

DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA DE MELÃO (*Cucumis melo* L.) EM
SOLUÇÕES DE SACAROSE E DE SORBITOL

ROZANA MOREIRA PEREIRA DE LIMA

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE
DARCY RIBEIRO – UENF

CAMPOS DOS GOYTACAZES/RJ
SETEMBRO – 2012

DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA DE MELÃO (*Cucumis melo* L.) EM
SOLUÇÕES DE SACAROSE E DE SORBITOL

ROZANA MOREIRA PEREIRA DE LIMA

“Tese apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Doutor em Produção Vegetal”.

Orientador: Prof. Pedro Amorim Berbert

CAMPOS DOS GOYTACAZES-RJ
SETEMBRO – 2012

DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA DE MELÃO (*Cucumis melo* L.) EM
SOLUÇÕES DE SACAROSE E DE SORBITOL

ROZANA MOREIRA PEREIRA DE LIMA

“Tese apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Doutor em Produção Vegetal”.

Aprovada em 18 de setembro de 2012.

Comissão Examinadora:

Professor Geraldo de Amaral Gravina D. Sc., Fitotecnia – UENF.

Professora Marília Amorim Berbert de Molina D. Sc., Tecnologia Bioquímico-Farmacêutica – UENF.

Professor Vinicius de Oliveira Carlesso D. Sc., Produção Vegetal - FAESA

Prof. Pedro Amorim Berbert Ph.D., Engenharia Agrícola – UENF
Orientador

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela oportunidade de viver.

À Capes, pela concessão da bolsa de estudo que permitiu a realização do trabalho de pesquisa.

À Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, pela oportunidade de cursar a pós-graduação em nível de doutorado.

Ao professor Pedro Amorim Berbert, pela orientação, paciência e amizade durante a minha caminhada acadêmica.

À professora Marília Amorim Berbert de Molina, pela ajuda e apoio no decorrer do projeto de pesquisa.

À professora Selma Bergara Almeida, pela ajuda e colaboração na análise de textura.

À Marcia Terezinha, pela ajuda, amizade e colaboração de sempre.

Ao professor Geraldo de Amaral Gravina, pela ajuda, colaboração e atenção na parte estatística.

Ao professor José Tarcísio Lima Thiébaud, pelos conselhos, ajuda e atenção na parte estatística.

À Itaeiras Agropecuária S/A, em particular ao Sr. José Roberto Prado, pela doação dos melões e atenção que permitiram a execução do presente trabalho.

À Irmãos Benassi, em especial a Joana, pela disponibilização dos melões, atenção, ajuda e amizade.

Ao professor Henrique Duarte Vieira, pela ajuda de sempre e amizade.

A **Aldary Almeida Ferreira Filho** (*in memoriam*), meu eterno amor, por não ter me deixado desistir, por estar sempre no meu coração e no meu pensamento, por fazer parte da minha vida, pelo reencontro.

À minha sogra Luiza (Iza) e minha cunhada Mychelle, por terem me acolhido, pelo carinho, cuidado, paciência e ajuda material e espiritual durante esses quatro anos.

A meu pai Reinaldo, por todo incentivo e carinho.

A minha grande amiga de hoje e sempre, Cíntia, que sempre me incentivou e me ensinou o sentido da verdadeira amizade.

Ao amigo Vicente Mussi e família, pela amizade, paciência e ajuda desde a minha graduação até hoje.

Ao amigo Raphael, pela amizade e apoio na realização prática dos experimentos.

Aos demais professores e amigos da pós-graduação, principalmente professora Deborah Guerra, Claudia Pombo, Simone, Karina, Zelita e Leandro, pelos conselhos, incentivo e amizade.

