúcares, como produtos derivados de frutas, apresentam uma baixa temperatura de transição vítrea (Tg) desses compostos, o que facilita a absorção de água, promovendo a formação de aglomerados, a dissolução de açúcares amorfos e a recristalização dos mesmos (JULIANO & BARBOSA-CÁNOVAS, 2010).

A importância do conhecimento da Tg nos alimentos amorfos é necessária para obtenção de informações sobre processamento, embalagem e armazenamento adequado ao produto. A transição vítrea pode explicar a cristalização da sacarose em sólidos amorfos, mudança de textura de massas, perda de textura dos produtos liofilizados e a gelatinização e retrogradação do amido (CARLOS *et al.*, 2005; COLLARES, 2001).

Como forma de evitar ou minimizar alterações indesejáveis, podem ser utilizados aditivos de alto peso molecular nos alimentos antes do processo de desidratação como forma de aumentar-se a temperatura de transição vítrea destes alimentos (TONON *et al.*, 2009) como exemplos, são comuns o uso de maltodextrinas, goma arábica, goma de cajueiro entre outras substâncias.

Estudos demonstram que a goma arábica tem valores de Tg superiores as das maltodextrinas (RIGHETTO & NETTO, 2000; COLLARES *et al.*, 2004), o que sugere a adição da goma arábica é provavelmente mais efetiva que as maltodextrinas para aumentar a Tg dos alimentos submetidos a desidratação, contudo pela facilidade de uso e disponibilidade do mercado a maltodextrina vem sendo amplamente utilizada como agente carreador na indústria de alimentos.

2.5 Isotermas de Sorção

As isotermas de sorção relacionam o teor de água do alimento (expresso como massa de água por unidade de massa de matéria seca da amostra) com a sua atividade de água em

uma dada temperatura (RIBEIRO & SERAVALLI, 2007). Ainda de acordo como os autores, a determinação das isotermas é de grande relevância, pois fornecem informações úteis para processos de concentração, secagem e hidratação de alimentos, bem como verificar e acompanhar a estabilidade dos alimentos, principalmente durante o armazenamento.

Bobbio & Bobbio (2001) preconizam que o termo “sorção” é designado ao fenômeno de adsorção e dessorção de água que têm lugar em uma matéria quando submetida a um ambiente de temperatura e umidade relativa controlada através de um processo de secagem ou de reidratação

Ditchfield (2000), afirma que o conhecimento das isotermas de sorção dos alimentos é de grande importância para a ciência e tecnologia de alimentos para a resolução de muitos problemas, como: avaliação e caracterização das ligações da água; análise do calor de sorção; otimização do processamento, como, por exemplo, nos processos de secagem e armazenamento, avaliação de problemas de estocagem e embalagem, na estimativa da estabilidade microbiana, química e física dos alimentos, entre outros.

A relação entre atividade de água e umidade relativa permite conhecer o quanto de umidade um alimento poderá receber ou perder quando exposto a uma atmosfera de determinada umidade relativa e temperatura (ROCKLAND & BEUCHAT, 1987). O aporte da atividade de água é indispensável para garantir a estabilidade de alimentos e controlar as taxas de crescimento microbológico. Ditchfield (2000), afirma que o principal fator na estabilidade de um alimento não é, portanto, o teor de água, mas sim a disponibilidade da água para o crescimento de micro-organismos e reações químicas.

2.6 Modelagem matemática

A literatura apresenta mais de 200 equações para representação das isotermas dos produtos agrícolas. Os modelos diferem tanto em sua base teórica ou empírica quanto na quantidade de parâmetros envolvidos (MULET *et al.*, 2002). As equações teóricas baseiam-se nas teorias cinéticas de adsorção de Kelvin, Langmuir e BET (Brunauer, Emmett e Teller) (LEHN & PINTO, 2004).

Os modelos matemáticos facilitam o cálculo do teor de umidade durante a secagem, visto que, neste processo ocorrem constantemente variações na temperatura e umidade relativa do ar em contato com o alimento, o que provoca alterações no teor de umidade de equilíbrio, e, conseqüentemente, é necessário o seu cálculo inúmeras vezes (SILVA *et al.*, 2008), os modelos utilizados para o ajuste da isotermas de sorção, são em sua maioria empíricas, no entanto, são bastantes uteis para o conhecimento das características dos

produtos. Dentre os diversos modelos destaca-se: BET (branauer, emment e teller), GAB (gugghenenheim, anderson e boer), Henderson e Oswin.

Segundo Silva *et al.*, (2007) o modelo de BET (Equação 2), considera a natureza química da umidade do produto para camadas polimoleculares de produtos agrícolas. Já o modelo de Oswin (Equação 4) baseia-se na expansão matemática para curvas de formato sigmoidal.

As teorias de adsorção física de Langmuir e BET foram ampliadas por Guggenheim, Anderson e Bôer, resultando numa equação triparamétrica conhecida como equação de GAB, matematicamente adequada para aplicações em engenharia e que permite um ótimo ajuste de dados de sorção de quase todos os alimentos até atividade de água de 0,9 sendo uma faixa de atividade de água mais ampla do que a permitida pela equação de BET (PEZANTES 2006). Contudo, a equação de GAB é reduzida a de BET quando K (constante) for igual à unidade (PRADO, 1998). O modelo de GAB (Equação 1) é de amplo uso em alimentos e recomendada pelo Grupo de Projetos Europeus COST 90, que trata sobre propriedades físicas de alimentos (GÁLVEZ; ARAVENA; MONDACA, 2006).

Os modelos matemáticos propostos por BET, GAB, Henderson e Oswin estão descritos nas equações 1, 2, 3 e 4 respectivamente.

$$\text{GAB} \quad X_e = \frac{X_m \cdot C \cdot K \cdot a_w}{(1 - K \cdot a_w) \cdot (1 - K \cdot a_w + C \cdot K \cdot a_w)} \quad [\text{Equação 1}]$$

$$\text{BET} \quad X_e = \frac{X_m \cdot C \cdot a_w}{(1 - a_w)} \left[\frac{1 - (n + 1) \cdot (a_w)^n + n \cdot (a_w)^{n+1}}{1 - (1 - C) \cdot a_w - C \cdot (a_w)^{n+1}} \right] \quad [\text{Equação 2}]$$

$$\text{Handerson} \quad X_e = \left[\frac{-\ln(1 - a_w)}{b} \right]^{\frac{1}{a}} \quad [\text{Equação 3}]$$

$$\text{Oswin} \quad X_e = a \cdot \left[\frac{a_w}{1 - a_w} \right]^b \quad [\text{Equação 4}]$$

Onde: X_e : umidade de equilíbrio em base seca (b.s.); n: número de camadas moleculares; X_m : conteúdo de umidade na monocamada molecular, $\text{kg} \cdot \text{kg}^{-1}$; C, K: constantes de sorção; a, b: parâmetros de ajuste dos modelos.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Obtenção e armazenamento da matéria prima

As polpas de acerola e mamão, sem adição de conservantes, foram obtidas em uma agroindústria de processamento de polpas de frutas localizada no município de Fortaleza. Após a obtenção, as mesmas foram transportadas na própria embalagem de comercialização em caixa térmica para manutenção da temperatura de congelamento até o Laboratório de Refrigeração da Universidade Federal do Ceará, onde permaneceram armazenadas em freezer a -18°C para posteriores análises.

3.2 Planejamentos experimentais e análises estatística

O planejamento experimental foi realizado para estudar as melhores condições de tempo de liofilização e concentração maltodextrina através de delineamento composto central rotacional (DCCR) 2^2 , incluindo 4 ensaios axiais e triplicata no ponto central (RODRIGUES; LEMMA, 2009).

Para cada ensaio foram utilizadas 400 g de amostra (polpa + maltodextrina) dividida em quatro bandejas contendo 100 g cada. Como variável resposta ao planejamento adotou-se a higroscopicidade e umidade das polpas em pó liofilizadas. Para cada polpa utilizada nesta pesquisa foi realizado um planejamento experimental. Desta forma cada fator foi estudado variando-os em 5 níveis (Tabela 4).

Tabela 4 - Níveis do planejamento utilizado para liofilização das polpas de mamão e acerola.

Variáveis independentes:	Níveis				
	-1,42	-1	0	+1	+1,42
Tempo liofilização (h) – X_1	15,48	18	24	30	32,52
Concentração Maltodextrina (%) – X_2	4,9	7	12	17	19,1

As faixas de variação entre os limites inferior e superior para variáveis independentes foram estabelecidas a partir de dados da literatura e de testes preliminares realizados. O planejamento experimental nas condições estabelecidas neste estudo necessita da efetivação de 11 ensaios em condições distintas conforme descrito na Tabela 5, com a distribuição de quatro ensaios fatoriais (combinações entre os níveis -1 e +1), três ensaios centrais (duas variáveis independentes no nível 0) e quatro axiais (uma variável independente no nível $\pm \alpha$ e a outra, em 0), gerando um modelo quadrático, onde o valor das variáveis

respostas (higroscopicidade e umidade) estão em função das variáveis independentes (tempo de liofilização e concentração de maltodextrina). A Tabela 5 apresenta as condições utilizadas para liofilização das polpas de acerola e mamão.

Tabela 5 - Ensaios do planejamento experimental variando-se o tempo de secagem e a concentração de maltodextrina

Variáveis Reais e codificadas		
Ensaio	Tempo de liofilização (h) (X ₁)	Maltodextrina (%) (X ₂)
1	30 (+1)	17 (+1)
2	18 (-1)	17 (+1)
3	30 (+1)	7 (-1)
4	18 (-1)	7 (-1)
5	24 (0)	12 (0)
6	24 (0)	12 (0)
7	24 (0)	12 (0)
8	15,48 (-1,42)	12 (0)
9	32,52 (+1,41)	12 (0)
10	24 (0)	4,9 (-1,41)
11	24 (0)	19,1 (+1,41)

Após a análise estatística dos coeficientes, a análise de variância (ANOVA) foi aplicada com o intuito de testar a adequação dos modelos gerados através da avaliação do coeficiente de determinação (R^2) e do teste F . Definidos os modelos foi possível determinar os valores das variáveis independentes que ocasionaram melhores higroscopicidade dos pós.

Para visualização dos efeitos das variáveis independentes e das interações sobre a variável resposta avaliada, conforme planejamento composto central gerado foi construído o gráfico de superfície de resposta no qual a ANOVA mostrou-se significativa.

Os dados foram tratados estatisticamente com o auxílio do software Statistica 7.0 (STATSOFT, 2007), de forma a assegurar a validade dos coeficientes dentro de um intervalo de confiança de 95%.

3.3 Processos de Liofilização

Os processos de liofilização das polpas de acerola e mamão foram realizados em liofilizador de bancada marca TERRONI modelo LS3000B, composto por: painel de controle,

câmara de secagem, bandejas de aquecimento, câmara de condensação, sistemas de vácuo, trocador de calor e saída do dreno. As polpas foram formuladas de acordo com a Tabela 5.

3.3.1 Liofilização da polpa de acerola e obtenção do pó

A polpa de acerola foi previamente descongelada em temperatura de refrigeração ($8^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$). Após total descongelamento e posterior formulação, a polpa foi disposta em quatro bandejas de aço inox, as quais foram novamente congeladas em Ultra freezer marca Terroni modelo CL90 - 40V até a temperatura de $-38^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ por 24 horas. Posteriormente as amostras foram submetidas ao processo de liofilização. O procedimento foi realizado da mesma forma para todos os 11 ensaios previstos pelo planejamento.

3.3.2 Liofilização da polpa de mamão e obtenção do pó

A polpa de mamão foi previamente descongelada em temperatura de refrigeração ($8^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$). Após total descongelamento e posterior formulação, a polpa foi disposta em quatro bandejas de aço inox, as quais foram novamente congeladas em Ultra freezer marca Terroni modelo CL90 - 40V até a temperatura de $-38^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ por 24 horas. Posteriormente as amostras foram submetidas ao processo de liofilização. O procedimento foi realizado da mesma forma para todos os 11 ensaios previstos pelo planejamento.

3.4 Embalagem e Armazenamento dos pós

Finalizado cada ensaio dos planejamentos, as amostras das polpas em pó liofilizadas foram desintegradas e acondicionadas em embalagens transparentes de polietileno, com gramatura $100,0\text{ g/m}^2$ e dimensões de 19,5 cm de altura e 10,0 cm de largura. As embalagens foram seladas a vácuo e devidamente codificadas e armazenadas sobre o abrigo da luz em temperatura ambiente.

3.5 Análises das polpas *in natura* e polpas em pó

As análises físico-químicas das polpas de mamão, acerola e do pó das polpas de acerola e mamão liofilizadas, foram realizadas no Laboratório de Controle de Qualidade de Alimentos e Secagem da Universidade Federal do Ceará. Para realização das análises das polpas, as mesmas foram previamente descongeladas em temperatura de refrigeração ($8^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$). As análises foram realizadas em triplicata de acordo com as metodologias citadas a seguir:

3.5.1 Umidade

A determinação da umidade das amostras foi obtida por método gravimétrico através da pesagem de 5,0 g da amostra e secagem em estufa à vácuo por seis horas à temperatura de 70,0 °C, segundo o método 309/IV do Instituto Adolfo Lutz (2008). Esta operação foi repetida até a obtenção de peso constante. Os resultados foram expressos em porcentagem de umidade.

3.5.2 Sólidos solúveis totais

A análise de sólidos solúveis nas polpas foi realizada em refratômetro digital portátil modelo r² mini, previamente calibrado com água destilada. Para determinação dos sólidos solúveis das polpas em pó liofilizadas, diluiu-se aproximadamente 1,0 g de pó para 10,0 ml de água destilada. Os conteúdos de sólidos solúveis totais foram expressos em °Brix (IAL, 2008).

3.5.3 Potencial hidrogênionico

Para a determinação do pH nas polpas, a leitura foi realizada diretamente na amostra em potenciômetro da marca Quimis, previamente calibrado com soluções tampão de pH 4,0 e pH 7,0 conforme o método 017/IV do Instituto Adolfo Lutz (2008). Na determinação do potencial hidrogênionico das polpas em pó, foi realizada com diluição 1,0:10,0 (pó:água destilada).

3.5.4 Ácido Ascórbico

A quantificação do ácido ascórbico foi obtida através de método titulométrico utilizando-se solução de DFI (2,6 dicloro-fenol-indofenol (0,02%)) até a coloração róseo claro permanente conforme Strohecker e Henning (1967). Inicialmente pesou-se cerca de 2,0 g das polpas, e posteriormente transferido-as para balão volumétrico onde foi adicionado solução de ácido oxálico. Posteriormente, foi transferida desta solução uma alíquota de 5,0 mL para um erlenmeyer e adicionado 45 mL de água destilada, então titulado com DFI até coloração róseo claro persistente. Para determinação dos produtos em pó foi realizada diluição 1:10 (pó:água destilada). Os resultados foram expressos em mg de ácido ascórbico.100g⁻¹ de amostra.

3.5.5 Açúcares totais e redutores

Os açúcares solúveis totais e redutores foram realizados pelo método DNS, seguindo metodologia descrita pelo Instituto Adolfo Lutz (2008). Os resultados foram expressos em (g/100g).

3.5.6 Acidez total titulável

A acidez titulável foi determinada pela diluição de 1,0 g da polpa ou do pó obtido em 50,0 mL de água destilada titulando-se a amostra com solução de hidróxido de sódio 0,1 N recentemente padronizada, com utilização de solução de fenolftaleína 1,0 % como indicador até a coloração levemente rósea, conforme descrito no método 310/IV do Instituto Adolfo Lutz (2008). Os resultados foram expressos em g ácido cítrico/100g.

3.5.7 Carotenoides

Pesou-se 5 mL ou 5 g da amostra, 15 mL de álcool isopropílico e 5 mL de hexano, colocou-se em um Erlenmeyer protegido da luz e em seguida agitou-se esta solução 1 min em um agitador magnético. Após a agitação, transferiu-se o conteúdo para um funil de separação de 125 mL envolto em papel alumínio, completando-se o conteúdo com água e deixando-se descansar por 30 min, fazendo-se a lavagem em seguida (retirando a fase aquosa e deixando a fase de cor amarela). Após três descansos de 30 min cada, filtrou-se o conteúdo em um algodão (com um 1g de sulfato de sódio anidro PA) para um balão volumétrico (25 mL) envolto em papel alumínio, lavando o algodão com hexano e pressionando-o no funil, para que não ficasse pigmento amarelo no algodão. Adicionou-se ao balão 2,5 mL de acetona e completou-se o restante com hexano. O “branco” é composto de 1 mL de acetona e 9 mL de hexano e a leitura feita em um comprimento de onda de 450 nm. (HIGBY,1962).

Cálculo:

$$C = \frac{(Abs_{450} \times 50)}{(125 \times (P/V))} \quad \text{[Equação 5]}$$

Onde: C= carotenoides (mg); Abs₄₅₀ = absorbância lida em espectrofotômetro a 450 nm; P = peso da amostra (g); V = volume do balão utilizado (mL).

3.5.8 Antocianinas e Flavonoides totais

A determinação das antocianinas e flavonoides totais foi realizada através do método de FRANCIS (1982), que consiste na extração dos pigmentos antocianicos com uma solução extratora de etanol e HCl 1,5N (na proporção de 85:15, respectivamente), seguida por

uma homogeneização, armazenamento sob refrigeração durante 16 horas e posterior leitura da absorvância em espectrofotômetro. Para antocianinas a leitura foi realizada em comprimento de onda de 535nm e 374nm para flavonoides.

3.5.9 Cor instrumental

A cor das amostras foi obtida através do sistema de leitura dos parâmetros, CIElab, proposto pela Comissão Internationale de l'Eclairage (CIE) em 1971. Os parâmetros L^* , a^* e b^* foram avaliados usando colorímetro Konica Minolta Spectrophotometer modelo CR410, onde L^* define a luminosidade ($L^* = 0$ preto e $L^* = 100$ branco) e a^* e b^* são responsáveis pela cromaticidade ($+a^*$ vermelho e $-a^*$ verde, $+b^*$ amarelo e $-b^*$ azul).

3.5.10 Higroscopicidade

A higroscopicidade foi realizada segundo a metodologia descrita por Goula e Adamopoulos, (2010), com modificações. Cerca de 1,0 g de pó foi espalhado uniformemente sobre uma placa de Petri de 9 cm de diâmetro, e colocada em dessecadores sob as condições de 24,0 °C e 72% de umidade relativa utilizando solução de NaCl, com pesagens em intervalos de 10 minutos durante 120 minutos. Para o cálculo da higroscopicidade foi utilizada a equação a seguir:

$$h = \frac{((a/b) \times 100) + U}{100 + (a/b)} \times 100 \quad \text{[Equação 6]}$$

Onde: h: higroscopicidade (%); U: Umidade, % (valor obtido na análise de grau de caking); a: ganho de umidade apresentado pela amostra (g); b = peso da amostra em pó (g);

3.6 Análises das polpas de acerola e mamão em pó no ponto ótimo

Após determinação das condições ótimas para obtenção das polpas de acerola e mamão em pó, determinou-se a caracterização físico-química das polpas *in natura* e das polpas em pó no ponto ótimo. Realizou-se a determinação das isotermas de adsorção das polpas em pó de acerola e mamão.

3.6.1 Caracterização físico-químicas das polpas em pó

As polpas em pó obtidas nas condições de otimização do processo de liofilização foram analisadas segundo a metodologia especificada anteriormente no item 3.5.

3.6.2 Modelagem das isotermas de sorção das polpas em pó

A umidade de equilíbrio das polpas de acerola e mamão liofilizadas no ponto ótimo foi determinada pelo método gravimétrico estático, utilizando-se soluções salinas saturadas em água destilada, para uma determinada faixa de umidade relativa, de acordo com Greespan (1977), onde as amostras das polpas de acerola e mamão liofilizadas em triplicata foram colocadas em cadinhos e acondicionadas em células herméticas contendo as soluções salinas com umidade relativa desejada.

Alcançado o equilíbrio, determinou-se a atividade de água das amostras a 20, 35, e 50 °C, e em seguida, as amostras foram levadas para estufa a 70 °C com pesagens sucessivas em intervalos de uma hora até peso constante para obter-se a massa seca.

A determinação da umidade de equilíbrio foi dada através da seguinte equação:

$$X_e = \frac{m_e - m_s}{m_s} \quad \text{[Equação 7]}$$

Onde: X_e = umidade de equilíbrio (g água/g massa seca); m_e : massa da amostra quando atingido o equilíbrio (g); m_s : massa seca da amostra (g).

O ajuste matemático das isotermas das polpas liofilizadas de mamão e acerola foi avaliado pelos modelos biparamétricos de Henderson e Oswin, e tri-paramétricos de GAB e BET comumente empregados em tal predição. Os ajustes foram realizados através do aplicativo Statistica 7.0 (STATSOFT, 2007). O erro médio dos modelos testados para prever as isotermas das polpas de acerola e mamão em condições otimizadas foi realizada através da seguinte equação.

$$E = \frac{100}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|(M_i - Mp_i)|}{M_i} \quad \text{[Equação 8]}$$

Onde: E - erro médio relativo; M_i - valores obtidos experimentalmente; Mp_i - valores preditos pelo modelo; n - número de dados experimentais.