A todos vocês, meu muito obrigada.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	vi
ABSTRAT.....	viii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	4
2.1. Aspectos gerais da cultura do melão.....	4
2.1.1. Histórico e importância sócio-econômica.....	4
2.1.2. Características gerais do cultivo do melão.....	5
2.1.3. Principais variedades comercializadas no Brasil e características do fruto.....	6
2.2. Desidratação osmótica.....	10
2.2.1. Tipo de agente desidratante.....	14
2.2.1.1. Sacarose.....	15
2.2.1.2. Sorbitol.....	16
2.2.2. Concentração da solução osmótica.....	17
2.2.3. Temperatura do processo.....	19
2.2.4. Tempo de processo.....	20
2.2.5. Grau de agitação.....	21
2.2.6. Geometria da amostra a ser desidratada.....	22
2.2.7. Parâmetros cinéticos do processo.....	23
2.3. Modelagem matemática para prever a concentração de equilíbrio.....	24
2.4. Atributo de qualidade de alimentos processados.....	28

2.4.1. Textura.....	29
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	32
3.1. Obtenção dos frutos.....	32
3.2. Variáveis associadas ao processo de desidratação osmótica.....	33
3.3. Preparo das amostras.....	34
3.4. Desidratação osmótica.....	37
3.5. Textura instrumental.....	38
3.6. Delineamento Experimental.....	39
3.6.1. Desidratação osmótica.....	39
3.6.2. Modelagem Matemática.....	41
3.6.3. Análise de textura instrumental.....	42
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	43
4.1. Caracterização do melão <i>in natura</i>	43
4.2. Cinética da desidratação osmótica.....	43
4.2.1. Efeito do agente osmótico e concentração da solução na perda de água, ganho de sólidos e redução de massa.....	44
4.2.2. Efeito da temperatura na perda de água, ganho de sólidos e redução de massa.....	59
4.3. Modelagem Matemática da transferência de massa.....	76
4.4. Análise de Textura Instrumental de melão.....	85
5. CONCLUSÕES.....	90
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	91
6. APÊNDICE.....	106

RESUMO

Lima, R. M. P.; D.Sc.; Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro; Setembro, 2012. Desidratação Osmótica de Melão (*Cucumis melo* L.) em Soluções de Sacarose e de Sorbitol. Professor orientador: Pedro Amorim Berbert.

O Brasil é o 3° produtor mundial de frutas e o 15° exportador, havendo produzido, em 2010, 479.000 t de melão em 18.870 ha. Sob temperatura ambiente, o melão possui vida pós-colheita curta, dificultando sua comercialização e transporte para lugares distantes dos centros de produção, contribuindo para o aumento das perdas. Uma grande parcela da produção de frutas passa por algum grau de transformação entre a colheita e seu uso final. As frutas processadas estão incorporadas na alimentação das pessoas em forma de sucos e polpas, conservas ou desidratadas, sorvetes, iogurtes, barras de cereais e cereais matinais. Dentre os produtos processados, as frutas desidratadas destacam-se por ser normalmente de fácil obtenção, manterem as características do produto natural, reduzirem o custo com transporte e por dificultar o desenvolvimento de microrganismos. A maioria dos trabalhos sobre desidratação osmótica encontrados na literatura refere-se a frutas de clima temperado, existindo relativamente pouca informação a respeito dos processos de transferência de calor e massa envolvidos na desidratação osmótica e secagem por convecção de frutas tropicais. Neste trabalho, o processo de desidratação osmótica de melão (*Cucumis melo* L.) foi estudado com base em arranjo fatorial, desidratando as amostras em soluções de sacarose e sorbitol de 40 a 70 °Brix, a

20, 30 e 40 °C, com relação fruta:xarope de 1:10, sob nível de agitação de 60 rpm. As variáveis obtidas, perda de água, ganho de sólidos e redução de massa, mostraram que o processo osmótico é, em geral, influenciado pela concentração da solução, pelo soluto utilizado e pela temperatura do processo osmótico. Os menores índices δ/ω foram obtidos na desidratação osmótica a 40 °C, em solução de sacarose a 50 e 60 °Brix e na desidratação em solução de sorbitol, a 30 e 40 °C, na concentração de 70 °Brix. Os modelos matemáticos de Azuara e colaboradores e Page Modificado mostraram-se razoavelmente adequados para prever a perda de água e o ganho de sólidos nas amostras de melão ao fim de 4 h de desidratação. A força de corte (textura instrumental) foi afetada significativamente durante o tratamento osmótico e na secagem em estufa, sofrendo alterações por influência do teor de água final da amostra de melão.

Palavras-chave: Desidratação osmótica, *Cucumis melo* L., textura instrumental, cinética da transferência de massa.

ABSTRACT

Lima, R. M. P.; D.Sc.; Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro [Northern Rio de Janeiro State University]. September, 2012. Osmotic dehydration of melon (*Cucumis melo* L.) in solutions of both sucrose and sorbitol. Adviser: Pedro Amorim Berbert.

Brazil ranks third among the world's major fruit producers and is the 15th fruit exporter. In 2010, the country produced 479,000 tonnes of melon in 18,870 hectares. Under ambient conditions the postharvest-life of melons is short, compromising transport and trading to major marketplaces located far away from production areas, and contributing to an increase in fruit losses. Most commercially grown fruits undergo some transformation between harvest and end user. Processed fruits are present in our daily diet in such products as fruit juices, preserves, conserves, dehydrated fruits, ice creams, yogurts, cereal bars and breakfast cereals. Among processed fruits, dehydrated fruits for direct consumption stand out as easy to make products which maintain some fresh fruit characteristics, not only preventing microorganism growth but also having a direct impact on reducing transport costs. Most published work on osmotic dehydration refers to temperate fruits whereas information on heat and mass transfer during osmotic dehydration and convective drying of tropical fruits are rather scarce. Thus, the object of this work was to investigate the osmotic dehydration of melon (*Cucumis melo* L.) employing a factorial design approach in 40 to 70 °Brix aqueous solutions of both sucrose and sorbitol, at 20, 30 and 40 °C, using a fruit

to syrup ratio of 1:10, stirring the hypertonic solutions at 60 revolutions per minute. The values obtained for the variables associated with the process, i.e., water loss (ω), solids gain (δ) and weight reduction (μ), revealed that the osmotic dehydration of melon is influenced by solution concentration, type of solute and the solution temperature. Lower δ/ω ratios were observed in the osmotic dehydration at 40 °C, in 50 and 60 °Brix sucrose solutions, and at 30 and 40 °C, in a 70 °Brix sorbitol solution. The mathematical model proposed by Azuara and associates and the modified Page model were reasonably capable of estimating water loss and solids gain in samples of melon during four hours of osmotic dehydration. Mechanical shear force (instrumental texture) was significantly affected by the osmotic dehydration and convective drying processes, mainly due to the final moisture content of the product.

Keywords: Osmotic dehydration, *Cucumis melo* L., instrumental texture, mass transfer kinetics.

1. INTRODUÇÃO

No cenário recente do agronegócio, o Brasil é o terceiro maior produtor mundial de frutas, atrás somente da China e da Índia, e o décimo quinto exportador. Parte desses resultados deve-se, também, a um expressivo consumo interno (Anuário, 2008). O cultivo de frutas no país destaca-se com área cultivada de cerca de 2,3 milhões de hectares e produção de 43 milhões de toneladas anuais. Com clima amplamente favorável e presença em todos os Estados brasileiros, a fruticultura é uma atividade em constante crescimento, com enorme potencial para ampliar os atuais milhões de empregos diretos que gera, bem como sua atual contribuição para o PIB nacional. Do total de frutas produzidas, 47% são destinados ao consumo *in natura* e 53% são destinadas ao processamento (IBRAF, 2010).

Em 2010, o Brasil produziu aproximadamente 479 mil toneladas de melão em 18.870 ha. Os maiores produtores nacionais da fruta são Rio Grande do Norte, Ceará, Pernambuco e Bahia (Agrianual, 2010). As exportações brasileiras de frutas têm se mostrado bastante expressivas, tendo alcançado o valor de aproximadamente 759 toneladas em 2010. Neste mesmo ano, o Brasil exportou cerca de 178 toneladas de melão, principalmente para o Reino Unido, Holanda e Espanha (IBGE, 2010).