3.7 Delineamento de misturas para formulação dos “blends”

A formulação dos “blends” foi realizada através da ferramenta de delineamento de misturas Simplex Centroide Aumentado. Os dados foram inseridos através do aplicativo Statistica 7.0 (STATSOFT, 2007). Adotou-se como restrição para os limites mínimos e máximos para as polpas em questão valores correspondentes a 25 e 75% respectivamente e 0 a 50% os valores correspondentes à concentração de maltodextrina, gerando 10 tratamentos como explicitado na Tabela 6, onde em cada tratamento obtém-se o percentual final de 100%, para cada tratamento adotou-se um total de 400g (polpas e maltodextrina). Como variável resposta adotou-se higroscopicidade, solubilidade, grau de caking e tempo de reidratação.

A Tabela 6 apresenta os ensaios do delineamento das misturas das polpas de acerola, mamão e adjuvante de secagem (maltodextrina).

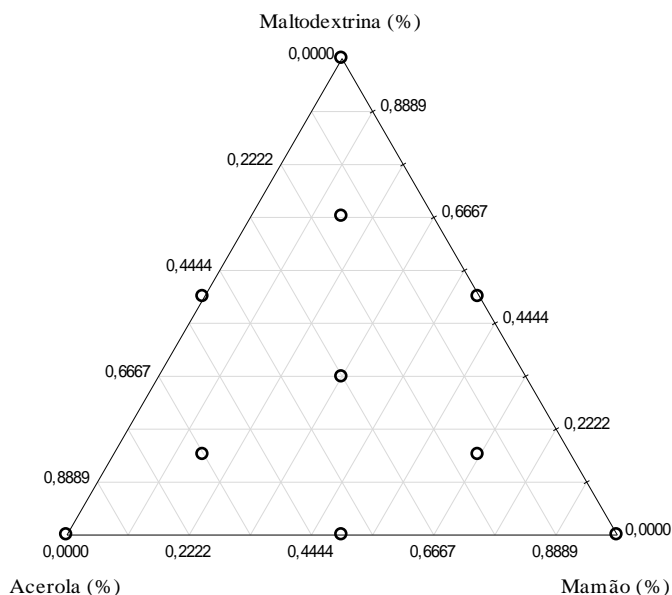
Tabela 6 - Delineamento das misturas das polpas de acerola, mamão e maltodextrina.

Variáveis Reais			
Ensaio	Polpa de acerola%	Polpa de mamão%	Maltodextrina%
1	75,00	25,00	0,00
2	25,00	75,00	0,00
3	25,00	25,00	50,00
4	50,00	50,00	0,00
5	50,00	25,00	25,00
6	25,00	50,00	25,00
7	41,67	41,67	16,67
8	58,33	33,33	8,33
9	33,33	58,33	8,33
10	33,33	33,33	33,33

Para definição do tempo de liofilização das misturas, foi adotado os melhores tempos liofilização obtidos pelo planejamento em separado das polpas de acerola e mamão, logo o tempo determinado para liofilização das misturas, foi a média aritmética simples entre os melhores tempos obtidos para liofilização das polpas em questão.

A Figura 2 mostra o diagrama ternário utilizado para interpretação dos dados gerados pela mistura de 3 componentes.

Figura 2 – Diagrama gerado pelo delineamento experimental simplex centroide para 3 componentes.



3.8 Análises dos “blends” em pó

As formulações dos “blends” foram formuladas segundo o explicitado na Tabela 6, gerando 10 bateladas, as amostras foram acondicionadas nas mesmas condições discriminadas no item 3.4. Os “blends” em pó foram analisados segundo metodologia descrita a seguir:

3.8.1 Higroscopicidade

A higroscopicidade das amostras foi avaliada segundo metodologia de Goula & Adamopoulos (2010) descrita no item 3.5.10.

3.8.2 Grau de caking

Após a análise da higroscopicidade, a amostra úmida foi levada à estufa a vácuo a 70,0 °C, com pesagens em intervalos de 2 horas, até peso constante. Após o resfriamento em dessecador, a amostra foi pesada e transferida para uma peneira de 500 µm. A peneira foi agitada por 5 minutos. O peso do pó restante na peneira foi medido. O grau de caking foi calculado conforme Jaya e Das (2004). Para determinação do grau de *caking* foi utilizada a seguinte Equação:

$$Gk = \frac{100 \cdot a}{b} \quad [\text{Equação 9}]$$

Onde: Gk: Grau de caking (%); a: quantidade de pó permanecido na peneira após peneiramento (g); b: quantidade do pó utilizado(g).

3.8.3 Solubilidade

A determinação da solubilidade em água das misturas em pó, foi realizada segundo método descrito por Eastman & Moore (1984) modificado por Cano-Chauca *et. al.*, (2005), que constituiu em adicionar um grama (1g) de amostra em água destilada sob agitação de 2500 rpm por 5 min. A solução, então foi transferida para um tubo de 50 mL, foi centrifugada a 2500 rpm por 5 min. Uma alíquota do sobrenadante de 20 mL foi transferida para uma placa de petri, com peso conhecido, e submetida à secagem em estufa a 70°C. A solubilidade foi dada em percentagem através da diferença entre o peso final e o inicial do material contido na placa de petri.

3.8.4 Tempo de reidratação

Foi realizada com adição de 2 g da amostra a 50 mL de água destilada a 26 ° C. A mistura, contida em becker de 100mL foi agitada em agitador magnético, com rotação de 800 rpm, utilizando uma barra de agitação. O tempo necessário para amostra a ser completamente reidratados será registado (GOULA & ADAMAPOULOS, 2010).

3.9 Estudo da estabilidade do "blend"

Após determinação das condições para obtenção da liofilização do "blend", foi realizado o estudo da estabilidade do "blend" em pó acondicionado em embalagens de polietileno envolvidas em folha de alumínio armazenados por 20 dias. Avaliou-se o comportamento do ácido ascorbico, higroscopicidade, umidade e cor instrumental L*, a* e b* dos produtos a cada 5 dias. Os blends foram acondicionadas conforme descrito no item 3.4 anteriormente e as análises realizadas conforme metodologia usual já descrita no item 3.5 deste trabalho.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Resultados dos planejamentos experimentais

Os resultados dos ensaios realizados para obtenção das polpas de acerola e mamão em pó através do processo de liofilização utilizando como variáveis independentes o tempo de liofilização (h) e concentração de maltodextrina (%), apresentaram os valores de higroscopicidade e umidade descritos pela Tabela 7.

Tabela 7 - Resultado dos planejamentos experimentais para polpa de acerola e mamão com as médias dos resultados de higroscopicidade e umidade para as polpas em pó de acerola e mamão.

Variáveis independentes						
Ensaio	Variáveis Reais		Variáveis Respostas			
	X ₁	X ₂	H1	H2	U1	U2
1	30	17	0,85 ^b ±0,00	1,62 ^c ±0,53	0,83 ^b ±0,10	2,03 ^b ±0,32
2	18	17	1,72 ^{b,c} ±0,00	5,24 ^d ±0,01	1,79 ^{b,c} ±0,82	5,53 ^c ±0,15
3	30	7	1,62 ^{b,c} ±0,0	3,61 ^{b,e} ±0,00	1,69 ^{b,c} ±0,18	3,89 ^{a,e} ±0,35
4	18	7	3,90 ^a ±0,00	4,23 ^{ab} ±0,00	4,23 ^a ±0,35	4,53 ^{a,d} ±0,17
5	24	12	1,69 ^{b,c} ±0,00	2,21 ^{c,f} ±0,57	1,77 ^{b,c} ±0,25	2,68 ^{b,f} ±0,12
6	24	12	1,81 ^c ±0,00	2,67 ^{f,g} ±0,01	1,91 ^c ±0,17	2,83 ^f ±0,40
7	24	12	1,91 ^c ±0,00	3,03 ^{e,g} ±0,00	2,01 ^c ±0,20	3,23 ^{e,f} ±0,33
8	15,48	12	3,18 ^a ±0,00	4,95 ^d ±0,01	3,36 ^a ±0,28	5,28 ^{c,d} ±0,28
9	32,52	12	1,67 ^{b,c} ±0,00	3,06 ^{e,g} ±0,00	1,74 ^a ±0,21	3,29 ^{e,f} ±0,09
10	24	4,9	3,23 ^a ±0,00	3,09 ^{a,d} ±0,00	3,49 ^a ±0,20	5,04 ^{c,d} ±0,28
11	24	19,1	1,59 ^{b,c} ±0,00	2,78 ^{f,g} ±0,00	1,65 ^{b,c} ±0,24	2,94 ^f ±0,06

X₁- Tempo de liofilização (h); X₂- Maltodextrina (%); H1- higroscopicidade final da polpa de acerola liofilizada; H2- higroscopicidade final da polpa de mamão liofilizada; U (1)- umidade final da polpa de acerola liofilizada; U (2)- umidade final da polpa de mamão liofilizada. As medias seguidas pelo mesmo expoente, na mesma coluna, não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Os dados da Tabela 7 apresentam os valores médios para higroscopicidade e umidade das polpas em pó de acerola e mamão, com adição de maltodextrina obtidas no planejamento. Para a polpa de acerola em pó liofilizada, os valores de higroscopicidade variaram de 0,85 a 3,90%, entretanto para polpa de mamão os valores de higroscopicidade foram relativamente maiores com valores de 1,62 a 5,24%. Essas diferenças podem ser explicadas em decorrência da polpa de mamão apresentar maior percentual de açúcares solúveis o que contribui para aumento da higroscopicidade das amostras em virtude do caráter

hidrofílico exibido pelos açúcares. Barbosa (2010) ao comparar a eficiência dos adjuvantes de secagem maltodextrina DE10 e DE20 na redução da higroscopicidade de mix de frutas em pó observou que a maltodextrina DE10 foi mais eficaz para redução da higroscopicidade do mix em pó. Esse comportamento pode estar relacionado com o maior número de ramificações com grupos hidrofílicos apresentados pela maltodextrina DE20 em relação à maltodextrina DE 10 (BHANDARI & HARTEL, 2005), contudo a utilização do adjuvante de maltodextrina DE20 mostra-se eficaz na redução da capacidade higroscópica de materiais alimentícios, assim justifica-se sua escolha como adjuvante de secagem utilizado nesta pesquisa.

Em relação à umidade final das polpas de acerola e mamão em pó, os valores para polpa de acerola variaram de 0,83 a 4,23%; para a polpa de mamão, os valores de umidade média encontraram-se entre 2,03 a 5,53%, desta forma, conclui-se, que a polpa de mamão em pó apresentou maiores valores de umidade quando comparada a polpa de acerola em pó. Oliveira (2012) obteve valores de umidade de 0,49 % a 3,60 % no delineamento experimental para obtenção polpa de cajá liofilizado. Comportamento similar foi observado para higroscopicidade, onde a polpa de mamão apresentou maiores valores. De acordo com a legislação vigente, RDC nº 272 de 22 de setembro de 2005, os valores de umidade para ambas as polpas em pó, encontram-se em conformidade com a legislação que estipula um máximo de 5 % (BRASIL, 2005a).

Em decorrência dos valores de umidade obtidos para as polpas de acerola e mamão em pó encontrarem-se dentro do limite máximo permitido para produtos de frutas em pó liofilizadas, adotou-se a higroscopicidade final para as polpas de acerola e mamão liofilizadas como variável resposta de maior relevância a ser analisada nesta pesquisa.

A Tabela 8 apresenta os valores correspondentes aos efeitos estimados para higroscopicidade final da polpa de acerola em pó liofilizada, bem como coeficiente t e grau de significância (*p*) ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 8 - Efeito estimado, erro padrão, coeficiente t e grau de significância estatística, para cada fator no modelo codificado para higroscopicidade final da polpa de acerola liofilizada.

Fatores	Efeito estimado	Erro padrão	t (5)	Significância estatística (p)
Tempo (L)	-1,31855	0,226139	-5,83070	0,002098
Tempo (Q)	0,42666	0,268219	1,59071	0,172549
Maltodextrina (L)	-1,31519	0,226139	-5,81586	0,002122
Maltodextrina (Q)	0,41238	0,268219	1,53748	0,184783
Tempo X maltodextrina	0,70419	0,320464	2,19741	0,079352

De acordo com análise dos efeitos das variáveis utilizadas descritos na Tabela 8 para a higroscopicidade final da polpa de acerola em pó, apenas os efeitos lineares (L) apresentaram significância estatística sobre a higroscopicidade em um nível de 95% de confiança. Os resultados dos fatores quadráticos (Q) e da interação tempo de liofilização e maltodextrina não apresentaram significância do intervalo de 5% para a higroscopicidade.

Os parâmetros lineares (L) das variáveis, tempo de liofilização (h) e maltodextrina (%) apresentaram efeito negativo sobre a higroscopicidade, o que indica que o aumento desses fatores contribui para diminuição da higroscopicidade final da polpa de acerola liofilizada. Isto se deve ao fato da maltodextrina apresentar baixa higroscopicidade confirmando sua eficácia como adjuvante de secagem no sentido de reduzir a higroscopicidade dos alimentos desidratados. Rodríguez-Hernández *et al.*, (2005), ao estudarem a secagem de figo-da-Índia em *spray dryer*, utilizando concentrações de maltodextrina de 18 a 23%, verificaram que os pós menos higroscópicos foram aqueles obtidos com as maiores concentrações de maltodextrina, corroborando com o observado no presente estudo .

O modelo estatístico ajustado aos dados experimentais testados para a higroscopicidade da polpa de acerola, esta representado pela equação 9:

$$h = 13,9986 - 0,5351x_1 + 0,0059x_2 - 0,611x_1^2 + 0,0824x_2^2 + 0,0117x_1x_2 \quad [\text{Equação 9}]$$

Onde: h = higroscopicidade (%) ;x₁: tempo de liofilização; x₂: maltodextrina (%)

De acordo com ANOVA (Tabela 9), o valor de F_{calculado} para a higroscopicidade foi de 15,29, sendo este, maior que o F_{5,5} tabelado (5,05), desta forma o modelo de regressão gerado foi considerado estatisticamente significativo ao nível de 95% de confiança, expressando uma equação valida para fins preditos segundo preconizado por Barros Neto & Scarminio, Bruns (2001).

A Tabela 9 apresenta a análise de variância do modelo de regressão gerado para higroscopicidade da polpa de acerola em pó liofilizada

Tabela 9 - Análise de variância para a higroscopicidade (%) da polpa de acerola liofilizada

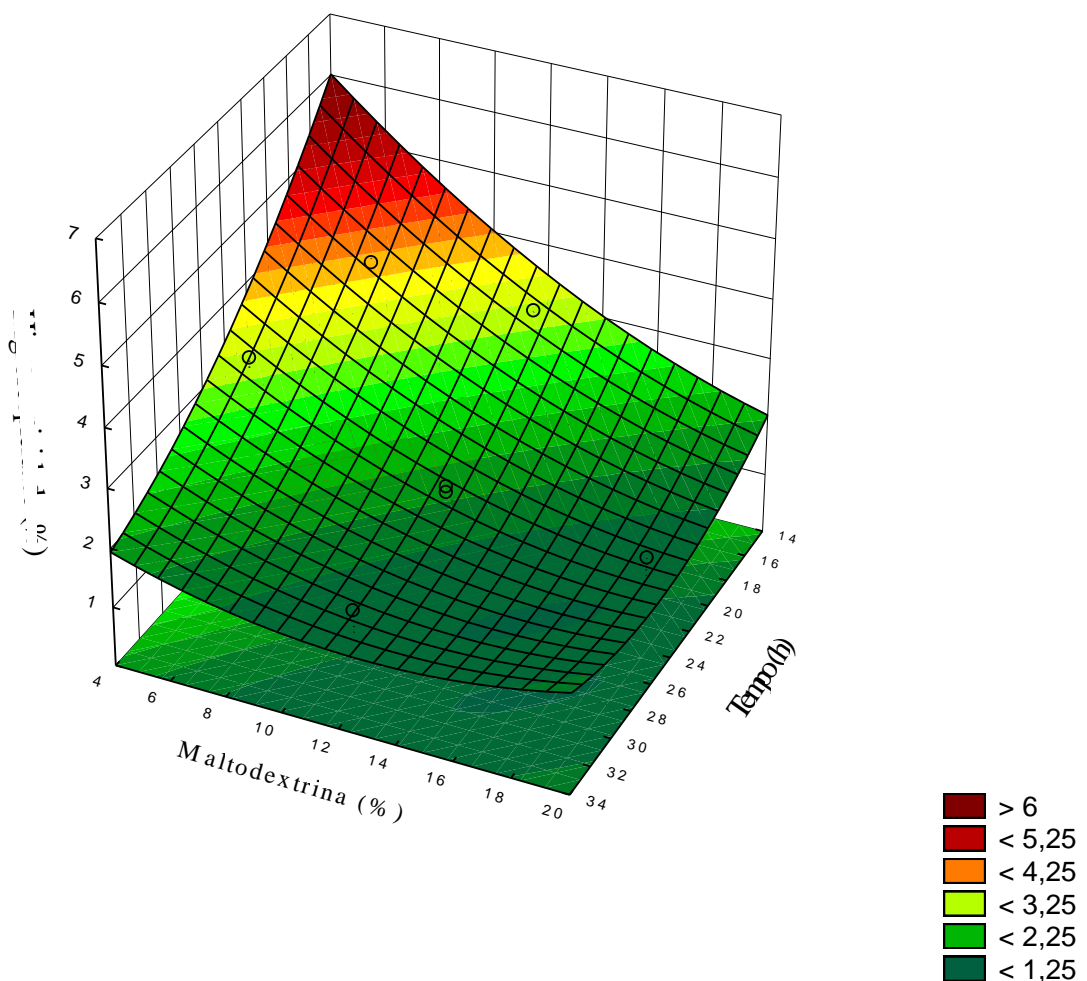
	SQ	GL	QM	F _{calc}	F _{tab} (5,5)	R ² (%)
Regressão	7,84836	5	1,569672	15,28584	5,05	93,8597
Resíduo	0,51344	5	0,102688			
Total	8,3618	10				

Análise de variância (ANOVA), utilizada para o modelo de regressão obtido para

a higroscopicidade final da polpa de acerola em pó liofilizada (Tabela 9), apresentou coeficiente de variação R^2 de 0,9385 significativo ($p \leq 0,05$), indicando bom ajuste do modelo, explicando a variação de 93,85% encontrada para modelo testado. Segundo Barros Neto, Scarminio, Bruns (2001), quanto mais próximo de 1 o valor de R^2 menor o erro e melhor o ajuste do modelo, assim, o coeficiente encontrado para o modelo nesta pesquisa para higroscopicidade da polpa de acerola liofilizada, pode ser utilizada para fins preditos. Com a validação do modelo, deu-se prosseguimento com a construção da superfície de resposta para a higroscopicidade da polpa de acerola em pó.

A Figura 3 apresenta a superfície de resposta para a higroscopicidade da polpa de acerola em pó

Figura 3 - Superfície de resposta para higroscopicidade da polpa de acerola em pó liofilizada.



Conforme análise dos dados através da Superfície de Resposta (Figura 3) foi possível perceber que o aumento da concentração de maltodextrina (%) e/ou do tempo de

liofilização contribuíram de forma eficiente para diminuição da higroscopicidade final da polpa de acerola em pó liofilizada, confirmando a análise dos efeitos (Tabela 8) com uma região de baixa higroscopicidade. Observa-se a partir do gráfico, que a região ótima para resposta desejada (baixa higroscopicidade), compreende as faixas de 28 a 30 horas de liofilização e concentração de maltodextrina entre 16 a 18%, contudo, percebe-se que a continuação do aumento da concentração de maltodextrina (18 e 20%) provocou efeito inverso sobre a higroscopicidade, isto é, ligeiro aumento da higroscopicidade mesmo quando associado a maiores períodos de liofilizações. De modo geral, pode-se afirmar que, além da resposta desejada, foi possível concluir que o aumento do tempo de operação, não somente iria contribuir para o encarecimento do produto final, como também a utilização de maltodextrina acima de 18% não beneficiaria o processo de obtenção da polpa de acerola em pó, assim evitou-se prejuízos futuros para consumidores e produtores.

A partir do ajuste do modelo de regressão para polpa de acerola em pó liofilizada, foi possível definir as melhores condições do processo, isto é, o melhor tempo de liofilização e concentração de maltodextrina para liofilização da polpa de acerola em função da menor higroscopicidade. As definições das condições ótimas estão demonstradas na Tabela 10.

A Tabela 10 apresenta as condições para liofilização da polpa de acerola em condições ótimas para obter-se a menor higroscopicidade.

Tabela 10 - Parâmetros para liofilização da polpa de acerola em condições ótimas

Condições de ótimas	
Tempo(h)	28,65
Maltodextrina (%)	16,66

No que concerne aos resultados obtidos para polpa de mamão em pó, a Tabela 11, apresenta a análise dos efeitos das variáveis (maltodextrina (%) e tempo (h)) sobre a higroscopicidade final da polpa de mamão em pó liofilizada em um intervalo de 90% de confiança, justifica-se este intervalo como forma de adequar-se aos dados e ao fato que para um produto desidratado, o rigor de 90% de confiança ainda é válido.

Tabela 11 - Efeito estimado, erro padrão, coeficiente t e grau de significância estatística, para cada fator no modelo codificado para higroscopicidade final da polpa de mamão liofilizada. Valores em negrito apresentaram significância ($p < 0,10$) sobre a higroscopicidade do mamão liofilizadas.