De acordo com Santos (2011), entre a colheita e a mesa do consumidor ocorrem perdas significativas na qualidade das frutas, sendo esse desperdício causado principalmente por falhas no armazenamento e transporte. Algumas perdas são decorrentes do amadurecimento precoce dos frutos e deficiências nos

tratamentos pré e pós-colheita que, em conjunto, representam milhares de toneladas por ano. Sendo assim, a necessidade de reduzir essas perdas justifica a utilização de processos capazes de conservar tais produtos por um período maior.

A demanda por alimentos processados que mantenham suas características as mais próximas possíveis do produto original tem aumentado ao longo dos anos, basicamente em função da crescente preocupação dos consumidores com a qualidade de vida e a saúde, o que os faz ter cada vez mais cuidado com os alimentos que consomem. Uma grande parcela da produção de frutas no Brasil passa por algum grau de transformação entre a colheita e seu uso final. Entretanto, o percentual dessa produção que é industrializado varia para cada região do país, de acordo com o grau de industrialização e da sazonalidade das matérias-primas (Ferrari, 2005).

Nos últimos anos, a desidratação osmótica tem sido utilizada como pré-tratamento para processos como congelamento, secagem, secagem a vácuo e fritura. Por isso, é caracterizada como um dos processos mais adequados para obtenção de produtos de umidade intermediária, com boas características sensoriais, melhor qualidade da textura, melhor estabilização da cor e redução nas perdas de nutrientes (Ispir e Togrul, 2009; Germer et al., 2011). Dentre os produtos processados, as frutas desidratadas se destacam por ser de fácil obtenção, reduzirem o custo com transporte e por possuírem características que dificultam o desenvolvimento de microorganismos que normalmente promovem a deterioração rápida do produto *in natura* (Rodrigues, 2004).

A evolução do consumo de frutas processadas no Brasil e no mundo tem agregado valor a esse mercado. O mercado de frutas industrializadas é bem maior do que o de frutas *in natura*. Segundo dados do *International Trade Center* (Centro de Comércio Internacional), as frutas frescas tropicais movimentam internacionalmente US\$ 8,6 bilhões. Se forem considerados os produtos agroindustrializados, esse valor sobe para US\$ 23 bilhões (IBRAF, 2006).

Atualmente é possível encontrar empresas investindo na produção de frutas desidratadas. Devido ao crescimento da demanda, processam-se banana e abacaxi em rodela, coco em fita, goiaba em quartos, mamão e melão em cubos, morango em metade, manga e carambola em fatias e figo. A produção é vendida para grandes supermercados, lojas especializadas, entre outros (Ferrari, 2005).

Porém, a demanda por frutas desidratadas no Brasil ainda é bastante específica, voltada para o consumidor mais esclarecido e com melhor poder aquisitivo, que busca qualidade de vida por meio de uma dieta rica em vitaminas, minerais e fibras (Vasconcelos, 2010).

Assim, a produção de melão desidratado osmoticamente em solução de sacarose e/ou sorbitol, além de ser uma alternativa de conservação, pode vir a se tornar uma tecnologia alternativa de processamento, de forma a obter-se um produto diferenciado, com o uso de açúcar de baixa caloria (sorbitol) como opção para diabéticos e demais consumidores.

Neste trabalho, tem-se por objetivo principal estudar a cinética de desidratação osmótica de pedaços de melão (*Cucumis melo* L.) do tipo Amarelo Valenciano em soluções de sacarose e sorbitol.

Os objetivos específicos são:

1. Avaliar a influência da temperatura e concentração da solução hipertônica na cinética da desidratação osmótica, empregando-se os solutos sacarose e sorbitol;
2. Avaliar o grau de adequação de modelos matemáticos para descrever as cinéticas de perda de água e ganho de sólidos ao longo do processo;
3. Avaliar a qualidade do produto final por meio da realização da análise instrumental da textura.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Aspectos gerais da cultura do melão

2.1.1. Histórico e importância sócio-econômica

Há diversas teorias sobre a origem do gênero *Cucumis*. De forma generalizada, trata-se de um gênero do Velho Mundo, assim a divergência em considerá-lo oriundo da África e ou da Ásia (Costa et al., 2000).