Fatores	Efeito estimado	Erro padrão	t (5)	Significância estatística (p)
Tempo (L)	-1,72366	0,328913	-5,24047	0,003353
Tempo (Q)	1,27092	0,390117	3,25779	0,022501
Maltodextrina (L)	-0,91901	0,328913	-2,79409	0,038260
Maltodextrina (Q)	0,99733	0,390117	2,55650	0,050862
Tempo X maltodextrina	-1,49843	0,466106	-3,21480	0,023602

Conforme apresentado na Tabela 11, todos os efeitos, isto é, efeitos lineares (L) quadráticos (Q) e a interação tempo X maltodextrina para a higroscopicidade da polpa de mamão em pó liofilizada foram significativos ao nível de 10% de significância. Percebe-se ainda valores negativos para os parâmetros lineares (L), demonstrando que o aumento destes fatores, contribuem diretamente para diminuição da higroscopicidade final da polpa de mamão em pó liofilizada.

O modelo estatístico ajustado aos dados experimentais testados para a higroscopicidade da polpa de mamão em pó, esta representado na Equação 10:

$$y = 13,035 - 0,691x_1 + 0,017x_1^2 - 0,028x_2 + 0,019x_2^2 + 0,0249x_1x_2 \quad [\text{Equação 10}]$$

Onde: y: Higroscopicidade; x_1 : Tempo de liofilização; x_2 : Maltodextrina.

A Tabela 12 (ANOVA) apresenta um coeficiente de correlação (R^2) de 0,9218, o que explicou 92,18% da variação dos dados experimentais no modelo, bem como indica um bom ajuste do modelo aos dados avaliados. O valor $F_{\text{calculado}}$ da regressão foi de 11,79, superior ao F_{tabelado} , evidenciando que a regressão foi estatisticamente significativa ao nível de significância (p) de 10%.

A Tabela 12 apresenta a análise de variância gerada pelo modelo de regressão para higroscopicidade da polpa de mamão em pó liofilizada.

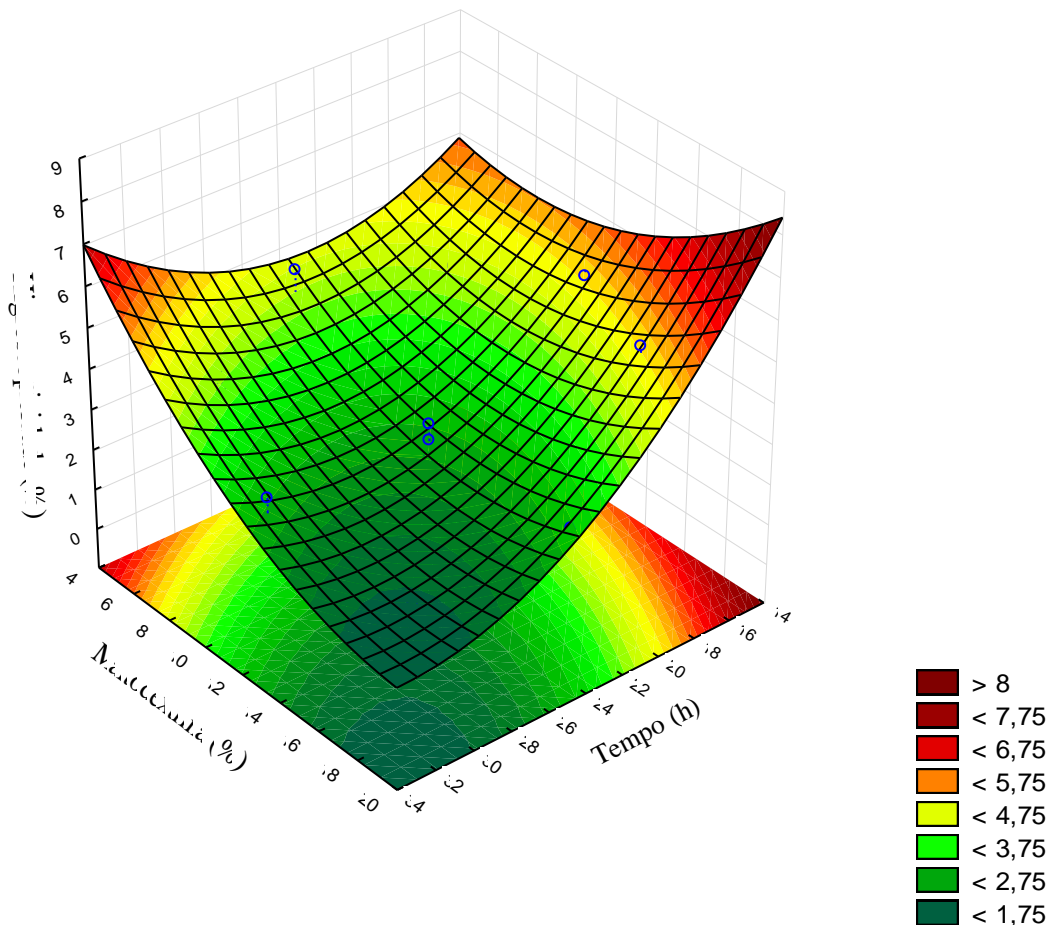
Tabela 12 - Análise de variância para a higroscopicidade (%) da polpa de mamão liofilizada.

	SQ	GL	QM	F_{calc}	$F_{\text{tab}} (5,5)$	R^2
Regressão	12,8137	5	2,56274	11,79573	3,52	0,92185
Resíduo	1,0863	5	0,21726			
Total	13,9	10				$P < 0,10$

Da mesma forma como observado na análise para polpa de acerola em pó

liofilizada, o modelo para higroscopicidade da polpa de mamão em pó pode ser utilizado para fins de predição, onde o coeficiente de variação dos dados experimentais do modelo foi de 92%. Para Scarminio e Bruns (2001), o modelo não pode ser utilizado para fins de predição quando o $R^2 < 0,60$, desta forma, segundo os autores tais modelos podem apenas serem utilizados para fins de tendência. A validação dos dados a partir da ANOVA possibilitou a análise através da superfície de resposta (Figura 4).

Figura 4 - Superfície de resposta para higroscopicidade da polpa de mamão em pó liofilizada.



Assim como observado para a polpa de acerola em pó liofilizada, a polpa de mamão em pó apresentou comportamento semelhante, onde novamente percebeu-se a eficiência do tempo de liofilização, e do aumento da concentração de maltodextrina, para a diminuição da higroscopicidade. A região de menor higroscopicidade, área correspondente à tonalidade verde mais escuro no gráfico encontra-se intervalo de 30 a 34 horas de liofilização e adição de maltodextrina de 16 a 20% aproximadamente, a análise da superfície de resposta possibilita ainda visualizar o estabelecido pela análise dos efeitos (Tabela 11) sobre a higroscopicidade final da polpa de mamão em pó liofilizada.

A partir do ajuste dos dados do modelo de regressão para polpa de mamão em pó liofilizada, foi possível definir as melhores condições de liofilização para a polpa de mamão para uma menor higroscopicidade. As condições ótimas estão apresentadas na Tabela 13.

A Tabela 13 apresenta as condições para liofilização da polpa de mamão em condições ótimas para obter-se a menor higroscopicidade.

Tabela 13 - Parâmetros para liofilização da polpa de mamão em condições ótimas

Condições ótimas	
Tempo(h)	34,25
Maltodextrina (%)	20,7

4.2 Caracterização físico-química das polpas *in natura* e polpas em pó

As polpas de acerola e mamão *in natura* e as polpas em pó em condições ótimas foram analisadas quanto a sua composição físico-química. A Tabela 14 apresenta os valores da caracterização físico-química das polpas de acerola e mamão *in natura* e para polpa em pó de acerola e mamão liofilizados.

O teor de ácido ascórbico para polpa de acerola em pó apresentou diferença estatística a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey, onde houve diminuição da quantidade de ácido ascórbico quando comparado aos valores obtidos para polpa de acerola *in natura*. Comportamento semelhante foi observado ao compararmos os valores obtidos para o mesmo ácido entre as polpas de mamão *in natura* e em pó, apresentando diminuição significativa ($p \leq 0,05$) pelo teste de Tukey. Mesmo com a diminuição nos teores de ácido ascórbico observado para ambas as polpas em pó, as mesmas mantiveram-se com níveis elevados deste nutriente 4464,80 mg/100g de pó em base seca (polpa de acerola em pó) e 156,84 mg/100g de pó em base seca (polpa de mamão em pó).

Ainda no que concerne ao teor de ácido ascórbico para polpa de acerola, a legislação brasileira determina como valor mínimo aceitável 800mg/100g do referido ácido, desta forma os valores encontram-se dentro do especificado pela legislação vigente (BRASIL, 2000). Para polpa de mamão, não existe especificação para o teor de ácido ascórbico, contudo obtiveram-se valores significativos para esse componente.

Tabela 14 - Caracterização físico-química das polpas de acerola e mamão *in natura* e polpas de acerola e mamão em pó.

Análises	Acerola		Mamão	
	Polpa <i>in natura</i>	Polpa em pó	Polpa <i>in natura</i>	Polpa em pó
*AA (mg/100g)	17704,99 ^a ±225,95	4464,83 ^b ±128,28	685,53 ^a ±0,00	156,84 ^b ±14,37
Umidade %	93,71±0,04	0,86±0,15	93,60±0,04	2,031±0,09
ATT (% ácido cítrico)	1,59 ^b ±0,17	5,23 ^a ±0,04	0,31 ^b ±0,03	1,15 ^a ±0,20
SST (°BRIX)	5,86 ^b ±0,05	90,0 ^a ±0,10	7,43 ^b ±0,15	91,0 ^a ±0,10
*Antocianinas (mg/100g)	115,14 ^a ±6,15	9,86 ^b ±0,57	31,10 ^a ±0,47	1,03 ^b ±0,05
*Flavonoides (mg/100g)	121,93 ^a ±6,12	11,47 ^b ±1,25	47,39 ^a ±2,04	3,50 ^a ±0,16
*Carotenoides (mg/100g)	21,85 ^a ±1,25	2,03 ^b ±0,09	63,13 ^a ±2,81	3,20 ^b ±0,25
pH	3,83 ^b ±0,98	4,11 ^a ±0,95	4,94 ^b ±0,00	5,06 ^a ±0,01
Açúcares totais (%)	2,88 ^b ±0,17	25,81 ^a ±0,65	3,97 ^b ±1,61	36,70 ^b ±0,98
Açúcares redutores (%)	1,42 ^b ±1,08	19,72 ^a ±0,50	2,12 ^b ±0,07	23,46 ^a ±0,37
L*	60,11 ^b ±0,28	82,85 ^a ±0,11	46,51 ^b ±0,60	83,15 ^a ±0,09
a*	19,23 ^a ±0,34	7,30 ^b ±0,02	37,77 ^a ±0,42	12,64 ^b ±0,11
b*	53,87 ^a ±0,24	34,18 ^b ±0,05	36,39 ^a ±1,90	38,57 ^a ±0,09

AA- Ácido ascórbico; ATT- Acidez total titulável; SST- Sólidos solúveis totais; pH- potencial hidrogênionico. As medias seguidas pelo mesmo expoente para as mesmas polpas, na mesma linha, não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. * valores expressos em base seca.

Marques (2006), ao analisar o teor de ácido ascórbico em polpas de acerola liofilizadas em diferentes estádios de maturação, descreveu que houve perdas de até 69% de quando comparado à polpa *in natura*, valores próximos aos obtidos nesta pesquisa, onde houve redução no teor de ácido ascórbico na ordem de 74,78%. Pinedo (2002), também observou uma redução exponencial do teor de ácido ascórbico em Camu-Camu liofilizado e armazenado em 23°C, o mesmo foi observado nesta pesquisa ao compararmos as polpas *in natura* e as polpas em pó.

Os valores de ácido ascórbico encontradas nas polpas *in natura* e liofilizadas neste trabalho caracterizam-nas, como boa fonte desta vitamina considerando a ingestão diária recomendada para adultos saudáveis de 60mg diariamente (BRASIL, 2005b).

Em relação ao teor de umidade, nota-se que a polpa de acerola *in natura* é constituída principalmente por água apresentado 93,71% de umidade, Brunini *et al.*, (2004) ao avaliarem a composição físico-química de acerolas provenientes de diferentes regiões de cultivo encontraram valores de umidade entre 73,05 a 84,78 %, já em estudo realizado pela

USDA (2006) sobre a composição nutricional da acerola o teor de umidade foi 91,41%. A polpa de mamão *in natura* apresentou 93,60% de umidade. De acordo com a Tabela de composição química do TACO (2011) a polpa mamão formosa apresenta 86,9% de umidade. De forma geral os valores obtidos para umidade das polpas *in natura* nesta pesquisa estão dentro da faixa considerada normal para a maioria dos produtos vegetais de 74 a 94% (ALAIS & LINDEN, 1990; FRANCO & LANDGRAF, 2005).

As polpas em pó de acerola e mamão estão abaixo do limite máximo permitido para produtos de frutas em pó liofilizadas, logo estão em acordo com o especificado pela legislação. (BRASIL, 2005).

O aumento no teor da ATT foi observado entre as polpas liofilizadas e as polpas de mamão e acerola *in natura*, diferindo-se estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey, fato esse também observado por Oliveira *et al.*, (2010), que ao compararem a acidez de uvaia liofilizada com a uvaia *in natura* observaram aumento significativo entre as amostras. O aumento da acidez observado nas polpas em pó pode ser explicado em virtude do processo de desidratação na manutenção dos ácidos orgânicos contribuindo para manutenção da acidez exibida.

A acidez da polpa de mamão *in natura* 0,31 mg/100g, foi superior aos valores descritos por Fagundes e Yamanishi (2001), (0,04 a 0,16%) de ácido cítrico ao avaliarem a composição físico-química de mamões comercializados em Brasília-DF. As diferenças encontradas podem ser explicadas em virtude de fatores climáticos, tratamentos culturais, estágio de maturação entre outros fatores que provocam algumas diferenças na composição nutricional dos frutos. Os valores de acidez da polpa de acerola e mamão *in natura* estão dentro do especificado pelo Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2000).

Os valores de sólidos solúveis totais expressos em °brix encontrados para polpa de acerola e mamão e as polpas em pó liofilizadas em condições ótimas, diferiram estatisticamente ($p \leq 0,05$) pelo teste de Tukey. O aumento da concentração dos sólidos solúveis totais pode ser explicado como resultado da adição de maltodextrina DE20 que eleva os valores nas polpas liofilizadas. Adriano *et al.*, (2011) ao analisarem a qualidade da polpa da acerola em dois estágios de maturação, encontram valores de sólidos solúveis totais para fruto maduro ($7,58 \pm 0,35$), diferindo dos valores encontrados na polpa de acerola ($5,86 \pm 0,05$) avaliada nesta pesquisa. A polpa de mamão encontra-se dentro do especificado pela legislação vigente (BRASIL 2000), que estabelece como máximo permitido para polpa de mamão o limite de 14° brix.

Os teores de antocianinas (Tabela 14) diferiram estatisticamente pelo teste de

Tukey a 5% de probabilidade. A polpa de acerola *in natura* apresentou 115,14 mg/100g, enquanto para polpa de acerola em pó os valores decresceram para 9,86 mg/100g o que demonstra que houve influencia dos parâmetros avaliados sobre o teor antocianico das amostras analisadas. Entre as amostras de mamão analisadas, os valores de antocianinas, diminuíram significativamente ($p \leq 0,05$) com o teste de Tukey. A diferença entre os valores deve-se ao decréscimo obtido na avaliação do teor de antocianinas exibido pela polpa de mamão em pó em relação à polpa de mamão *in natura*. A redução no teor de antocianinas pode ser em virtude do próprio processo de liofilização e/ou congelamento, uma vez que os pigmentos antocianicos são instáveis ao armazenamento inclusive ao congelamento (DEL-PONZO-INSFRAN *et al.*, 2004).

SANTOS *et al.*, (2003), ao analisarem polpas congeladas de acerola, encontraram valores entre os extremos de 1,1 mg 100g⁻¹ a 9,8 mg 100g⁻¹. A tonalidade da acerola é decorrente da presença de pigmentos antocianicos que quando combinados resultam na coloração da acerola de vermelho/amarelado, no estágio maduro (LIMA; MELO; GUERRA, 2007).

Os teores de flavonoides totais apresentaram diferença significativa pelo teste de Tukey (Tabela 14) entre as amostras *in natura* e em pó liofilizadas, nota-se que a diferença deve-se ao fato da diminuição acentuada no teor de flavonoides observado nas polpas em pó de acerola e mamão. Lima *et al.*,(2000) ao estudarem seleções de acerolas, encontraram valores de flavonoides entre 9,31 a 20,22mg/100g.

Os resultados obtidos na quantificação dos carotenoides para a polpa de acerola *in natura* e polpa de acerola em pó diferiram significativamente ($p \leq 0,05$) pelo teste de Tukey, percebe-se que houve diminuição nos valores encontrados para polpa de acerola em pó. As amostras de mamão, também apresentaram diferenças estatísticas entre as amostras de polpa *in natura* e polpa em pó, com uma redução entre os valores de 63,13 mg/100g para 3,20 mg/100g entre as polpas de mamão *in natura* e em pó respectivamente.

Pela análise do pH, nota-se aumento quando compara-se as polpas *in natura* e as polpas em pó liofilizadas em condições ótimas, o que provocou diferença estatística a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. Quanto ao pH da polpa de acerola desta pesquisa 3,83, este assemelhou-se entres os obtidos por Figueirêdo *et al.*, (2001), Matsuura *et al.*, (2001), que foram de 3,5 e 3,10 respectivamente, Segundo Lima *et al.*,(2002) o pH é um parâmetro de baixa variabilidade em acerolas, mesmo nas maduras. As polpas de acerola e mamão estão de acordo com o especificado pela legislação brasileira para o pH de 2,80 e 4,00 como mínimo aceitável para polpa de acerola e mamão respectivamente (BRASIL, 2000).

Os resultados obtidos para açúcares solúveis totais apresentaram diferença estatística ($p \leq 0,05$) para polpa de acerola ao compararmos os valores obtidos para polpa de acerola *in natura* e polpa de acerola em pó. Houve acréscimo da quantidade nos valores de açúcares totais para polpa em pó em relação à polpa *in natura*, este resultado pode ser explicado em virtude da adição do adjuvante de secagem que contribui para elevação dos açúcares da amostra e concentração dos açúcares pela liofilização. O mesmo comportamento foi observado para polpa de mamão para os açúcares totais, também apresentaram diferença estatística em consequência do exposto anteriormente entre as amostras de polpa de acerola.

Os valores de açúcares redutores pela comparação entre as polpas *in natura* e em pó, tanto para as amostras de polpa de acerola como para polpa de mamão apresentaram diferença significativa, pois assim como ocorreu na quantificação dos açúcares totais houve concentração dos açúcares pelo processo de liofilização, associado a adição da maltodextrina, explicando a diferença obtida pelo tratamento dos dados pelo teste de Tukey no intervalo de 5% de significância.

Na análise colorimétrica, os valores médios encontrados para luminosidade (L^*) diferem estatisticamente ($p \leq 0,05$) pelo teste de Tukey. Os valores para luminosidade na polpa de acerola *in natura* foi de 60,11, enquanto para polpa de acerola em pó foi de 82,85, o mesmo comportamento foi observado entre as amostras de mamão, que apresentaram para o mesmo parâmetro avaliado, 46,51 para polpa de mamão *in natura* e 83,15 para polpa de mamão em pó em condições ótimas. As elevações dos valores nas polpas em pó em condições ótimas de processamento sugerem que as mesmas sejam mais claras, em virtude da adição do adjuvante de secagem (Maltodextrina DE 20).

A coordenada a^* , estabelece a variação entre a tonalidade verde e vermelha, nota-se que houve redução deste parâmetro nas amostras avaliadas nesta pesquisa. A polpa de acerola apresentou valores médios para a^* de 19,73 enquanto a polpa de acerola em pó foi de 7,30, uma redução de 36,99%, as amostras diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de significância. A diminuição da coordenada a^* nas polpas em pó de mamão e acerola, já era esperada em consequência da adição de maltodextrina que apresenta coloração branca, diminuindo a intensidade do vermelho nas polpas de acerola e mamão. A diminuição do parâmetro a^* também foi observado em estudo realizado com o açaí em pó obtido por *spray dryer*, onde os autores também atribuíram à diminuição da coordenada a^* à adição de maltodextrina que provocou a diluição da coloração (TANON; BRABET; HUBINGER, 2009).

Os resultados da coordenada b^* , entre as amostras de acerola apresentam

diferença estatística pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, na Tabela 14 verifica-se que houve diminuição deste parâmetro para polpa de acerola em pó, isto se justifica também pela adição da maltodextrina que favorece a diminuição da tonalidade provocando o decréscimo da coordenada assim como foi observado para a coordenada a^* . Entre as amostras de mamão, a polpa em pó apresentou leve acréscimo de b^* , contudo os valores não diferiram entre si pelo teste de Tukey demonstrando que não houve influencia do processo sobre tal coordenada. Tanon; Brabet; Hubinger (2009) ao avaliarem a influencia da temperatura e agente carreador sobre as características físico-químicas do suco de açaí desidratado em *Spray dryer*, verificaram que o parâmetro b^* não apresentou diferença significativa com adição de maltodextrina.

4.3 Isotermas de adsorção

Na Tabela 15, estão apresentados os parâmetros dos modelos, os erros médios relativos e os coeficientes de correlação de cada ajuste para as polpas em pó de acerola e mamão em condições ótimas de liofilização.

Os modelos matemáticos testados para polpa de acerola em pó liofilizada obtiveram coeficientes de variação (R^2), superiores a 99%, excetuando-se apenas, o modelo de Henderson em todas as temperaturas testadas no experimento, obtendo R^2 correspondentes a 0,9771, 0,9844 e 0,9869 para as temperaturas 20, 35 e 50°C respectivamente (Tabela 15).

Para polpa em pó de mamão liofilizado em condições ótimas, os coeficientes de variação apresentaram-se superiores a 94% com exceção apenas do modelo de Henderson a 20°C, onde apresentou R^2 de 0,9253, da mesma forma como observado para polpa em pó de acerola, o modelo de Henderson, foi o que obteve os piores coeficientes de correlação.

O parâmetro X_m , fornece informações da quantidade de água fortemente adsorvida a sítios específicos na superfície dos alimentos e é considerado um valor crítico, acima do qual, as velocidades de certas reações de degradação aumentam (COMUNIAN *et al.*, 2011). Observa-se que para polpa de acerola em pó liofilizada, os valores de X_m calculado pelos modelos de GAB e BET apresentaram o mesmo comportamento, onde nota-se diminuição deste parâmetro em função ao aumento da temperatura, Aviara & Ajibola (2002) também observaram reduções para X_m com o aumento de temperatura na determinação das isotermas para mandioca.

A quantidade de água na monocamada calculada pelo modelo de BET e GAB para polpa de mamão em pó foi diretamente proporcional ao aumento da temperatura, isto é, houve incremento deste parâmetro com o aumento da temperatura experimental, assemelhando-se ao

comportamento obtido por Ferreira & Pena (2010) ao realizarem estudo sobre a secagem da casca do maracujá amarelo, onde também observaram elevação da umidade da monocamada em função do aumento da temperatura na predição das isotermas calculadas pelo modelo de BET.

O aumento no valor X_m em função do aumento da temperatura, apesar de ser considerado incomum, pode ser explicado pelas mudanças físicas estruturais ocorridas nos alimentos com o incremento da temperatura, disponibilizando maior número de sítios hidrofílicos ativos (FERREIRA & PENA, 2003).

O valor da constante K , calculado pelo modelo de GAB, representa a interação entre as moléculas de multicamadas com o adsorvente. (CATELAM; TRINDADE; ROMERO, 2011). Na polpa de acerola em pó liofilizada, o parâmetro K apresentou comportamento aleatório, onde houve redução com a elevação das temperaturas de 20 para 35°C, porém em 50°C, a constante K , foi elevada. Do mesmo modo, ocorreram para polpa de mamão em pó liofilizado denotando que não houve influência definida da temperatura sobre esta variável em ambas as polpas estudadas.

Valores de K maiores que 1,0 são fisicamente inadequados, pois indicam uma sorção infinita (CHIRIFE *et al.*, 1992), os resultados reportados nesta pesquisa para as polpas em pó avaliadas encontram-se dentro do esperado, abaixo de 1,0.

A Tabela 15 apresenta os resultados obtidos das isotermas de sorção para as polpas de acerola e mamão em condições ótimas de liofilização.

Tabela 15 – Resultados dos ajustes das isotermas de adsorção das polpas de acerola e mamão em pó liofilizado em condições ótimas.

Modelos	Parâmetros	Polpa de acerola em pó liofilizada			Polpa em pó de mamão liofilizada		
		Temperatura			Temperatura		
		20°C	35°C	50°C	20°C	35°C	50°C
GAB	X_m	0,04853	0,04817	0,04124	0,06095	0,06670	0,06948
	C	9,579	4,841	3,344	0,754	0,747	0,470
	K	0,980	0,975	0,991	0,969	0,958	0,968
	R^2	0,997	0,996	0,998	0,945	0,965	0,983
	E (%)	4,47	7,82	9,75	28,06	28,12	27,33
BET	X_m	0,04417	0,04361	0,03995	0,03961	0,04135	0,04512
	C	19,10	6,738	3,560	31,52	5,112	1,30
	N	37,99	31,11	39,78	327,2	238,5	246,9
	R^2	0,995	0,996	0,998	0,981	0,986	0,989
	E (%)	6,15	9,13	10,06	8,71	10,09	15,27
Henderson	A	0,746	0,760	0,690	0,607	0,619	0,526
	B	4,694	5,003	4,834	4,144	4,171	3,753
	R^2	0,977	0,984	0,986	0,925	0,950	0,971
	E (%)	15,74	13,35	15,25	30,62	30,83	34,92
Oswin	A	0,084	0,077	0,062	0,063	0,061	0,047
	B	0,710	0,725	0,803	0,834	0,857	0,990
	R^2	0,995	0,996	0,997	0,963	0,977	0,989
	E (%)	5,82	6,12	8,56	20,85	19,98	19,21

Erros médios relativos (E) menores que 10% indicam um bom ajuste do modelo aos dados experimentais (LOMAURO *et al.*, 1985). Os modelos testados para polpa em pó de acerola liofilizada ajustaram-se bem aos dados experimentais, exceto o modelo de Henderson com valores de (E) que variaram de 13,35 a 15,74%, em contrapartida os erros médios para a

polpa em pó de mamão liofilizado obtiveram valores acima de 30%, indicando falta de ajuste satisfatório para predição das isotermas.

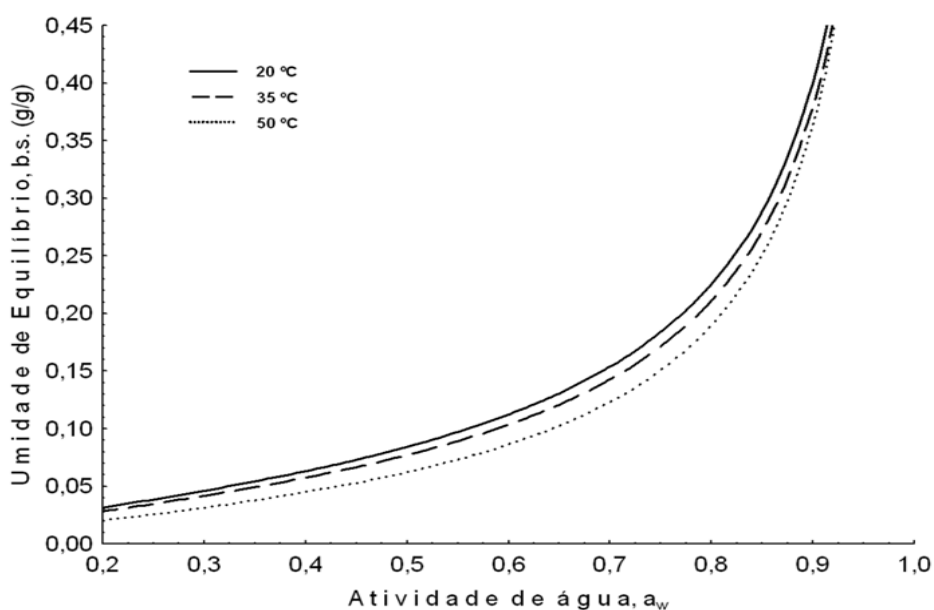
Para polpa de acerola em pó em condições ótimas, o modelo de Oswin, foi o modelo testado que melhor se ajustou aos dados experimentais para prever as isotermas de adsorção, logo foi o modelo adotado para tal predição. Gomes (2002), ao avaliar a caracterização das isotermas de sorção da polpa de acerola em pó, obteve o melhor ajuste com o modelo de GAB.

O modelo de BET foi o que melhor se ajustou aos dados experimentais para polpa de mamão em pó em condições ótimas com erros de 8,71, 10,09 e 15,27 para as temperaturas 20, 35 e 50°C respectivamente.

Com base na consistência física e matemática, segundo proposto por Alcântara *et al.*, (2009), o valor dos parâmetros a e b , no modelo de Henderson devem ser respectivamente maior que zero e maior que 1,0, enquanto no modelo de Oswin, a deve ser maior que zero e b estar no intervalo de zero e 1,0. Em comparação com o proposto pelos autores mencionados, os parâmetros desta pesquisa em ambos os modelos estão dentro das especificações (BLAHOVEC, 2004).

A Figura 5 apresenta as curvas das isotermas de sorção do pó de acerola liofilizado em condições ótimas contendo 16,6% de maltodextrina obtidas pelo modelo de Oswin nas temperaturas de 20, 35 e 50°C.

Figura 5 - Isotermas do pó de acerola contendo 16,6% de maltodextrina pelo modelo de Oswin nas temperaturas de 20°C, 35°C e 50°C.



As isotermas de adsorção para polpa em pó de acerola em condições ótimas,

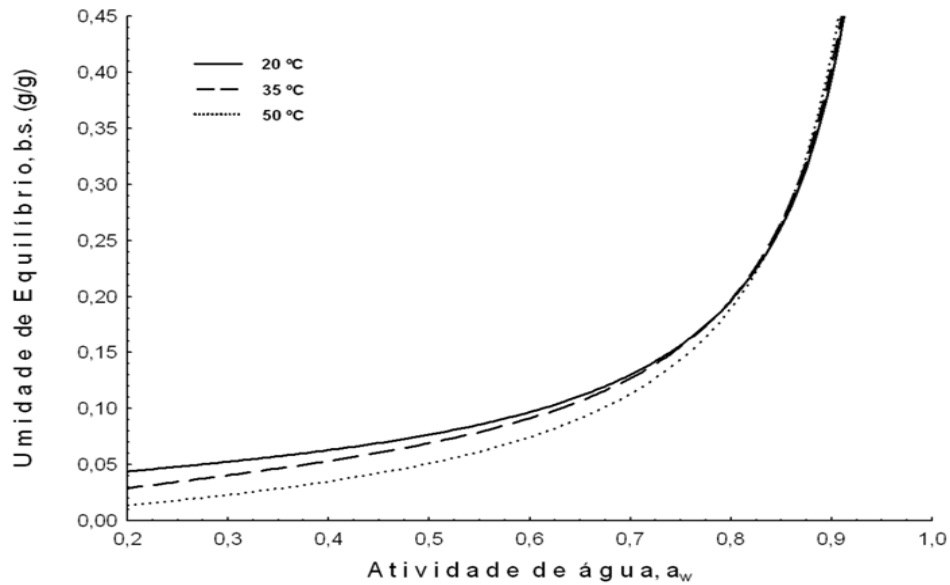
apresentam-se côncavas em formato tipo "J", sendo classificadas como isotermas do tipo III (IUPAC, 1985), esta configuração de curva, esta comumente associada a alimentos com grandes quantidades de compostos solúveis (AL-MUHTASEB *et al.*, 2002), condizente com o pó de acerola desta pesquisa. Silva, Silva e Pena (2008), obtiveram as mesmas formas de isotermas ao estudarem o comportamento higroscópico do açaí e cupuaçu em pó.

Com a análise do comportamento da umidade de equilíbrio em relação à atividade de água, percebe-se que o aumento da atividade de água (a_w), contribuiu para elevação da taxa de adsorção da umidade da polpa em pó de acerola em todas as temperaturas experimentais testadas. Ainda foi possível verificar que o aumento da temperatura, para uma mesma a_w , atua na diminuição da umidade de equilíbrio da amostra. Assemelhando-se aos resultados de Al-Muhtaseb *et al.*, (2004) na determinação das isotermas do pó de amido de batata, onde o aumento da temperatura provocou redução da umidade de equilíbrio em uma mesma atividade de água, também Peng *et al.*, (2007) ao analisarem as isotermas amido de milho em pó e Goula *et al.*, (2008) observaram o mesmo comportamento nas isotermas de polpa de tomate em pó.

As curvas das isotermas de adsorção da polpa de acerola liofilizada apresentaram dois momentos bem definidos, primeiramente observou-se uma elevação pequena na adsorção da umidade do pó em função do aumento da atividade de água (a_w), contudo entre valores de 0,7 e 0,8 de atividade de água nota-se o caráter exponencial do aumento da umidade da amostra. Desta forma, a polpa de acerola liofilizada quando armazenada em ambientes com umidade relativa do ar elevada, acima de 70-80%, demandará maiores cuidados para manutenção da qualidade do produto final. Considerando as características inerentes a polpa de acerola em pó liofilizada, a adoção de embalagens impermeáveis ao vapor de água faz-se necessária como forma de evitar perdas ou ganhos de umidade durante o armazenamento estendendo a vida útil do produto.

A mesma configuração de curvas foi obtida pelo modelo de BET na predição das isotermas de adsorção para polpa de mamão em pó liofilizada em condições ótimas. A Figura 6 apresenta as curvas das isotermas de adsorção para polpa de mamão em pó liofilizado, obtida pelo modelo de BET.

Figura 6 - Isotermas do pó de mamão contendo 20,7% de maltodextrina pelo modelo de BET nas temperaturas de 20°C, 35°C e 50°C.



De acordo com a Figura 6, que apresentam as curvas das isotermas de adsorção da polpa de mamão em pó nas temperaturas 20, 35 e 50°C, nota-se similaridade com as isotermas obtidas para polpa de acerola em pó, sendo classificadas igualmente como tipo III, ou seja, côncavas e em formato tipo "J", resultado esperado uma vez que se trata de pó alimentício a base de frutos.

A relação estabelecida entre a elevação da umidade de equilíbrio da amostra, com o aumento da atividade de água também foi observada nas curvas das isotermas da polpa de mamão em pó em todas as temperaturas testadas, logo se julga que o aumento da temperatura colabora para menores taxas de adsorção de água pela polpa de mamão em pó, entretanto, percebe-se que com o aumento da atividade de água por volta de 0,8, ocorreu à inversão do efeito da temperatura sobre a umidade de equilíbrio do pó, isto é, a partir dessa faixa de atividade de água, o aumento da temperatura contribuiu para elevação da umidade de equilíbrio da amostra na mesma faixa de atividade de água, este comportamento pode ser elucidado pelo aumento da solubilidade dos açúcares na água pelo acréscimo na temperatura (PEDRO *et al.*, 2010). Comportamento semelhante ao desta pesquisa foi ressaltado no estudo das isotermas de polpa de abacaxi (GABAS *et al.*, 2007).

4.4 Resultados do delineamento de misturas

Os “*blends*” foram formulados a partir da mistura ternária entre a polpa de acerola, polpa de mamão e maltodextrina conforme ensaios previstos pelo planejamento simplex centroide aumentado Tabela 6.

A escolha do tempo de liofilização para os “*blends*” foi determinada a partir da média aritmética simples entre os melhores tempos de liofilização obtidos para as polpas de acerola e mamão descritos nas Tabelas 10 e 13 respectivamente, baseados no proposto, definiu-se o tempo de 31 horas como o tempo de liofilização para a mistura em questão.

As variáveis respostas do delineamento de misturas foram utilizadas com a finalidade de avaliar a melhor formulação baseado na proporção de cada componente da mistura em função da melhor resposta. Como respostas adotou-se higroscopicidade, solubilidade, tempo de reidratação e grau de *caking*.

4.4.1 Avaliação da higroscopicidade

Os valores de higroscopicidade obtidas nos ensaios gerados pelo delineamento de misturas entre a polpa de acerola, polpa de mamão e maltodextrina estão descritos na Tabela 16.

Tabela 16 – Delineamento de mistura e valores médios e desvios-padrão da higroscopicidade dos “*blends*” obtidos nos ensaios

Ensaio	Variáveis Reais			Variável resposta
	Polpa de acerola%	Polpa de mamão%	Maltodextrina%	Higroscopicidade (%)
1	75,00	25,00	0,00	14,10 ^{b,c} ±0,30
2	25,00	75,00	0,00	14,05 ^{b,c} ±1,16
3	25,00	25,00	50,00	9,99 ^{d,e} ±0,30
4	50,00	50,00	0,00	15,92 ^b ±1,54
5	50,00	25,00	25,00	10,06 ^{d,e} ±2,73
6	25,00	50,00	25,00	6,14 ^a ±0,69
7	41,67	41,67	16,67	6,91 ^{a,b} ±0,40
8	58,33	33,33	8,33	12,94 ^{b,c,e} ±0,79
9	33,33	58,33	8,33	12,06 ^{c,e} ±0,32
10	33,33	33,33	33,33	9,73 ^{d,e} ±0,29

Médias seguidas na mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey aos 5% de significância.

De acordo com classificação de GEA Niro Research Laboratory (2010) descrita na Tabela 17, os valores para higroscopicidade dos ensaios podem ser classificadas em

higroscópicos ensaios 3, 6, 7 e 10; ligeiramente higroscópicos valores obtidos nos ensaios 1, 2 e 8 e 9 e higroscópico com 15,92% (ensaio 4). O ensaio 6, apresentou a menor higroscopicidade quando comparado aos demais ensaios do planejamento, seguido do ensaio 7, no entanto, ambos os ensaios não deferiram estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, assim, a escolha de qualquer um desses ensaios resultaria em um produto final de baixa higroscopicidade.

A Tabela 17 apresenta a classificação dos pós segundo sua higroscopicidade final.

Tabela 17 – Classificação dos pós de acordo com sua higroscopicidade.

Higroscopicidade
Não higroscópico <10%
Ligeiramente higroscópico 10,1-15%
Higroscópico 15,1-20%
Muito higroscópico 20,1-25%
Extremamente higroscópico >25%

Fonte: GEA Niro Research Laboratory (2010).

A equação 11 apresenta o modelo matemático cúbico total gerado pelo planejamento para avaliação da higroscopicidade final dos “*blends*” com os componentes reais da mistura.

$$h = 0,52943x_1 - 0,35902x_2 - 1,47450x_3 + 0,00297x_1x_2 + 0,03628x_1x_3 - 0,00006x_1x_2x_3 - 0,00024x_1x_2(x_1 - x_2) - 0,00059x_1x_3(x_1 - x_3) \quad \text{[Equação 11]}$$

Onde: h : higroscopicidade; x_1 : acerola; x_2 : mamão; x_3 : maltodextrina.

A análise de variância (ANOVA) do modelo de regressão para higroscopicidade dos “*blends*” esta descrita na Tabela 18.

Tabela 18 - Análise de variância para higroscopicidade (%) para a mistura ternaria entre polpa de acerola, polpa de mamão e maltodextrina.

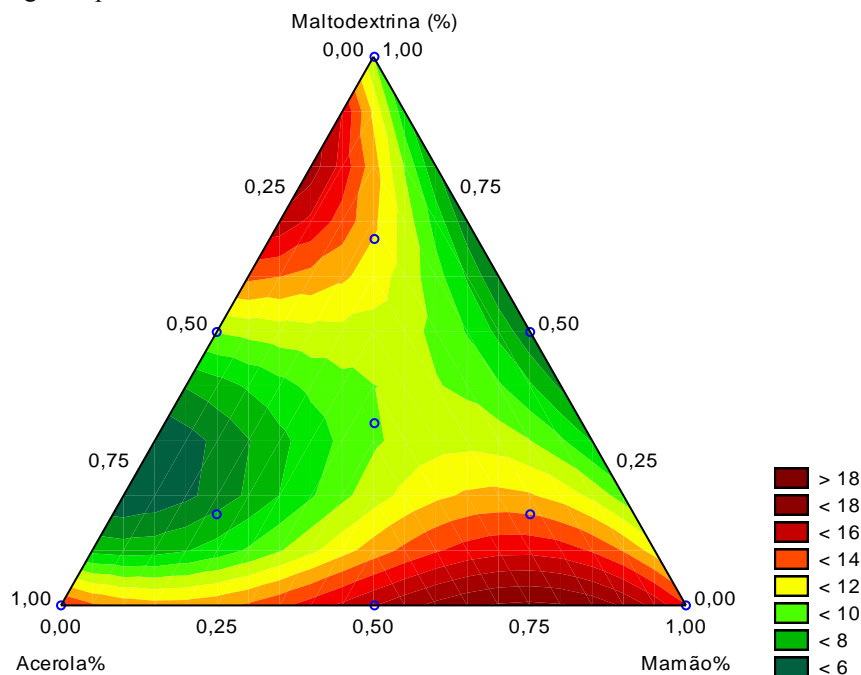
	SQ	GL	QM	F _{calc}	F _{tab} (95%,8,1)	R ² (%)
Regressão	91,43925	8	11,42991	1017,1	238,9	0,9998
Resíduo	0,01124	1	0,01124			
Total	91,45048	9	10,16116			

Pela análise de variância para higroscopicidade dos “*blends*” testado pelo modelo cúbico total (Tabela 18), o coeficiente de variação foi de 99,98%, o que demonstra que houve um excelente ajuste do modelo para higroscopicidade pelos parâmetros testados. Barros Neto, Scarminio & Bruns (2001) afirmam que quanto mais próximo de 1 for o valor do coeficiente

de variação, melhor o ajuste apresentado pelo modelo e menor o erro. O modelo foi estatisticamente significativo ao nível de 5% de significância em virtude do $F_{calc} > F_{tabelado}$.

A Figura 7 apresenta o diagrama ternário para higroscopicidade, obtida pelo planejamento de misturas gerado pelo modelo cúbico total.

Figura 7 - Diagrama ternário da mistura entre polpa de acerola, polpa de mamão e maltodextrina, obtida pela equação 10 para higroscopicidade dos “blends”.



A interação entre os componentes da mistura resultou em duas regiões com baixa higroscopicidade, a maltodextrina apresentou maior efeito para diminuição da higroscopicidade quando comparado às frações de polpas de acerola e mamão. Analisando as variáveis de forma independente, isto é, cada vértice separadamente, percebeu-se que o aumentando-se o conteúdo da polpa de mamão na mistura, favoreceu para o aumento da higroscopicidade final dos “blends”, para polpa de acerola concentrações ao redor de 50 a 75%, apresentaram maior eficiência para diminuição da higroscopicidade. Em relação à fração de maltodextrina na mistura ternária, a elevação da concentração nos “blends” contribuiu diretamente para diminuição da higroscopicidade, o que já era esperado devido às características da maltodextrina, que apresenta um alto peso molecular, e uma temperatura de transição vítrea muito superior, reduzindo a higroscopicidade dos pós e facilitando a secagem dos mesmos (BHANDARI & HARTEL, 2005). Pereira (2000) observou o mesmo comportamento ao avaliar a higroscopicidade de suco de maracujá.