O cultivo de melões está registrado desde 2.500 a.C. por pinturas egípcias. Há relatos de a fruta ter sido um dos alimentos consumidos pelo povo judaico na travessia do deserto, liderados por Moisés, sendo citado na Bíblia, no Velho Testamento. Seu consumo foi também registrado por arqueólogos nas escavações de Pompéia (Silva e Tassara, 1996).

Em 1493, Cristóvão Colombo levou algumas sementes de melão para o Haiti e a fruta se espalhou rapidamente por toda a América Central e do Sul. Os registros indicam que o melão foi introduzido na Inglaterra no século XVI (CEAGESP, 2004).

Atualmente, encontram-se cultivares de melão em diversas regiões do mundo, desde os países Mediterrâneos, Centro e Leste da Ásia, Sul e Centro da América e também o Centro Sul da África. Essa amplitude de regiões de cultivo é consequência de uma grande variabilidade genética, que permite sua adaptação a condições agronômicas diversas. Assim, pode-se encontrar melões com

diferentes cores, formatos e aromas em todos os mercados do mundo (Costa et al., 2000).

O cultivo comercial do melão no Brasil começou nos anos 60, até então apenas os moradores da área rural consumiam a variedade de melão conhecida como “melão caipira”. Até 1960, o mercado brasileiro era abastecido por frutas importadas do Chile e da Espanha. O Brasil é, atualmente, um dos maiores produtores de melão, com área plantada de 18.870 mil hectares e produção anual de 478.431 toneladas (IBGE, 2010). A cultura do melão se estabeleceu primeiramente nos estados de São Paulo e Rio Grande do Sul e, posteriormente, por questões de adaptação climática, começou a ser cultivado na região Nordeste, no início dos anos 80 (CEAGESP, 2008).

Recentemente, cerca de 95% da produção no Brasil está concentrada nos estados do Rio Grande do Norte, Ceará, Bahia e Pernambuco, sendo o Rio Grande do Norte responsável por 50% da produção nacional, destacando-se como um dos maiores exportadores de melão do país. Em seguida, estão os estados do Ceará, Bahia e Pernambuco, com produção de 173, 52 e 17 toneladas anuais, respectivamente (Agrianual, 2010). Embora as condições climáticas ideais encontrem-se no Nordeste (baixa precipitação e elevada luminosidade), pode-se também produzir melão em qualquer parte do país (Costa et al., 2000).

No mercado nacional, destacam-se as variedades “melão amarelo” e as derivadas do “espanhol valenciano amarelo”, totalizando mais de 70% da área plantada, tendo como principais características o formato redondo, um pouco alongado, a ausência de aroma, casca espessa e firme, conferindo aos frutos considerável resistência a longos transportes e armazenamento e chegam a pesar 2 kg (CEAGESP, 2008).

2.1.2. Características gerais do cultivo do melão

O meloeiro é uma planta anual herbácea, de folhas grandes e flores amarelas. Seus talos, recobertos por pêlos, formam muitas hastes ou ramificações, podendo se comportar como planta rasteira ou trepadeira, permitindo cultivo tutorado ou em estufas. Em média, os meloeiros chegam a produzir aos 60 e 70 dias (Machado, 2007).

Para seu plantio, os solos devem ser planos, profundos, bem drenados, ricos em matéria orgânica, terem textura média e boa exposição ao sol (Machado, 2007). A temperatura é o principal fator climático que afeta diretamente o meloeiro. Ela influencia o teor de açúcar (^oBrix), sabor, aroma e a consistência do fruto, fatores importantes para a comercialização e principalmente a exportação. A temperatura ideal varia de 20 a 30 °C. O meloeiro não tolera ventos frios e geadas (Silva e Costa, 2002).

A umidade relativa do ar ótima para o bom desenvolvimento do meloeiro está na faixa de 65% a 75%. Regiões com intensidade de 2.000 a 3.000 h de exposição solar por ano são as mais adequadas. O melão pode ser cultivado o ano todo, evitando-se, porém, a época de frio e chuvas intensas, que provoca, além das perdas na produtividade e qualidade, maior aparecimento de doenças foliares nos frutos (Machado, 2007).