4.4.2 Avaliação da solubilidade

As solubilidades obtidas na análise dos ensaios gerados com o delineamento de mistura entre a polpa de acerola, polpa de mamão e maltodextrina estão descritos na Tabela 19.

Tabela 19 - Delineamento de misturas e valores médios com respectivos desvios-padrão para solubilidade dos “blends”

Ensaio	Variáveis Reais			Variável resposta
	Polpa de acerola%	Polpa de mamão%	Maltodextrina%	Solubilidade (%)
1	75,00	25,00	0,00	13,06 ^{a,b} ±0,39
2	25,00	75,00	0,00	12,69 ^b ±2,42
3	25,00	25,00	50,00	20,50 ^d ±1,59
4	50,00	50,00	0,00	15,78 ^{a,c} ±0,18
5	50,00	25,00	25,00	18,72 ^d ±0,24
6	25,00	50,00	25,00	18,71 ^d ±0,11
7	41,67	41,67	16,67	18,02 ^{c,d} ±0,30
8	58,33	33,33	8,33	17,82 ^{c,d} ±0,35
9	33,33	58,33	8,33	17,85 ^{c,d} ±0,22
10	33,33	33,33	33,33	19,38 ^d ±0,22

Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferiram entre si pelo teste de Tukey co 5% de significância.

Os valores obtidos para solubilidade dos “blends” variou entre 12,69% a 20,5 % solúveis em água, as amostras apresentaram diferenças estatísticas entre si a 5% de significância pelo teste de Tukey. O ensaio 3 (três) exibiu maior solubilidade em comparação com os demais ensaios, contudo as médias obtidas nos ensaios 5, 6, 7, 8, 9 e 10 não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey do ensaio 3 (três), sugerindo que tais ensaios são iguais, apresentando na prática mesma influencia sobre a solubilidade da mistura ternária.

Os ensaios dos “blends” apresentaram na realidade baixa solubilidade em água quando se compara os valores desta pesquisa a outros estudos. Oliveira (2008), ao avaliar a solubilidade do caju atomizado constatou que as mesmas variaram entre 91,27 a 96,41%, a mesma faixa de solubilidade em água foi citada por Cano-Chauca (2005) ao avaliarem a solubilidade de polpa de manga em pó obtido pelo processo de atomização, essas diferenças podem ser resultado da própria natureza do alimento, pois segundo Nath & Sapthy (1998) as propriedades instantâneas de um pó (penetração, molhabilidade, dispersibilidade e

solubilidade) são influenciadas entre outros fatores, pelas características intrínsecas dos alimentos (teor de sólidos, viscosidade e temperatura) ou da própria estrutura do pó, além disso, os valores de solubilidade obtidos pelos “*blends*” podem ter sofrido em influência do adjuvante de secagem utilizado nesta pesquisa (maltodextrina D20), Rodriguez-Hernández & González-Garcia (2005), ao analisarem o efeito da atomização sobre as propriedades de reconstituição de suco em pó de cactus pear, descreveram que a maltodextrina de baixo DE tem a melhor propriedade de ligação com os nutrientes.

Para a variável resposta solubilidade, o modelo matemático que melhor se ajustou aos dados experimentais foi o modelo quadrático, logo foi o modelo escolhido para variável em questão. A equação 12 apresenta o modelo.

$$s = 0,030356x_1 + 0,022417x_2 + 0,128625x_3 + 0,005601x_1x_2 + 0,003280x_1x_3 + 0,003549x_2x_3 \quad \text{[Equação 12]}$$

Onde: s : solubilidade; X_1 : acerola; X_2 : mamão; X_3 : maltodextrina.

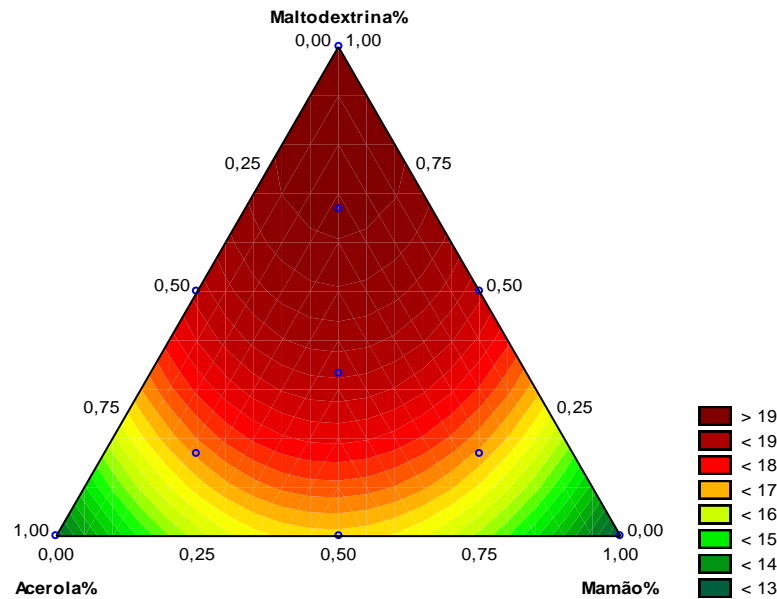
A análise de variância (ANOVA) do modelo de regressão para solubilidade da mistura esta apresentada na Tabela 20.

Tabela 20- Análise de variância para solubilidade (%) para a mistura ternaria entre polpa de acerola, polpa de mamão e maltodextrina.

	SQ	GL	QM	F_{calc}	$F_{\text{tab}} (90\%;5,4)$	$R^2 (\%)$
Regressão	53,66723	5	10,73345	5,72	4,05	87,74
Resíduo	7,50077	4	1,87519			
Total	61,16800	9	6,79644			

O modelo quadrático foi o que apresentou melhor ajuste para solubilidade em água do “*blends*” com um coeficiente de variação de 87,74%, podendo ser utilizado como modelo de predição. O modelo foi estatisticamente significativo pelo teste F , onde $F_{\text{calculado}}$ foi maior que o F_{tabelado} em um intervalo de 10% de confiança. Após validação do modelo, deu-se prosseguimento na avaliação da solubilidade da mistura através da construção do diagrama ternário de contorno.

Figura 8 - Diagrama ternário da mistura entre polpa de acerola, polpa de mamão e maltodextrina, obtida pela equação 11 para solubilidade dos “blends”.



Pela análise do diagrama ternário (Figura 8), nota-se que a interação entre os componentes possibilitou a maximização da resposta, ou seja, o aumento da solubilidade da mistura. É possível verificar mais uma vez, que a fração de maltodextrina, foi o componente que mais contribuiu para a elevação da solubilidade da mistura, onde se observou que o aumento da concentração de maltodextrina foi diretamente proporcional ao aumento da solubilidade final dos “blends”. Em relação às frações de polpa de mamão e polpa de acerola, concentrações ao redor de 50% e 25% respectivamente contribuíram para elevação da solubilidade. O ponto ótimo para solubilidade, isto é, as proporções dos ingredientes que contribuíram para uma maior solubilidade da mistura compreende ao ensaio 3, contudo optou-se pela escolha do ensaio 6, ambos não diferiram pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$), além disso a escolha do ensaio 6, deve-se ao fato do mesmo ter apresentado a menor higroscopicidade, assim, a proporção dos componentes deste ponto apresentam características desejáveis com baixa higroscopicidade e boa solubilidade em água.

4.4.3 Avaliação do tempo de reidratação

Os valores médios para o tempo de reidratação dos “*blends*” obtidos pelo planejamento experimental de mistura esta descrito na tabela 21.

Tabela 21 Delineamento de misturas e valores médios do tempo de reidratação com respectivos desvios-padrão “*blends*”.

Ensaio	Variáveis Reais			Variável resposta
	Polpa de acerola%	Polpa de mamão%	Maltodextrina%	Reidratação (s)
1	75,00	25,00	0,00	22,06 ^d ±0,95
2	25,00	75,00	0,00	5,38 ^d ±1,53
3	25,00	25,00	50,00	180,72 ^a ±23,16
4	50,00	50,00	0,00	45,57 ^c ±13,49
5	50,00	25,00	25,00	84,69 ^b ±2,48
6	25,00	50,00	25,00	15,72 ^d ±3,80
7	41,67	41,67	16,67	6,06 ^d ±1,72
8	58,33	33,33	8,33	6,70 ^d ±2,49
9	33,33	58,33	8,33	10,70 ^d ±3,80
10	33,33	33,33	33,33	15,35 ^d ±1,15

Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferiram entre si pelo teste de Tukey co 5% de significância.

O tempo de reidratação das misturas em pó, segundo a Tabela 21 apresentaram valores entre 5,38 a 180 segundos. As amostras foram estatisticamente significativas dentro do intervalo de 5% pelo teste de Tukey. O ensaio 2 foi que apresentou melhor tempo de reidratação, ou seja, foi a proporção da mistura, onde obteve-se o menor tempo para a total reidratação da amostra, o ensaio 3 apresentou o maior tempo necessário para total reidratação, assim sendo pode ser considerado como o pior ensaio obtido para reidratação dos “*blends*”.

Com a aplicação do delineamento de mistura simplex aumentado, para a reidratação, o modelo quadrático (Equação 13), foi o que melhor se ajustou aos dados experimentais testados.

A equação 13 apresenta a função gerada pelo modelo quadrático testado para avaliação da reidratação final dos “*blends*” com os componentes reais da mistura.

$$r = 0,079214x_1 - 0,344456x_2 + 9,011336x_3 + 0,022414x_1x_2 - 0,069997x_1x_3 - 0,156273x_2x_3 \quad [\text{Equação 13}]$$

Onde: r: tempo de reidratação; x₁: acerola; x₂: mamão; x₃: maltodextrina.

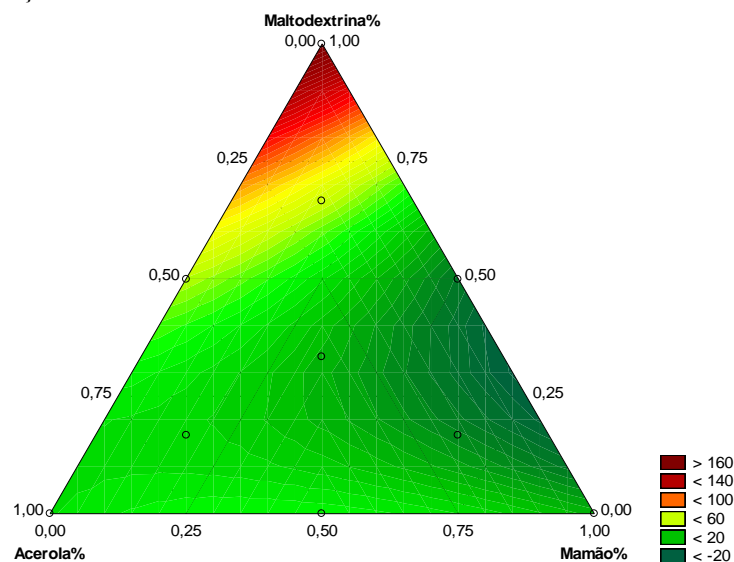
A análise de variância (ANOVA) do modelo de regressão para reidratação da mistura esta apresentada na Tabela 22.

Tabela 22 - Análise de variância para reidratação (%) para a mistura ternaria entre polpa de acerola, polpa de mamão e maltodextrina.

	SQ	GL	QM	F_{calc}	$F_{\text{tab}} (90\%;5,4)$	$R^2 (\%)$
Regressão	23141,72	5	4628,344	4,24	4,05	84,11
Resíduo	4371,46	4	1092,866			
Total	27513,18	9	3057,020			

Para reidratação dos “*blends*”, o modelo quadrático foi o que melhor se ajustou aos dados experimentais. O modelo apresentou coeficiente de variação de 84,11%, não é um valor ideal para predição dos dados, mas ainda pode ser considerado como modelo para fins preditos (SCRAMINIO; NETO, 2001). O valor de $F_{\text{calculado}}$ (4,24) foi ligeiramente maior que o F_{tabelado} (4,05), mesmo com a proximidade dos valores, o valor de $F_{\text{calculado}}$ foi maior, logo o modelo é estatisticamente significativo a 10% de probabilidade. O diagrama ternário para reidratação é apresentado na figura 9.

Figura 9 - Diagrama ternário da mistura entre polpa de acerola, polpa de mamão e maltodextrina, obtida pela equação 13 para reidratação dos “*blends*”.



De acordo com a Figura 9, a interação entre os componentes da mistura, permitiu a obtenção de menores tempos para reidratação dos “*blends*” em pó. A fração de polpa de mamão em todas as concentrações estudadas apresentou eficácia sobre a capacidade de reidratação da mistura, apresentando um curto período de tempo de reidratação. Em relação a fração de polpa de acerola dentro da mistura, nota-se que a elevação da mesma foi eficiente para diminuição do tempo de reidratação, logo o aumento da polpa de acerola facilitou a

reidratação dos “*blends*” em pó. Assim como ocorreu para a higroscopicidade e solubilidade dos “*blends*”, a fração de maltodextrina apresentou grande influência sobre a capacidade de reidratação da mistura em pó. Segundo Goula & Adamopoulos (2010), a utilização de maltodextrina beneficia o processo de reidratação, e a adição de maltodextrina não diminui a capacidade de reidratação dos produtos, porém ao analisar-se o diagrama de contorno (Figura 9), observa-se comportamento oposto ao citado por Goula e Adamopoulos (2010), onde o aumento da concentração de maltodextrina na mistura reduziu a capacidade de reidratação dos “*blends*”, isto é, aumentou o tempo requerido para a sua reidratação.

4.4.4 Avaliação do grau *caking*

Os valores médios obtidos na avaliação do grau de *caking* estão descritos na tabela 23.

Tabela 23 - Delineamento de misturas e valores médios com respectivos desvios-padrão do tempo de reidratação com respectivos desvios-padrão “*blends*”

Ensaio	Variáveis Reais			Variável resposta
	Polpa de acerola%	Polpa de mamão%	Maltodextrina%	<i>Caking</i> %
1	75,00	25,00	0,00	63,09 ^c ±3,42
2	25,00	75,00	0,00	51,13 ^{c,d} ±4,62
3	25,00	25,00	50,00	15,59 ^f ±0,70
4	50,00	50,00	0,00	83,23 ^a ±5,56
5	50,00	25,00	25,00	31,96 ^{b,e} ±2,01
6	25,00	50,00	25,00	20,72 ^{b,f} ±7,27
7	41,67	41,67	16,67	13,69 ^f ±3,42
8	58,33	33,33	8,33	39,04 ^{d,e} ±3,13
9	33,33	58,33	8,33	55,07 ^c ±5,91
10	33,33	33,33	33,33	39,18 ^{d,e} ±5,13

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

De acordo com a Tabela 23, o grau de *caking* variou entre 15,29 a 83,23%, percebe-se que tais valores variaram em função da adição de maltodextrina na mistura. Os dados para o grau de *caking*, não se adequaram a nenhum dos modelos matemáticos testados, logo impossibilitando a construção do modelo de regressão e, conseqüentemente, o diagrama ternário. Contudo a análise dos dados pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade possibilitou a escolha do melhor ponto dentre os ensaios analisados pela diferença de medias.

A proporção do ensaio 3 (25%; 25%; 50%), de polpa de acerola, polpa de mamão e maltodextrina respectivamente, foi dentre os ensaios realizados o que apresentou menor grau de aglomeração, resposta desejável ao planejamento, visto que o grau de *caking* é uma característica indesejável para produtos em pó, neste caso a escolha do ensaio 3 possibilitaria a minimização da variável resposta *caking* no produto final. Contudo, os ensaios 3, 6 e 7, não diferiram ($p \leq 0,05$) pelo teste de Tukey, logo a escolha de qualquer um destes ensaios resultaria em um produto adequado em relação ao grau de aglomeração.

4.5 Formulação ótima de “blend”

A partir da análise qualitativa das variáveis respostas ao planejamento de misturas para obtenção dos “blends” em pó, foi possível constatar-se, que o ensaio 6 (seis), com 25% de polpa de acerola, 50% de polpa de mamão e 25% de maltodextrina apresentam as melhores condições para obtenção um produto final com qualidade requerida para produtos em pó, a escolha deste ensaio, não foi baseada apenas pela análise isolada de uma das variáveis, mas sim pela união das respostas avaliadas de forma a maximizar todas as respostas, o que possibilitou a obtenção de um produto final não higroscópico, com boa solubilidade, curto tempo de reidratação além de baixo grau de aglomeração.

4.6 Caracterização físico-química do “blend”

Após formulação e liofilização em condições ótimas do “blend” realizaram-se as análises físico-químicas descritas na Tabela 24, a fim de conhecer a composição nutricional do “blend” em pó.

Tabela 24 - Composição físico-química do “blend” em pó em condições ótimas.

Análises	
Umidade (%)	0,34±0,12
* AA (mg/100g)	1276,60±51,42
ATT (% ácido cítrico)	1,52±0,06
SST (°brix)	10,3±0,10
SST/ATT	6,74±0,27
Açúcares totais (%)	34,95±1,70
Açúcares redutores (%)	21,34±0,66
* Antocianinas (mg/100g)	0,40±0,09
* Flavonoides (mg/100g)	2,97±0,05
* Carotenoides (mg/100g)	2,53±0,15
pH	3,94±0,00

AA: ácido ascórbico; ATT: acidez total titulavel; SST: sólidos solúveis totais; pH: potencial hidrogênico; * Valores expressos em base seca.

Pela Tabela 24, nota-se que o “blend” apresentou quantidade significativas de ácido ascórbico (1276,60 mg/100g⁻¹), demonstrando coerência com os valores obtidos para o mesmo ácido pelas polpas de acerola e mamão em pó, levando-se em consideração a proporção de polpas utilizadas para a elaboração do “blend” (25% de polpa de acerola 50% de polpa de mamão e 25 de maltodextrina). Considerando o valor de ingestão diária recomendado para um adulto saudável de 60 mg, o “blend” constitui-se em uma boa fonte desta vitamina (BRASIL, 2005_b).

A umidade do “blend” 0,34% apresentou-se adequada, estando dentro do permitido pela legislação brasileira para produtos em pó de frutas liofilizadas que estabelece 5% de umidade como máximo permitindo. (BRASIL, 2000_a).

O “blend” apresentou um percentual de 1,52% de ácido cítrico, este valor, foi maior do que o encontrado para polpa em pó de mamão 0,31% de ácido cítrico, essa elevação da acidez deve-se ao fato da adição de 25% de polpa de acerola que contribuiu para aumento

da acidez, condizente com o estudo realizado Faraoni (2012) que ao analisar bebidas mistas elaboradas com goiaba, acerola e manga, mostraram níveis de acidez adequados às proporções das frutas, contudo ainda segundo o autor, a elevação da acidez foi proporcional ao aumento da fração de polpa de acerola adicionada na bebida mista, também LIMA *et al.*, (2008) ao desenvolverem bebida mista à base de água de coco e suco de acerola, atribuíram a elevação da acidez a adição do suco de acerola, resultado esperado em virtude da acidez apresentada pela fruta.

A relação SST/ATT está relacionada ao sabor dos produtos. Lima *et al.*, (2011) afirmam que o sabor das frutas é determinado, em grande parte, pelo balanço de ácidos e açúcares e avaliado pela relação entre sólidos solúveis e acidez titulável, os valores deste balanço encontrado para o “blend” foi de 6,74 foi menor que os encontrados por Faraoni *et al.*, (2012) ao desenvolverem de suco misto de manga, goiaba e acerola utilizando delineamento de mistura. A diferença apresentada deveu-se a diferença nos frutos estudados nas duas pesquisas em questão.

Os teores percentuais de açúcares totais do “blend” foram de 34,95%, sendo deste total 31,34% de açúcares redutores, ao compararmos os teores de açúcares exibidos pelas polpas *in natura* utilizadas para elaboração do “blend” (Tabela 14), nota-se claramente o aumento deste parâmetro, Oliveira *et al.*, (2010) também observaram aumento nos teores de açúcares totais ao compararem a polpa de uvaia *in natura* com a polpa liofilizada, esse aumento deve-se principalmente pela adição de maltodextrina na mistura elevando o conteúdo de açúcares no “blend”.

Em relação ao teor de antocianinas obtido pelo “blend” $0,40 \text{ mg}/100\text{g}^{-1}$, observa-se que houve uma redução deste pigmento quando correlaciona-se os valores obtidos nas polpas em pó de mamão e acerola $1,03 \text{ mg}/100\text{g}^{-1}$ e $9,86 \text{ mg}/100\text{g}^{-1}$ respectivamente. O teor de antocianinas pigmentos hidrossolúveis responsáveis pela cor avermelhada dos frutos (BOBBIO *et al.*, 2000; MENEZES, 2005). A diferença entre os valores de antocianinas obtidos pelo “blend” e as polpas em pó, pode ser explicada em decorrência do maior período de congelamento das polpas utilizadas para elaboração do “blend” que contribui para degradação, pois pigmentos bastante instáveis ao processamento e armazenamento (DEL POZO-INSFRAN *et al.*, 2004). Aguiar (2001) obteve conteúdo de antocianinas variando entre 0,37 a $38,38 \text{ mg}/100\text{g}$ em polpa de acerola comercialmente maduras de 75 clones de aceroleiras.

Os teores de carotenoides $2,53 \text{ mg}/100\text{g}^{-1}$, estão condizentes com os valores encontrados para polpas de mamão e acerola em pó, os valores obtidos nesta pesquisa são

maiores que os citados por Oliveira (2012), para cajá liofilizado por 24 horas contendo 17% de maltodextrina, esse fato deve está associado a diferença de frutas adotadas em cada estudo. Oliveira (2008), ao estudar a influencia do adjuvante de secagem no suco de caju atomizado obteve valores de carotenoides de 0,33 mg/100g.

O potencial hidrogênionico 3,94 obtido, esta próximo dos valores obtidos por Matsuura e Rolim (2002) na avaliação físico-química de acerola, Faraoni *et al.*, (2012) também que obtiveram pH menores que 4,5.

4.7 Isotermas de adsorção do “blend”

Os dados experimentais das isotermas de adsorção do “blend” em pó da polpa de acerola, polpa de mamão e maltodextrina foram ajustados para os modelos matemáticos de GAB, BET, Henderson e Oswin e, os parâmetros estimados por cada modelo estão apresentados na Tabela 25.

Tabela 25 – Resultados dos ajustes das isotermas de adsorção do pó do “blend” das polpas de mamão e acerola contendo maltodextrina

Modelos	Parâmetros	Temperaturas (°C)		
		20	35	50
GAB	X_m	0,05168	0,05785	0,09671
	C	4,800	2,579	0,8165
	K	0,9579	0,9305	0,8554
	R^2	0,9949	0,9965	0,9992
	E (%)	6,87	5,94	3,61
BET	X_m	0,09685	0,1033	0,09794
	C	0,5064	0,4994	0,4282
	N	9,575	7,795	8,524
	R^2	0,9744	0,9781	0,9918
	E (%)	13,87	12,41	11,22
Henderson	A	0,7876	0,8230	0,7658
	B	5,325	5,932	5,623
	R^2	0,9876	0,9933	0,9989
	E (%)	10,81	8,53	4,63
Oswin	A	0,08021	0,07573	0,06745
	B	0,6890	0,6890	0,7368
	R^2	0,9943	0,9960	0,9928
	E (%)	7,71	5,39	4,14

A análise da qualidade de ajuste das isotermas de sorção do “blend” em pó liofilizado descrito na Tabela 25 indica que o modelo de GAB, foi o que melhor se ajustou aos dados experimentais e, portanto, melhor representa as isotermas de sorção do “blend” em todas as temperaturas testadas, com coeficientes de variação acima a 99% e erros médios abaixo de 10%. Silva *et al.*, (2005) encontraram valores de R^2 acima de 0,99 para o modelo de GAB ajustado as isotermas de adsorção de cajá em pó nas temperaturas de 10 a 50°C. Os valores de erro médio relativo (E) estão dentro da faixa descrita por Lomauro *et al.*, (1985) de até 10%. O segundo modelo que melhor se ajustou aos dados para o “blend” em pó foi o modelo de Oswin. O pior modelo foi o modelo proposto por BET apresentando erros médios relativos acima de 10%. A escolha do modelo mais adequado para predição das isotermas baseou-se no valor de R^2 e erro médio relativo (E) apresentado pelos modelos matemáticos testados.

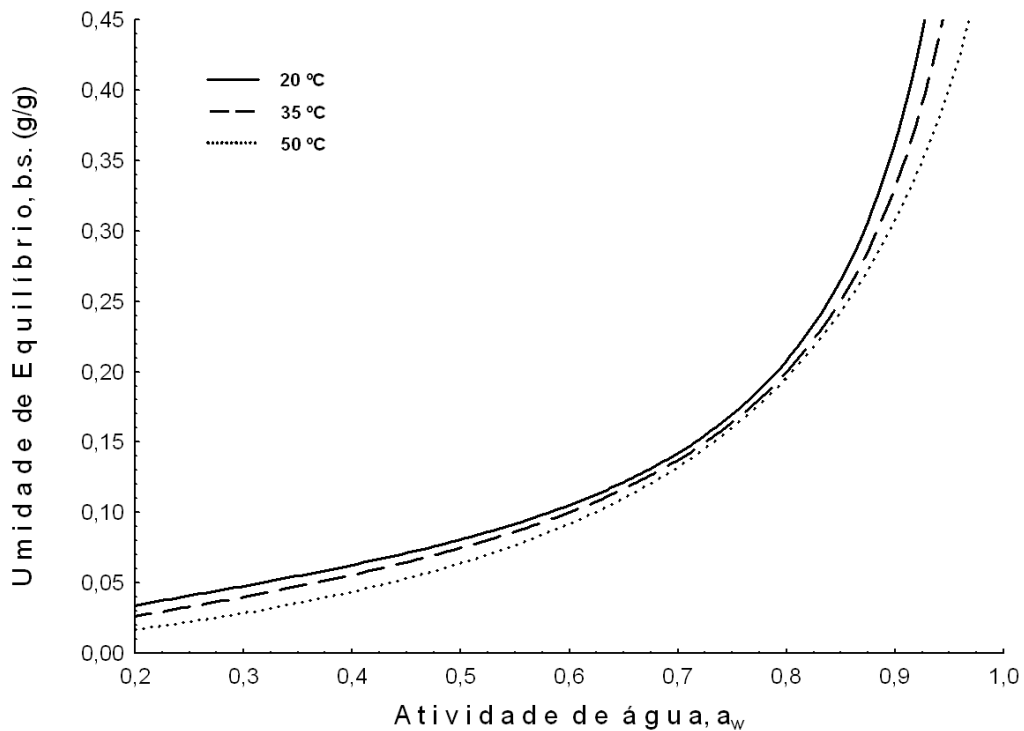
Analisando os parâmetros do modelo proposto por GAB, constatou-se que os valores de C , que representa a energia livre molar, demonstrou uma tendência em relação ao aumento da temperatura, isto é, o mesmo decresceu em função da elevação da temperatura. O parâmetro C calculado pelo modelo de BET comportou-se igualmente ao observado para o modelo de GAB. Em relação a constante de sorção K , houve também uma relação inversa deste parâmetro com a elevação da temperatura, isto é, o parâmetro K diminuiu com o aumento da temperatura, Gomes *et al.*, (2002) também observaram a diminuição do parâmetro K em decorrência do aumento da temperatura para isotermas de adsorção da acerola em pó.

Verifica-se na Tabela 25, que os valores de umidade na monocamada X_m , que expressa a quantidade de água fortemente ligada a sítios específicos na superfície dos alimentos (COMUNIAN *et al.*, 2011), apresentaram aumento em função da elevação da temperatura. Comportamento semelhante ao observado por Ferreira & Pena (2003) para farinha de pupunha, ainda segundo os autores este comportamento não é muito comum, mas pode ser explicado devido as possíveis modificações na estrutura física do alimento, em virtude do aumento da temperatura, disponibilizando maior número de sítios ativos com afinidade por moléculas de água, ou um aumento na solubilidade de solutos intrínsecos ao produto, fazendo com que maior número de moléculas de água fique retido na monocamada, a segunda explicação parece mais coerente com o produto abordado nesta pesquisa. Alexandre *et al.*, (2007) observaram o mesmo comportamento da determinação das isotermas de adsorção de pitanga em pó.

Os valores dos parâmetros a e b , calculados pelo modelo de Henderson devem ser maior de zero e maior que um. Para o modelo de Oswin, tais parâmetros devem ser, a maior

que zero e b estar o intervalo entre 0 e 1,0 (ALCÂNTARA *et al.*, 2009). Os valores obtidos nesta pesquisa para estes parâmetros encontram-se em consonância com o proposto pelos autores. Na Figura 10 encontra-se a representação gráfica das isotermas de sorção do “blend” em pó obtido da mistura das polpas de acerola e mamão adicionadas de maltodextrina em diferentes temperaturas experimentais 20, 35 e 50°C ajustadas pelo modelo de GAB.

Figura 10 - Isotermas do pó do “blend” de acerola e mamão contendo 25% de maltodextrina pelo modelo de GAB nas temperaturas de 20°C, 35°C e 50°C.



A Figura 10 apresenta as curvas para isotermas do “blend” em pó de polpa de acerola e mamão adicionadas de maltodextrina, as mesmas apresentam-se côncavo em formato tipo “J”, comportamento característico para pó alimentício a base de frutos, sendo classificada como isotermas do tipo III segundo classificação da IUPAC (1985), a mesma configuração de isotermas foi observada para as polpas de acerola e mamão em pó liofilizado anteriormente discutido nesta pesquisa.

As curvas das isotermas para o “blend” em pó obtido pelo modelo de GAB (Figura 10) nas temperaturas de 20, 35 e 50°C, relaciona a atividade de água (a_w) com a umidade de equilíbrio das amostras em base seca em uma dada temperatura, nota-se que o aumento da atividade de água favoreceu a elevação da umidade de equilíbrio em todas as temperaturas testadas. Pode-se evidenciar que em temperaturas mais elevadas obtém-se uma menor umidade de equilíbrio, logo temperaturas mais altas contribuem para uma maior adsorção de água. Ainda foi possível perceber que o aumento da atividade de água é

diretamente proporcional ao aumento da umidade de equilíbrio exibido pelo “blend” em pó. O mesmo formato de curva foi também observado por Anselmo *et al.*, (2006) ao trabalhar com polpa de cajá atomizada adicionada de 10% de maltodextrina e 5% de amido modificado.

Nas atividades de água entre 0,7 e 0,8 foi notada a rápida elevação da umidade de equilíbrio, onde a partir deste ponto as isotermas passam a apresentar efeito exponencial com o aumento progressivo da quantidade de umidade retida pelo “blend” em pó. Torna-se necessário o emprego de embalagens como barreira ao vapor de água para o armazenamento do produto em pó principalmente quando armazenadas em umidades relativas superiores a 70% retardando a ganho de umidade excessivo do “blend”.

4.8 Estudo da estabilidade do “blend” em pó

As amostras dos “blends” em condições ótimas foram seladas a vácuo, em embalagens transparentes de polietileno e armazenadas em temperatura ambiente, sendo analisados a cada cinco dias durante o período de 20 dias de armazenamento. As amostras permaneceram na forma de pó, mantendo-se com a mesma textura até o período final do armazenamento, permitindo a realização das análises que constituíram a caracterização da estabilidade do pó. A seguir estão apresentados os resultados das análises físico-químicas do “blend” em pó durante o período de armazenamento.

4.8.1 Ácido ascórbico

Os valores médios com os respectivos desvios-padrão dos teores de ácido ascórbico nos dias de armazenamento do “blend” estão descritos na Tabela 26.

Tabela 26 - Valores médios do “blend” da mistura da polpa de acerola, polpa de mamão e maltodextrina obtidos por liofilização. Valores expressos em base seca.

Tempo de armazenamento (dias)	Ácido ascórbico
0	1970 ^A ±109,84
5	1716 ^{AB} ±170,09
10	1443 ^B ±150,16
15	1429 ^B ±108,28

20

1388^B±97,91

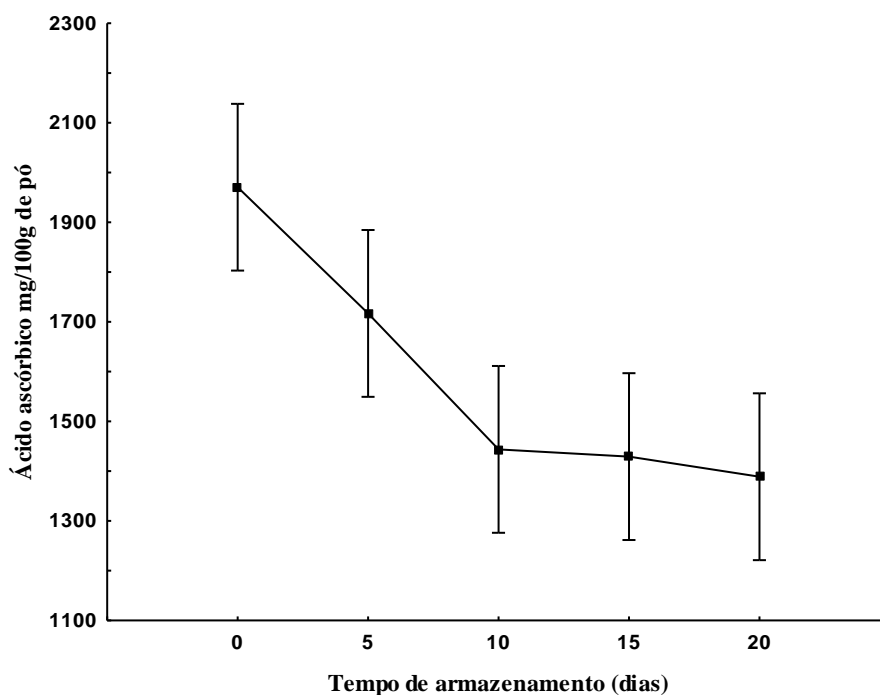
Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, em 5% de significância.

O conteúdo de ácido ascórbico no “blend” em pó das polpas de acerola mamão e maltodextrina apresentou diferença estatística ($p \leq 0,05$) pelo teste de Tukey em função dos dias de armazenamento.

Pela Tabela 26, o teor inicial médio de ácido ascórbico no “blend” foi de 1970 mg/100g de pó, no quinto dia, houve redução neste valor, contudo as amostras não diferiram pelo teste de Tukey do valor inicial, ao decorrer no armazenamento, dia 10, o valor decresceu novamente sendo este estatisticamente igual ao dia 5, contudo houve diferença quando compara-se os dias 0 e 10. A partir do décimo, o conteúdo manteve-se estável não se diferenciando estatisticamente pelo teste de Tukey até o fim do armazenamento, mesmo com a tendência visível de declínio nos teores de ácido ascórbico que ao final do armazenamento perdeu aproximadamente 581,8 mg/100g de pó, redução de aproximadamente 30% ao longo dos 20 dias de armazenamento. Esta perda pode ser explicada em virtude da taxa de oxidação do ácido ascórbico que produzem perdas, bem como pela exposição das amostras ao ar, luz, calor, o que facilita a oxidação do ácido ascórbico devido às condições ambientais (STADLER, 2008), no momento das análises podem ter contribuído para essa degradação.

Na Figura 11, pode-se observar o comportamento do ácido ascórbico frente ao armazenamento, onde nota-se o decréscimo em relação ao período de armazenamento.

Figura 11- Comportamento do teor de ácido ascórbico do “blend” durante o armazenamento



O “blend” apresentou uma redução no teor de ácido ascórbico durante o período de armazenamento, contudo, apresentou ao final do armazenamento uma quantidade elevada de vitamina C. No Brasil a ingestão diária de ácido ascórbico recomendado para adultos saudáveis é de 60mg (BRASIL, 2005_b), o que faz do produto até o fim do armazenamento uma boa fonte deste nutriente.

Os dados desta pesquisa em relação ao ácido ascórbico assemelham-se aos dados obtidos por Gomes *et al.*, (2004) ao estudarem o armazenamento da acerola em pó obtido por desidratação em leite de jorro. Verificou-se uma redução de 29,72% ao final dos 60 dias de armazenamento, superior ao reportado por Canuto (2011) que observou que, em 120 dias de armazenamento, o pó de mamão liofilizado contendo 15 % de maltodextrina teve o teor de ácido ascórbico reduzido em 13,8 %.

4.8.2 Umidade

Os valores médios de umidade com os respectivos desvios-padrão nos dias de armazenamento do “blend” estão descritos na Tabela 27.

Tabela 27 - Valores médios de umidade do “blend” da mistura das polpas de acerola e mamão contendo maltodextrina.

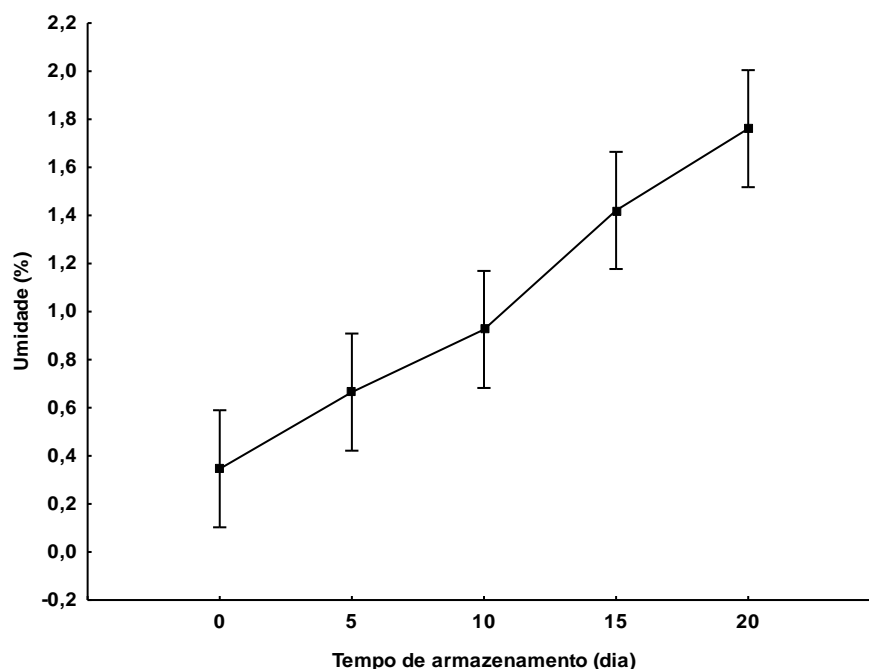
Tempo de armazenamento (dias)	Umidade
0	0,34 ^d ±0,12

5	$0,66^{c,d} \pm 0,09$
10	$0,92^{b,c} \pm 0,04$
15	$1,42^{a,b} \pm 0,37$
20	$1,76^a \pm 0,11$

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

A análise estatística dos valores de umidade das amostras de “blend” em função do período de armazenamento apresentou diferença significativa ($p \leq 0,05$) pelo teste de Tukey. As amostras de “blend” em pó apresentaram aumento da umidade em função do período de armazenamento, logo a adoção de embalagens que ofereçam barreira à umidade torna-se necessária para a manutenção da qualidade do produto final. A Figura 12 apresenta o comportamento exibido pela umidade do “blend” em função do armazenamento.

Figura 12 - Comportamento da umidade do “blend” durante o armazenamento



Através da Figura 12, nota-se o aumento da umidade da amostra de “blend” em pó durante o tempo de armazenamento. Ao fim do armazenamento, a umidade final foi de 1,76%, logo mesmo com o aumento significativo da umidade exibido pela amostra, a mesma encontra-se abaixo de 5%, que é o máximo permitido pela legislação vigente para pós de frutas liofilizadas. A amostra de “blend” manteve-se com baixa umidade até o final do

experimento.

Comportamento semelhante ao desta pesquisa foi observado por Oliveira (2011), ao avaliar a umidade da polpa de cajá em pó liofilizada durante 60 dias de armazenamento. Também Gomes *et al.*, (2004) no armazenamento da polpa de acerola em pó acondicionada em sacos de polietileno em temperatura ambiente durante 60 dias, onde segundo os autores, o valor do teor de umidade inicial foi de 4,074%, aumentando ao longo do tempo, atingindo um percentual de ganho de umidade de 51,31% ao final dos 60 dias de armazenamento.

Resultado divergente ao dessa pesquisa foi observado por Figueirêdo *et al.*, (2001) que não verificaram tendência de acréscimo da umidade do suco de acerola microencapsulado em *spray dryer* armazenado em embalagens flexíveis laminadas com o tempo de armazenamento.

4.8.3 Higroscopicidade

Os valores médios para higroscopicidade com os respectivos desvios-padrão dos em função período de armazenamento do “blend” estão descritos na Tabela 28.

Tabela 28 - Valores médios de higroscopicidade do “blend” da mistura da polpa de acerola, polpa de mamão e maltodextrina obtidos por liofilização.

Tempo de armazenamento (dias)	Higroscopicidade
0	9,44 ^a ±0,45
5	8,40 ^a ±0,19
10	9,85 ^a ±0,40
15	10,05 ^a ±1,43
20	8,25 ^a ±0,40

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, em 5% de significância.

A higroscopicidade do “blend” das polpas de acerola e mamão em pó, adicionados de maltodextrina apresentou comportamento incomum, visto que entre os dias 0 a 5, notou-se a diminuição da higroscopicidade, contudo, dos 5, 10 e 15, dias, a higroscopicidade aumentou novamente, mas declinou ao final do armazenamento. A higroscopicidade não apresentou diferença estatística ($p \leq 0,05$) pelo teste de Tukey em função do tempo de armazenamento do “blend” em pó, desta forma assumiu-se que a higroscopicidade não sofreu influência em função do período de armazenamento.

As amostras de “blend” em pó das polpas de acerola e mamão adicionadas de maltodextrina apresentaram-se dentro do limite de até 10% de higroscopicidade, assim segundo a classificação do GEA Niro Research Laboratory (2010) as mesmas foram consideradas não higroscópicas até o final do armazenamento, Oliveira (2012) também observou aumento da higroscopicidade durante o período de armazenamento (120 dias) da polpa em pó de cajá liofilizada acondicionadas em embalagens de polietileno.

4.8.4 Análise colorimétrica

A análise colorimétrica do “blend” em pó obtidos das polpas de acerola e mamão contendo maltodextrina avaliadas segundo método CIElab descritos a seguir.

4.8.4.1 Luminosidade

A luminosidade média apresentada pelo “blend” em pó das polpas de acerola e mamão adicionadas de maltodextrina apresentou diferença estatística ($p \leq 0,05$) pelo teste de diferença de medias em função do tempo de armazenamento (Tabela 29).

Tabela 29 - Valores médios luminosidade (L^*) do “blend” em pó das polpas de acerola e mamão adicionadas de maltodextrina obtidos por liofilização.