O espaçamento na cultura varia da densidade de 10 mil (2,0 x 0,5 m) a 19 mil (1,7x 0,3 m) plantas por hectare e é um dos responsáveis pela variação no tamanho dos frutos (Silva e Costa, 2002).

Para a determinação do ponto de colheita, deve-se usar mais de um índice. São eles: aspecto da casca, teor de sólido-solúveis totais e firmeza da polpa. A colheita de melão deve ser feita em torno de 65 dias após o plantio, nas horas mais frias do dia (início da manhã ou a partir do final da tarde). Deve-se fazer o repasse (colheita) de acordo com o amadurecimento dos frutos. Os pedúnculos devem ser cortados com 1 a 3 cm de comprimento e os frutos colhidos devem ser deixados entre as folhas da planta, o que os protege da exposição direta ao sol e o contato com o solo (Machado, 2007).

O transporte deve ser feito o mais rápido possível e os frutos devem ser protegidos do sol, do vento, poeira e da chuva. As caixas de colheita devem ser preenchidas até, no máximo, com duas camadas de frutos (Machado, 2007).

2.1.3. Principais variedades comercializadas no Brasil e características do fruto

O melão (*Cucumis melo* L.) é o fruto de uma olerícola muito apreciada e de popularidade crescente no Brasil e no mundo, sendo consumido em larga escala na Europa, Japão e Estados Unidos. Trata-se de uma baga carnuda, com forma,

tamanho e coloração variáveis, podendo ser esférica, elíptica, alargada, ovóide e esférica-achatada (Costa et al., 2000).

Existem diferentes variedades botânicas de melão e estas divergem quanto aos aspectos de sensibilidade ao frio, capacidade de conservação, atividade metabólica, formato, tamanho do fruto e estruturas da casca e da polpa (Menezes, 1996).

As principais variedades de melão comercializadas no Brasil pertencem a dois grupos: *Cucumis melo inodorus* Naud. e *Cucumis melo cantaloupensis* Naud., que correspondem aos melões inodoros e aos aromáticos, respectivamente. *C. melo* var. *inodorus* caracteriza-se por frutos sem aroma, de casca lisa ou levemente enrugada, coloração amarela, branca ou levemente verde-escura. A polpa é geralmente espessa, de coloração que varia de branco a verde-claro. Têm maior período de conservação pós-colheita, são resistentes ao transporte e, geralmente, com frutos maiores e mais tardios que os aromáticos. *C. melo* var. *cantalupensis* caracteriza-se por frutos aromáticos, podendo ter casca com superfície rendilhada, verrugosa ou escamosa, com coloração ligeiramente amarelada a esverdeada. Existem, ainda, outros melões com frutos de casca verde rugosa, apresentando gomos bem característicos, no sentido longitudinal. Em ambos os tipos de frutos a polpa é espessa, com cerca de 25 mm. Os frutos rendilhados têm polpa de coloração variando do amarelo ao salmão. Os melões de frutos com costelas têm cor da polpa variando de alaranjada, salmão a esverdeada. Os frutos dessa variedade têm baixa resistência ao transporte e reduzida vida pós-colheita (Machado, 2007).

Dentre as variedades existentes de melão, seis são cultivadas no Brasil em escala comercial (Figura 1). Os tipos são facilmente reconhecidos por possuírem características distintas (CEAGESP, 2008).