Tempo de armazenamento (dias)	Luminosidade (L^*)
0	90,45 ^a ±0,27
5	88,42 ^d ±0,33
10	89,11 ^b ±0,19

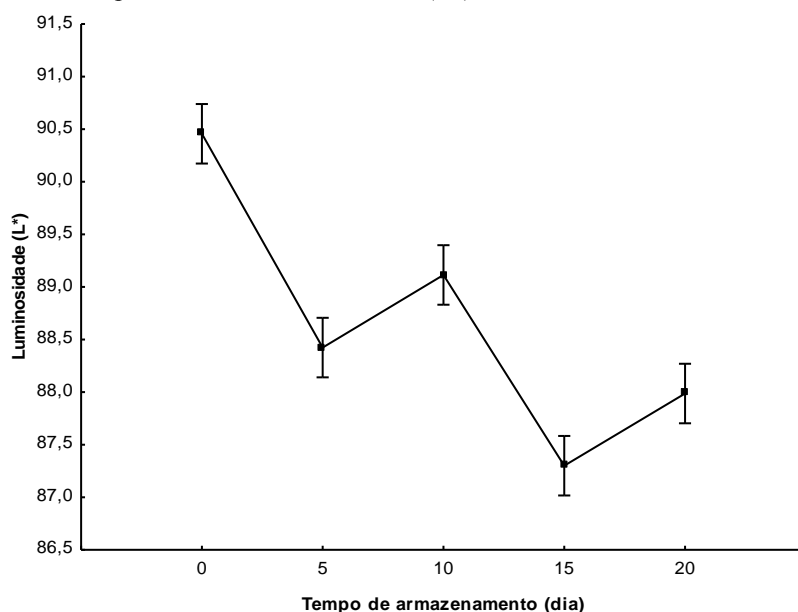
15	87,30 ^c ±0,04
20	87,98 ^d ±0,11

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, em 5% de significância.

A luminosidade, (coordenada L*) mede a quantidade de luz que é refletida de uma cor. O brilho de um determinado objeto tendo o branco absoluto como referência (mais clara, mais escura), limites: preto e branco (KONICA MINOLTA, 1998), assim sendo, o “blend” em pó apresentou elevada luminosidade durante o tempo de armazenamento.

Pela comparação entre os valores de luminosidade obtidos no dia 0 (zero) e no fim do armazenamento, nota-se redução de aproximadamente 2,73% desta coordenada em função do armazenamento apresentando-se mais escura no fim do armazenamento, sugerindo que houve escurecimento de natureza enzimática e/ou não enzimática do “blend” em pó durante os 20 dias de armazenamento. Isso demonstra que a presença da maltodextrina no produto não evitou o escurecimento da amostra no período do armazenamento. A figura 13 apresenta o comportamento gráfico da luminosidade em função do tempo de armazenamento.

Figura 13 - Comportamento da luminosidade (L*) do “blend” durante o armazenamento



Nota-se que para luminosidade do “blend” em pó apresentou um comportamento onde se verificou uma tendência de decréscimo da coordenada *L em função do armazenamento, no entanto, o gráfico (Figura 13) mostra elevações da luminosidade no décimo e vigésimo dia de armazenamento, os valores mantiveram-se abaixo do reportado para luminosidade no início do armazenamento. Observando o gráfico a cada 10 dias, nota-se que

o “blend” em pó ao final do armazenamento é mais escuro, logo afirmar-se que a luminosidade decresceu em função do tempo de armazenamento. O aumento da taxa de escurecimento pode ser correlacionado à diminuição do teor de ácido ascórbico, que ocorre possivelmente devido ao processo de degradação oxidativa, caracterizado como escurecimento não enzimático. (SOARES *et al.*, 2001).

Figueirêdo *et al.*, (2005), ao estudarem a alteração da cor da acerola em pó durante 30 dias em condições controladas a 15 °C, observaram que houve redução de 53,10 para 48,28 da luminosidade no decorrer dos dias de armazenamento. Neves e Lima (2009) ao estudarem a estabilidade da polpa de acerola congelada por 180 dias observaram acréscimo dos valores que foram de 37,52 para 42,58, resultados divergentes com os desta pesquisa.

4.8.4.2 Coordenada a*

Os valores médios para coordenada a* do “blend” em pó seguida dos desvios-padrão estão demonstrados pela Tabela 30.

Tabela 30 - Valores médios para coordenada a* do “blend” em pó das polpas de acerola e mamão adicionadas de maltodextrina obtidos por liofilização.

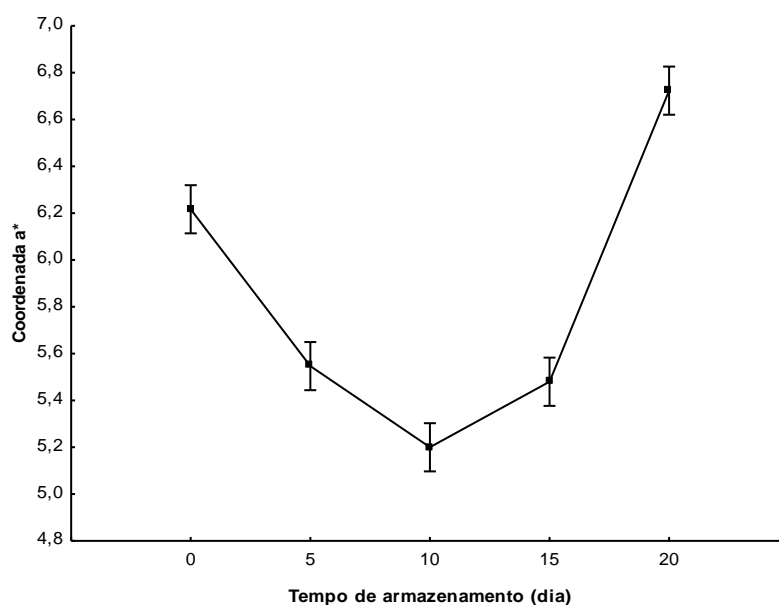
Tempo de armazenamento (dias)	Coordenada a*
0	6,21 ^b ±0,07
5	5,54 ^d ±0,15
10	5,20 ^c ±0,01
15	5,48 ^d ±0,02
20	6,72 ^d ±0,03

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, em 5% de significância.

Segundo Konica Minolta (1998), a coordenada a^* mede os valores dos componentes cromáticos a^* ($+a^*$: cor vermelha do fruto; $-a^*$: cor verde). Pela Tabela 30, a coordenada a^* apresentou decréscimo significativo já no dia 5 quando comparado ao tempo inicial. A redução da coordenada a^* , manteve-se significativa até o dia 10º, a partir do 15º dia, a coordenada a^* apresentou aumento significativo quando comparado aos dias anteriores, contudo manteve-se estatisticamente igual ao 5º dia pelo teste de Tukey, de modo geral a coordenada a^* aumentou ao final do armazenamento.

Valores divergentes desta pesquisa foram apresentados por Figueirêdo *et al.*, (2005) que ao avaliarem a alteração da coloração de acerolas maduras em pó sob condições controladas por 30 dias a 15 °C, onde relataram que houve redução de 9,71 para 7,89 na intensidade do vermelho no decorrer dos dias de armazenamento. A Figura 14 apresenta o gráfico com o comportamento da coordenada a^* em função do tempo de armazenamento do “blend” em pó das polpas de acerola e mamão adicionado de maltodextrina.

Figura 14- Comportamento da coordenada a^* para o “blend” durante o armazenamento



De acordo com o exposto na Figura 14, é possível verificar nitidamente a elevação da intensidade no valor de a^* a partir do 15º dia de armazenamento. Segundo Gomes *et al.*, (2004) o aumento da intensidade de vermelho (a^*) associado à redução da luminosidade (Figura 13) retrata o escurecimento das amostras.

Silva *et al.*, (2005) ao estudarem o armazenamento de umbu-cajá em pó durante 60 dias de armazenamento, observaram comportamento semelhante ao apresentado por este estudo, onde segundo os autores o umbu-cajá apresentou aumento no valor de a^* de 13,33 para 15,07 para as polpas armazenadas em embalagens de polietileno ao final do armazenamento.

4.8.4.3 Coordenada b^*

Os valores apresentados na tabela 31 mostram os valores da coordenada b^* com os respectivos desvios-padrão em função do tempo de armazenamento.

Tabela 31 - Valores médios para coordenada b^* do “blend” em pó das polpas de acerola e mamão adicionadas de maltodextrina obtidos por liofilização.

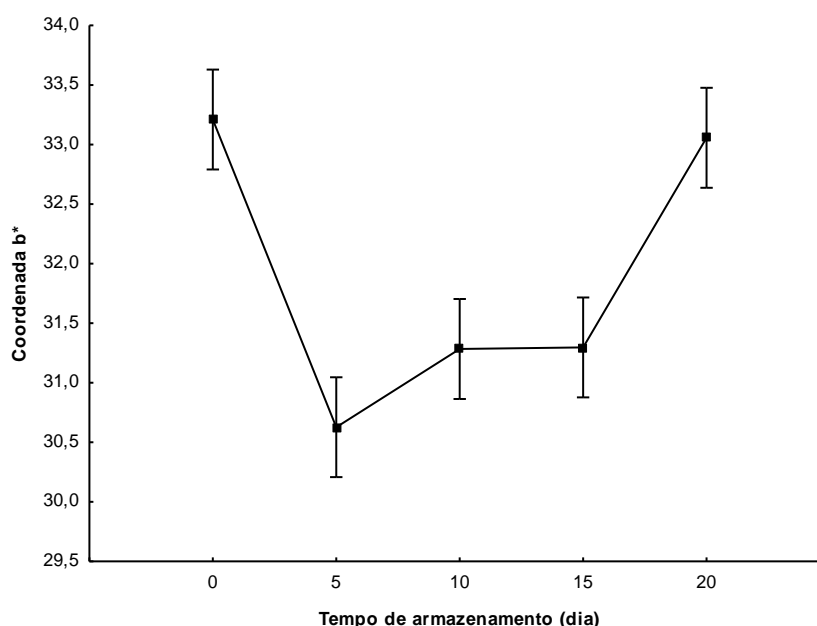
Tempo de armazenamento (dias)	Coordenada b^*
0	33,21 ^a ±0,04
5	30,62 ^b ±0,23
10	31,28 ^b ±0,15
15	32,29 ^b ±0,11
20	33,05 ^a ±0,66

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, em 5% de significância.

A coordenada b^* , mede os valores dos componentes cromáticos b^* ($+b^*$: grau da cor amarela; $-b^*$: grau da cor azul) (KONICA MINOLTA1998). De acordo com a Tabela 31 a coordenada b^* apresentou tendência de estabilização ao longo do tempo de armazenamento, observa-se que entre o dia 0 (zero) e 5º dia houve uma redução significativa desta variável. Entre o 5º e 15º, houve um leve acréscimo no valor de b^* , contudo os mesmos não foram significativos ($p \leq 0,05$) pelo teste de diferença de médias. Ao final do armazenamento a coordenada b^* voltou a aumentar significativamente em relação aos demais períodos de armazenamento, excetuando-se apenas do dia (0) zero. Fazendo um comparativo entre o valor de b^* inicial e com 20 dias de armazenamento, obtiveram-se valores estatisticamente iguais pelo teste de Tukey, afirma-se mediante ao exposto que durante o armazenamento houve uma tendência para estabilização de b^* em função do tempo de armazenamento do “blend”. A representação gráfica da Tabela 31 esta disposta na Figura 15.

A figura 15 mostra o gráfico com o comportamento da coordenada b^* ao longo do tempo de armazenamento do “blend” em pó das polpas de acerola e mamão adicionadas de maltodextrina.

Figura 15 - Comportamento da coordenada b^* para o “blend” durante o armazenamento



A Figura 15, só corrobora ainda mais para visualização do comportamento exibido pela coordenada b^* . Gomes *et al.*, (2004) ao estudarem o armazenamento da polpa de acerola em pó a temperatura ambiente por 60 dias relataram que não houve diferença significativa entre as médias dos valores de b^* entre os quatro primeiros períodos e entre os

três últimos períodos de armazenamento, ainda segundo os autores, o percentual de aumento do valor de b^* no final do armazenamento de 60 dias com relação ao tempo zero foi de aproximadamente 21%, divergindo dos valores nesta pesquisa, onde houve redução percentual no fim do armazenamento de 20 dias com relação ao tempo zero de aproximadamente 0,49%,concluindo-se assim que o “blend” em pó permaneceu com a mesma tonalidade até o fim do armazenamento.

4.8.4.4 Diferença total de cor ΔE^*

Os valores apresentados na Tabela 32 mostram as médias obtidas para diferença total de cor ΔE^* do “blend” em pó seguida com os respectivos desvios-padrão em função do armazenamento.

Tabela 32 - Valores médios para a diferença total de cor ΔE^* do “blend” em pó das polpas de acerola e mamão adicionadas de maltodextrina obtidos por liofilização.

Tempo de armazenamento (dias)	ΔE^*
5	3,36 ^a ± 0,40
10	2,56 ^b ± 0,17
15	3,77 ^a ± 0,057
20	2,58 ^b ± 0,18

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, em 5% de significância.

No espaço CIELAB é possível quantificar as diferenças em termos psicométricos

de ΔL^* , Δa^* , Δb^* e ΔE^* , sendo a diferença total da cor denominada pela expressão ΔE^* (HUNTER LAB, 2007).

Os resultados na análise colorimétrica para diferença total da cor ΔE^* do “blend” em relação ao tempo 0 (zero) mostrou diferenças significativas ($p \leq 0,05$) pelo teste de Tukey em função do armazenamento. Nota-se ainda pela Tabela 32 que o parâmetro ΔE^* não demonstrou tendência bem definida no intervalo de armazenamento avaliado, onde os valores variaram de 2,56 a 3,77. Segundo Fonteles (2011), a diferença total de cor, pode ser classificada em relação à percepção do consumidor como muito distinta ($\Delta E^* > 3,0$), distinta ($1,5 < \Delta E^* < 3,0$) e ligeiramente distinta ($\Delta E^* < 1,5$), desta forma assumiu-se que o “blend” nos tempos avaliados foram classificados como muito distintas no 5º e 15º dias e ligeiramente distintas no décimo dia e ao final do armazenamento, o que demonstra que “blend” apresentou boa estabilidade em função do tempo de armazenamento de acordo com o padrão colorimétrico ΔE^* .

Lopes (2005) encontrou valores de ΔE^* , que variaram de 2,28 a 12,88 para polpa de acerola congelada durante estocagem de 180 dias a -18°C . Já Haminiuk (2007) em estudo sobre o efeito da temperatura na avaliação colorimétrica de misturas ternárias e sistemas pécticos de polpas de morango, amora-preta e framboesa, obteve valores de ΔE^* que variaram de 0,58 a 2,58, ainda segundo o autor, os valores obtidos demonstraram que houve uma boa manutenção da cor em função do processamento térmico.

5 CONCLUSÃO

A melhor condição para obtenção do pó da polpa acerola liofilizada foram 16,6% de maltodextrina e 28 horas de liofilização, para polpa de mamão as melhores condições foram 34,25h de liofilização e 20,7 % de maltodextrina.

As polpas *in natura* de acerola e mamão apresentaram características físico-químicas de acordo com o especificado pela legislação para polpas de frutas e fonte de vitamina C.

A polpa de acerola em pó e a polpa de mamão em pó obtida por liofilização apresentaram características físico-químicas dentro do especificado pela legislação brasileira, além de serem fonte de vitamina C, antocianinas flavonoides e carotenoides.

As polpas de acerola e mamão em pó apresentaram composição nutricional satisfatórias, podendo os mesmos ser utilizadas na elaboração de sucos, néctares ou ainda, serem incorporados a massas como bolos, biscoitos entre outras classes de alimentos.

As isotermas de adsorção da polpa de acerola em pó apresentaram formatos característicos do tipo III, o modelo matemático de Oswin, foi o que melhor se ajustou as dados para predição das isotermas da acerola em pó.

As isotermas de adsorção para polpa de mamão em pó são bem ajustadas pelo modelo de BET e classificadas como tipo III. Apresentaram inversão do efeito da temperatura em atividade de água a partir de 0,8.

A melhor formulação em termos de baixa higroscopicidade; boa capacidade de solubilidade; curto tempo de reidratação e baixo *caking* para o “blend” em pó foi o ensaio 6, com 25% de polpa de acerola, 50% de polpa de mamão e 25% de maltodextrina.

O “blend” em pó apresentou composição nutricional dentro do permitido para produtos de frutas em pó liofilizados e consideráveis teores de ácido ascórbico e baixos teores de antocianinas e flavonoides.

O estudo da estabilidade do “blend” em pó oriundo da mistura entre as polpas de acerola e mamão contendo maltodextrina permitiu observar alterações em função do tempo de armazenamento como: aumento da umidade, aumento da coordenada a^* , diminuição do ácido ascórbico e diminuição da luminosidade. A coordenada b^* e a higroscopicidade não apresentaram alterações significantes. A diferença total de cor ΔE^* não mostrou tendência bem definida em função do período de armazenamento.

REFERÊNCIAS

- ADRIANO, E.; LEONEL, S.; EVANGELISTA, R. M. Qualidade de fruto da aceroleira cv. Oliver em dois estádios de maturação. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. especial, p.541-545.2011.
- AGUIAR, L. P. β -Caroteno, vitamina C e outras características de qualidade de acerola, caju e melão em utilização no melhoramento genético. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - **Universidade Federal do Ceará**, Fortaleza, 87f. 2001.
- ALAIS, C.;LINDEN, G. **Manual de bioquímica de los alimentos**. Barcelona: Masson, 218p. 1990.
- ALCÂNTARA, S.R.; ALMEIDA, F. A. C.; SILVA, F. L. H.; GOMES, J. P. Isotermas de adsorção do pedúnculo seco do caju. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, n. 1, 2009.
- ALEXANDRE, H. V.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M. Isotermas de Adsorção de Umidade de Pitanga em Pó. **Revista de Biologia e Ciência e Terra**. v.7 n.1. p. 11-20.2007.
- AL-MUHTASEB, A. H.; MCMINN, W. A. M.; MAGEE, T. R. A. Moisture sorption isotherm characteristics of food products: a review. **Food and bioproducts processing**. v.80,

n.2, p.118-128, 2004.

ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA 2012 / Benno Bernardo Kist.[et al.]. – Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 128 p. 2012.

ANSELMO, G. C. S. *et al.* Determinação da higroscopicidade do cajá em pó por meio da secagem por atomização. **Revista de Biologia e Ciência da Terra**, v. 06, n. 02, p. 58-65, 2006.

ARAÚJO FILHO, G. D. de [et al.], Produtor de mamão. Fortaleza: Edições Demócrito Rocha. Instituto Centro de Ensino Tecnológico, 2002. 72p.

ASTN (Associação das Indústrias Processadoras de Frutas Tropicais) (2001) Relatório sobre exportações de sucos de frutas. Aracaju, 2001. 3p. Disponível em: <<http://tropicaljuice.com.br>>. Acesso em: 09/10/2012.

AVIARA, N.A.; OJIBOLA, O.O. Thermodynamics of moisture sorption in melon seed and cassava. **Journal of Food Engineering**, n.4. 2002.

BARBOSA, S. J. Qualidade de suco em pó de mistura de frutas obtido por spray drying. Dissertação (mestrado)-Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal no Semiárido, **Universidade Estadual de Montes Claros** (Unimontes), p. 2010.

BARROS NETO, B.; SCARMINIO, I. S.; BRUNS, R. E. Como fazer experimentos: pesquisa e desenvolvimento na ciência e na industria. Campinas: **EDUNICAMP**, 2001.

BHANDARI, B. R.; HARTEL, R. W. Phase transitions during food powder production and powder stability. In: ONWULTAT, C. (Ed.). **Encapsulated and powdered foods**. Boca Raton: Taylor & Francis, p. 261-292. 2005.

BOBBIO, F.O.; DRUZIAN, J.I.; ABRÃO, P.A.; BOBBIO, P.A.; FADELLI, S.. Identificação e quantificação das antocianinas do fruto do açazeiro (*Euterpe oleracea*) Mart. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, 20(3):388-390. 2000.

BOBBIO, P. A.; BOBBIO, F. O. Química do processamento de alimentos. 3ed. São Paulo: **Livraria Varela**, 2001, 252p.

BLAHOVEC, J. Sorption isotherms in materials of biological origin mathematical and 323 physical approach. **Journal of Food Engineering**, v.65, n.4, p.489-495, 2004.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento **Instrução Normativa nº 01, de 7 De Janeiro de 2000**. Regulamento Técnico Geral para fixação dos Padrões de Identidade e Qualidade para polpa de fruta. 2000.

_____. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 272, de 22 de setembro de 2005, que dispõe sobre o Regulamento Técnico para produtos de vegetais, produtos de frutas e cogumelos comestíveis, **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 2005a.

_____. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 269, de 22 de setembro de 2005, que dispõe sobre o Regulamento Técnico sobre a ingestão diária recomendada (IDR) de proteína, vitaminas e minerais, **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 2005b.

BRUNINI, M. A. MACEDO N. B.; COELHO, C. V. SIQUEIRA, G. F. Caracterização física e química de acerolas provenientes de diferentes regiões de cultivo. **Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal** - SP, v. 26, n. 3, p. 486-489, 2004.

CANO-CHAUCA, M., STRINGHETA, P. C., Ramos, A. M., Cal-Vidal, J. Effect of the carries on the microstructure of mango powder spray drying and its functional characterization. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v-6 n.4, p. 420-428, 2005.

CÁNOVAS, G. V. B.; MERCADO, V. **Dehydration of foods (in spanish)**. Zaragoza, Spain: Acibia S.A. 2000.

CANUTO, G.A.B. et al. Caracterização físico-química de polpas de frutos da Amazônia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 32, n. 4, p. 1196-1205, 2010.

CARDOSO, C.E.L.; LOPES, R.L.; ALMEIDA, C.O. Aspectos econômicos. In: RITZINGER, R.; KOBAYASHI, A.K.; OLIVEIRA, J.R.P. (Ed.). A cultura da Aceroleira. Cruz das Almas, BA: **Embrapa Mandioca e Fruticultura**, p.185-198. 2003

CARVALHO, R.A. Análise econômica da produção de acerola no município de Tomé-Açu, Pará. Belém: **Embrapa Amazônia Oriental**, 2000. 21p.

CATELAM, K.T.; TRINDADE, C.S.F.; ROMERO, J.T. Water adsorption isotherms and isosteric sorption heat of spray-dried and freeze-dried dehydrated passion fruit pulp with additives and skimmed milk. **Ciência e Agrotecnologia**. Lavras, v.35, n. 6, p. 1196-1203, 2011.

CARLOS, L. A.; RESENDE, J. V.; CAL-VIDAL, J. Redução da higroscopicidade de pós liofilizados pela indução da cristalização em soluções-modelo de açúcares constituintes de frutas. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.8, n.2, p. 163-173, 2005.

COLLARES, F. P.; FINZER, J. R.; KIECKBUSCH, T. G. Glass transition control of the detachment of food pastes dried over glass plates. **Journal of Food Engineering**, v. 61, n. 2,

p. 261-267, 2004.

COLLARES, F. P. Desprendimento de filme de pastas alimentícias durante a secagem sobre superfícies de sólidos e sua relação com a transição vítrea. Tese (Doutorado em Engenharia Química). **Faculdade de Engenharia Química**. Universidade Estadual de Campinas. Campinas/SP. 2001.

COMUNIAN, T.A. et al. Assessment of production efficiency, physicochemical properties and storage stability of spray-dried chlorophyllide, a natural food colourant, using gum Arabic, maltodextrin and soy protein isolate-based carrier systems. **International Journal of Food Science and Technology**. v. 46, p. 1259-1265. 2011.

CHIRIFE, J.; TIMMERMANN, E. O.; Iglesias, H. A.; Boquet, R. Some features of the parameter k of the GAB equation as applied to sorption isotherms of selected food products. **Journal of Food Engineering**, v. 15, n. 1, p. 75-82, 1992.

DEL POZO-INSFRAN, D.; BRENES, C. H.; TALCOTT, S. T. Phytochemical composition and pigment stability of açai (*Euterpe oleraceae* Mart.). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 52, n. 6, p. 1539-1545, 2004.

DITCHFIELD, C. **Estudo dos métodos para medida da atividade de água**. Dissertação Mestrado em Engenharia Química. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Engenharia Química, São Paulo SP. p.195.2000.

EASTMAN, J.E.; MOORE, C.O. **Cold water soluble granular starch for gelled food composition**. U.S. Patent 4465702, 1984.

EVANGELISTA, J. **Tecnologia de alimentos**. São Paulo: Atheneu, 1992, 652p.

FAGUNDES, G. R.; YAMANISHI, O. K. Características físicas e químicas de frutos de mamoeiro do grupo 'solo' comercializados em 4 estabelecimentos de Brasília-DF. **Revista brasileira de fruticultura**, Jaboticabal, v.23, n.3, 2001.

FARAONI, A. S.; RAMOS, A. M.; GUEDES, D.B.; OLIVEIRA, A.N.; LIMA, T.H.S.F.; SOUSA, P.H.M. Desenvolvimento de suco misto de manga, goiaba e acerola utilizando delineamento de mistura. **Ciência Rural**, v.42, n.5, p.911-917.2012.

FARIAS, A.R.N.; OLIVEIRA, A. M. G.; SANTOS FILHO, HP.; *et. al.* A cultura do mamão. 2 ed. Rev. Aum. EMBRAPA: Centro Nacional de Pesquisa de Mandioca e Fruticultura Tropical. – Brasília: **Embrapa- SP**(coleção plantar, n.37), 1998.92p.

FELLOWS, P.J. **Tecnologia do Processamento de Alimentos-** princípios e prática, Porto Alegre: Artemed, 2006. 602p.

FERREIRA, C.D.; PENA, R.S. Comportamento higroscópico da farinha de pupunha (*Bactris gasipaes*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.23, n.2, p.251-255, 2003.

FERREIRA, M.F.P.; PENA, R. S. Estudo da secagem da casca do maracujá amarelo. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 12, n. 1, p. 15-28, 2010.

FIGUEIRÊDO, R. M. F., GRANDIN, A., MARTUCCI, E. T. Armazenamento do suco de acerola microencapsulado. **Rev. Bras. Prod. Agroin.**, Campina Grande, v. 3, n. 1, p. 1-6, 2001.

FONTELES, T.V.; COSTA, M.G.M.; DE JESUS, A.L.T.; RODRIGUES, S. Optimization of the fermentation of cantaloupe juice by *Lactobacillus casei* NRRL B-442. **Food and Bioprocess Technology**, v. on line, p 1-8, 2011

FRANCO, B. D. G. M.; LANDGRAF, M. **Microbiologia dos alimentos**. São Paulo: Atheneu, 2005. 182p

FRANCIS, F. J. Analysis of anthocyanins. In: MARKAKIS, P. (Ed.) **Anthocyanins as food colors**. New York: Academic, 1982. p. 181-207.

GÁLVEZ, A. V.; ARAVENA, E. L.; MONDACA, R. L. Isotermas de adsorción em harina de maíz (*Zea mays* L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas-SP, v. 26, n. 4, p. 821-827, out.-dez., 2006.

GAVA, A. J. **Princípios de tecnologia de alimentos**. São Paulo:Nobel, 2002. 284p.

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

GEA Niro Research Laboratory. **GEA Niro analytical methods**. Disponível em: <<http://www.niro.com/methods>>. Acesso em: 05 dez. 2012.

GOMES, J. E.; PERECIN, D.; MARTINS, A. B. G.; ALMEIDA, E. J. A. Variabilidade fenotípica em genótipos de acerola. **Pesqui. Agropecu. Bras.**, Brasília, v. 35, n. 11, p.2205-2211, 2000.

GOMES, P. M. de A.; FIGUEIRÊDO R. M. F. de; QUEIROZ, A. J. de M. Armazenamento Da Polpa de acerola em pó a temperatura ambiente.**Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, 24(3): 384-389, jul.-set. 2004.

GOMES, P. M. A.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M Caracterização e Isotermas de Adsorção de Umidade da Polpa de Acerola em Pó. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.4, n.2, p.157-165, 2002.

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.

GOULA, A. M.; KARAPANTSIOS, T. D.; ACHILIAS, D. S.; ADAMOPOULOS, K.G. Water sorption isotherms and glass transition temperature of spray dried tomato pulp. **Journal of Food Engineering**, v. 85, p. 73-83, 2008.

GREESPAN, L. Moisture fixed points of binary saturated aqueous solutions. **Journal of Research of the National Standards A: Physics and Chemistry**, v. 81, n. 1, p. 89-96, 1977.

HAMINIUK, C.W.I. Estudo do comportamento reológico e colorimétrico de misturas ternárias e sistemas pécticos de polpas de morango, amora-preta e framboesa. (2007). Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) – **Setor de Tecnologia**, Universidade Federal do Paraná. 2007.

HIGBY, W. K. A simplified method for determination of some of the carotenoid distribution *in natura* and carotene – fortified orange juice. **J. Food Sci.**, Chicago, v. 27, p. 42-49, 1962.

HUNTERLAB. Color Measurement of Translucent Materials. Hunter Associates Laboratory, Incorporated 9529. Lee Highway, Fairfax Va. 22030, USA. 2007.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos químicos e físicos para análise de alimentos. 4. ed. São Paulo: **IAL**, 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA- **IBGE**. Produção Agrícola Municipal: Produção brasileira de mamão. 2010.

INTERNATIONAL UNION OF PURE AND APPLIED CHEMISTRY – IUPAC. Reporting Physisorption data for gas solid. systems with Special Reference to the Determination of Surface Area and Porosity. *Pure & Applied Chemistry*, v. 57, n. 4, p. 603-619, 1985.

JACOMINO, A. P.; KLUGE, R. A.; BRACKMANN, A.; CASTRO, P. R. de C. Amadurecimento e senescência de mamão com 1-metilciclopropeno. **Scientia Agrícola** v.59, n.2, p.303-308, abr/jun 2002.

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

JULIANO, P.; BARBOSA CÁNOVAS, G. V. Food Powders Flowability Characterization: Theory, Methods, and Applications. **Annual Review of Food Science and Technology**, v.1, p.211-239, 2010.

KADER, A.A.; BARRETT, D. M. Classification, composition of fruits, and postharvest maintenance of quality. In: BARRETT D.M.; SOMOGYI, L.; RAMASWAMY, H. (Eds).

Processing fruits: science and technology. 2.ed. USA: CRC Press, 2005.

KONICA MINOLTA, Konica Minolta Sensing, Inc. Precise color communication. Color control from perception to instrumentation. Daisennishimachi, Sakai. Osaka, Japan. p. 59, 1998.

KUROZAMA, L. E.; EL-AQUAR, A. A.; MURR F. E. X. Obtenção das Isotermas de dessorção de cogumelo *in natura* e desidratado osmoticamente. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas. v.25, n.4, p.828-834.2005.

LEHN, D. N.; PINTO, L. A. de A. Isotermas de equilíbrio e curvas de secagem para arroz em casca em silos de armazenagem. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa MG, v. 12, n. 3, p. 177-191, 2004.

LETERME, P. et al. Mineral content of tropical fruits and unconventional foods of the Andes and the rain forest of Colombia. **Food Chemistry**, v. 95, n. 4, p. 644-652, 2006.

LIAPES, A. L. "Freeze drying". In Hanbook of Industrial Drying, Mujumdar, a. s. Ed.; Marcel Dekker, Inc: New York, p. 295326. 1987.

LIMA, V.L.A.G.; MELO, E.A.; LIMA, L. S.; NASCIMENTO, P.P. Flavonoides in acerola (*Malpighia sp L*) selections 1 anthocyanins and flavonols content. **Ciencia Rural**. V.30, n.6, p.1063-1064.2000.

LIMA, V.L.A.G.; MUSSER, R.S.; LEMOS, M.A. et al. Análise conjunta das características físico-químicas de acerola (*Malpighia emarginata* D.C.) do banco ativo de germoplasma em Pernambuco. In: Congresso Brasileiro de Fruticultura, 17., 2002a, Belém, **Anais...** Belém: SBF, 2002.

LIMA, V. L. A. G.; MÉLO, E. A.; GUERRA, N. B. "Correlação entre o teor de antocianinas e caracterização cromática de polpas de diferentes genótipos de aceroleira", **Brazilian Journal of Food Technology**, 10(1), pp. 51-55, 2007.

LIMA, A.S. et al. Desenvolvimento de bebida mista à base de água de coco e suco de acerola. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.28, n.3, p.683-690, 2008.

LIMA, R. M. T.; FIGUEIREDO, R. W.; MAIA, G. A.; SOUSA, P.H.M.; FIGEIREDO, E. A. T.; RODRIGUES, C. S. Estabilidade química físico-química e microbiológica de polpas de acerola pasteurizadas e não pasteurizadas de cultivo orgânico. **Ciência Rural**. 2011.

LOMAURO, C.J.; BAKSHI, A.S.; LABUZA, T.P. Evaluation of food moisture sorptin isotherm equations. Part I : fruit, vegetable and meat products. *Lebensmittel Wissenschaft und Technologie*, v.18, p. 111-117, 1985.

LOPES, A. S. Pitanga e acerola: estudo de processamento, estabilidade e formulação de

néctar misto. (2005) Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) – **Faculdade de Engenharia de Alimentos**, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.

MAIA, G. A.; SOUSA, P. H. M.; LIMA, A. S. Processamento de sucos de frutas tropicais. 1 ed. Fortaleza: **Edições UFC**, 2007. 320 p.

MAIA, G. A.; SOUZA, P. H. M de; LIMA, A. da S.; CARVALHO, J. M.; FIGUEIREDO, R. W de. Processamento de frutas tropicais: nutrição, produtos e controle de qualidade. Fortaleza. **Edições UFC**, 2009.

MANNHEIM, C. H.; LIU, J. X.; GILBERT, S. G. Control of water in food during storage. **Journal de Food Engineering**, n.22, p. 509-532, 1994.

MARQUES, L. G., SILVEIRA, A. M., FREIRE, J. T. “Freeze-drying characteristics of tropical fruits”, **Drying Technology**, Vol. 24(1-7), pp. 457- 463, 2006.

MATSUURA, F.C.A.U., CARDOSO, R.L., FOLEGATTI, M.I.S., OLIVEIRA, J.R.P., OLIVEIRA, J.A.B., SANTOS, D.B. Avaliações físico-químicas em frutos de diferentes genótipos de acerola (*Malpighia puniceifolia* L.). **Revista Brasileira de Fruticultura**. Jaboticabal, SP, v.23, n.3, p.602-606, 2001.

MATSUURA, F.C.A.U.; ROLIM, R.B. Avaliação da adição de suco de acerola em suco de abacaxi visando à produção de um “blend” com alto teor de vitamina C. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.24, n.1, p.138-141, 2002.

MELONI, P.L.S. Produção de frutas desidratadas. In: **Semana Internacional da Fruticultura, Floricultura e Agroindústria**. Fortaleza, 2002.104p.

MENEZES, E.M.S. 2005. Efeito da alta pressão hidrostática em polpa de açaí pré-congelada (*Euterpe oleracea*, *Mart.*). Dissertação de Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ. 2005.

MULET, A.; GARCIA-PASCUAL, P.; SANJUAN, N.; GARCIA-REVERTER, J. Equilibrium Isotherms and isotheric heats of morel (*Morchella esculenta*). **Journal of Food Engineering**, London, v.53, p. 75- 81, 2002.

NATH, S.; SATPATHY, G. R. A systematic approach for investigation of spray drying processes. **Drying Technology**, New York, v. 16, n. 6, p. 1173-1193, 1998.

NEVES, M.; LIMA, V. Efeito do Congelamento sobre a Estabilidade da Polpa de acerola adicionada de extrato comercial de própolis. *Alim. Nutri.*, Araquara. v.20, n. 1, p. 87-94. 2009.

NONINO, C.A. Unesp de Jaboticabal faz melhoramento de acerolas. **Suplemento Agrícola do Estado de São Paulo**, abril de 1977, p. G-7.

OLIVEIRA, M. A. Avaliação da Influência de Adjuvantes de Secagem Sobre ds Propriedades de Suco de Caju Atomizado. 2008. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) **Departamento de Tecnologia de Alimentos**, Universidade Federal do Ceará. UFC. Fortaleza. 2008.

OLIVEIRA, E. N. A.; SANTOS, D. C.; SOUSA, F. C.; MARTINS, J. N.; OLIVEIRA, S.P.A. Obtenção de ubaia desidratada pelo processo de liofilização. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v.04, n.02, p. 235-242, 2010.

OLIVEIRA, G.S. Aplicação do Processo de Liofilização na obtenção de cajá em pó: Avaliação das Características físicas físico-químicas e higroscópicas. 2012. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). **Departamento de Tecnologia de Alimentos**, Universidade Federal do Ceará. UFC. 2012.

ORDOÑEZ, J.A. **Tecnologia de Alimentos**, v.1 – Componentes dos Alimentos e Processos. Porto Alegre: Atmed, 2005. 294p.

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. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, n. 4, p. 993-1000, 2010.

PENG, G.; CHEN, X.; WU, W.; JIANG, X. Modeling of water sorption isotherm for corn starch. **Journal of Food Engineering**, v. 80, p. 562-567, 2007.

PEZANTES, D.V. Estudo das operações combinadas da desidratação osmótica a vácuo, defumação líquida e secagem em filés de Bonito (Sarda sarda). 2006. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) – **Faculdade de Engenharia de Alimentos**, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.

PEREIRA, A. Avaliação microestrutural de pós de suco de maracujá obtidos por spray drying. 2000. 66 f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) Universidade Federal de Lavras, 2000.

PINEDO, R. A. Manutenção dos atributos de qualidade do camu-camu (*Myrciaria dubia* H. B. K. (McVaugh)) desidratado, durante armazenamento. 2002. 96 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química), **Faculdade de Engenharia Química**, Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, Campinas, 2002.

PORCU, O.M.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. Carotenoides de acerola: efeito de estágio de maturação e remoção de película. In: Simpósio **Latino Americano De Ciências De Alimentos**, 2003, Campinas, Anais. São Paulo: UNICAMP, 2003.

PRADO, M. E. T. Secagem de tâmaras (*Phoenix dactylifera* L.) para obtenção de tâmara passa. 1998. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos), **Faculdade de Engenharia de Alimentos**, Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 1998.

PRODLOVE, R. K. **Os alimentos em debate**. São Paulo: Livraria Varela, 1996.

RIBEIRO, E. P.; SERAVALLI. **Química de Alimentos**. 2º edição- - São Paulo; Blucher, 2007.

RIGHETTO, A. M.; NETTO, F. M. Sorption isotherms of encapsulated unripe West Indian cherry (*Malpighia glabra* L) juice. In: ISOPOW, 2000 – **International Symposium on the properties of water**, 8th. Zichron Yaakov, p.98, 2000.

ROCKLAND, L. B.; BEUCHAT L. R. Water Activity: Theory and Applications to food. **Institute of food technologists** 221n. Lasalle st. Chicago Illinois, 664p. 1987.

RODRIGUES, M. I; LEMMA, A. F. PLANEJAMENTO DE EXPERIMENTOS E OTIMIZAÇÃO DE PROCESSOS. 2 ed., Campinas, SP: **Casa do Espírito Amigo Fraternidade Fé e Amor**, 358 p, 2009.

RODRÍGUEZ-HERNANDEZ, GONZÁLEZ. R. et al. Spray-drying of cactus pear juice (*Opuntia streptacantha*): Effect on the physicochemical properties of powder and reconstituted product. **Drying Technology**, v. 23, n. 4, p. 955-973, 2005.

SANTOS, R.J.; LAJOLO, F.M.; GENOVESE, M.I. Composição química e capacidade antioxidante da acerola e de sua respectiva polpa congelada. In: **Simpósio Latino Americano De Ciências De Alimentos** – Desenvolvimento Científico E Tecnológico E A Inovação Na Indústria De Alimentos, 5., 2003, Campinas, **Anais...** São Paulo: UNICAMP, 2003.

SILVA, Y.C.; MATA, M.E.R.M.C.; DUARTE, M.E.M. Atividade de água em pó microencapsulado com amido modificado: estudo de dois modelos matemáticos. In: **Simpósio Brasileiro De Pós-colheita De Frutos Tropicais**, 1., 2005, João Pessoa. **Anais...** Areia: UFPB, 2005.

SILVA, F.; PARK, K.J.; MAGALHÃES, P. M. Isotermas de dessorção de *Calendula officinalis* L.: determinação experimental e modelagem matemática. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v.9, n.1, p. 21-28, 2007.

SILVA, A.E.; SILVA, L.H.M.; PENA, R.S. Comportamento higroscópico do açaí e cupuaçu em pó. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas-SP, n. 28, v. 4, p. 895-901, 2008.

- SOARES, E.C. et al. Desidratação da polpa de acerola (*Malpighia emarginata* D.C.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas-SP, v. 21, n. 2, p. 164-170, 2001.
- STADLER, Z. Determinação do Teor de Vitamina C em Alimentos. Curitiba, 2008. 27f. Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Ensino de Química Experimental para o 2º. Grau, Setor de Ciências Exatas, **Departamento de Química**, Universidade Federal do Paraná. 2008.
- STATSOFT. STATISTICA for Window - Computer programa manual. Versão 7.0 Tulsa: Statsoft Inc. 2007.
- STROHECKER, R; HENNING, H. M. **Analises de vitaminas: métodos comprobados**. Madrid: Paz Montalvo, 1967. 428 p.
- TACO. Tabela brasileira de composição de alimentos. Núcleo de Estudos e Pesquisas em Alimentação - **NEPA** e Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP. 4 Ed. Campinas, São Paulo. 2011.
- TANON, R. V; BRABET, C.; HUBINGER, M. D. Influência da temperatura de secagem e da concentração de agente carreador sobre as propriedades físico-químicas do suco de açaí em pó. **Cienc. Technol. Alimentos**. Campinas p.444-450. 2009.
- TEUNOU, E; FITZPATRICK, J. J.; SYNOTT, E. C. Characterization of food powder flowability. **Journal of Food Engineering**, v. 39, n.1, p. 31-37, 1999.
- UNIFEM. **Manual de tecnologia do ciclo alimentar: processamento de frutas e legumes**. 1989. 72 p.
- USDA. National Nutrient Database for Standard Reference, Release 22 (2009). Disponível em: < http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/cgi-bin/list_nut_edit.pl>. Acesso em: 10 set. 2012.
- VENDRAMINI, A. L.; TRUGO, L. C. Chemical composition of acerola fruit (*Malpighia punicifolia* L.) at three stages of maturity. **Food Chemistry**, v. 71, p. 195 – 198, 2000.
- WILBERG, V. C.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. HPLC quantitaion of major carotenoides of fresh and processed guava, mango and papaya. **Lebensmittel wissenschaft und Technologie**, 28, 474-480, 1995.