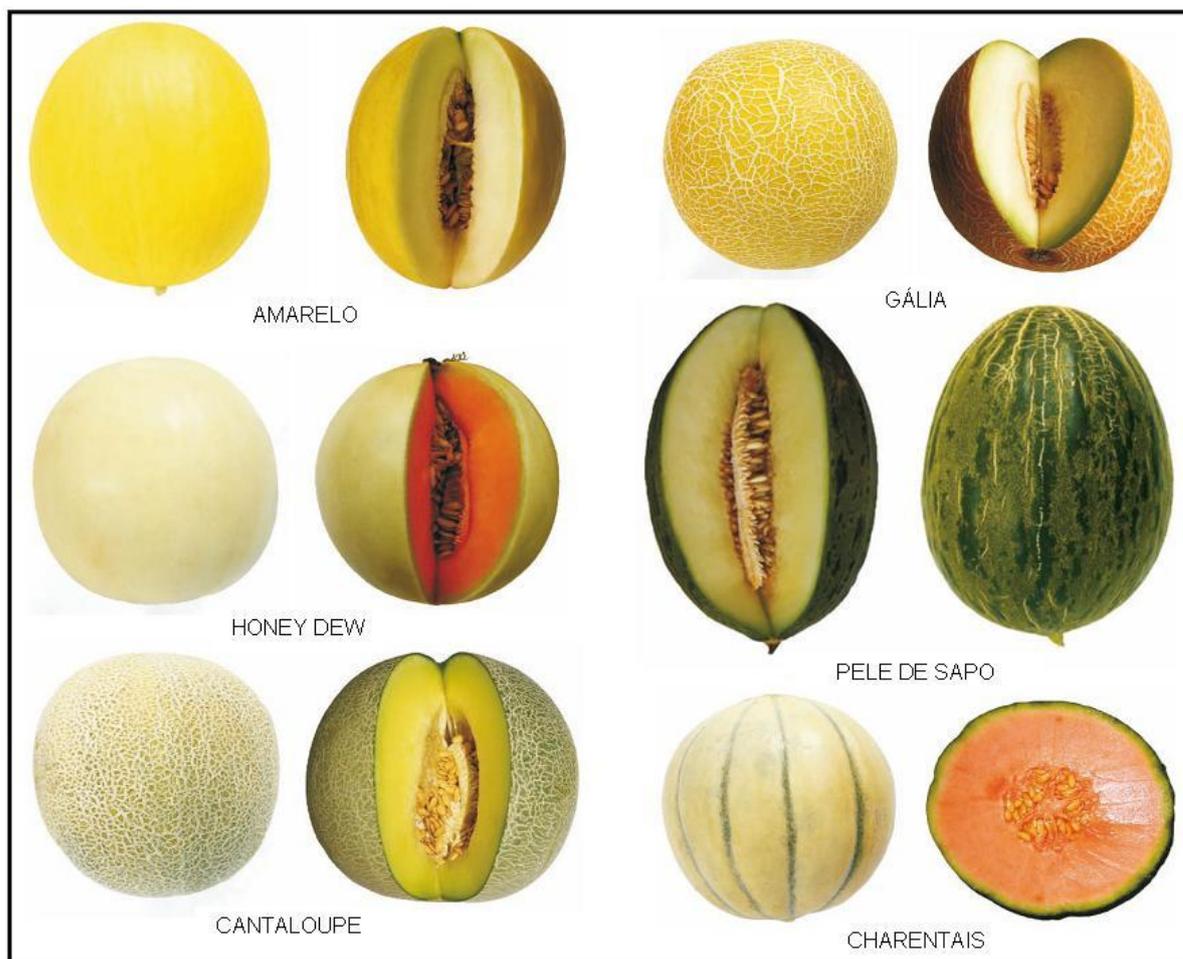


Figura 1. Principais variedades comerciais de melão plantadas no Brasil (Adaptado de Machado, 2007).

Melão Amarelo: pertence ao grupo dos inodoros, também conhecido como melão espanhol. Tem casca amarela e polpa variando de branca a creme. Seus frutos apresentam formato oval. Por ser mais resistente ao manuseio e apresentar boa conservação pós-colheita, é o tipo mais cultivado em todo o Brasil (Machado, 2007).

Melão Cantaloupe: pertence ao grupo dos aromáticos e apresenta a casca rendilhada com formato esférico e polpa salmão à esverdeada. Exige manuseio mais cuidadoso e utilização de refrigeração durante a pós-colheita (Machado, 2007).

Melão Charentais: pertence ao grupo dos aromáticos, possui casca lisa, verde-clara e reticulada, forma arredondada e às vezes achatada e polpa salmão. Algumas variedades possuem leve rendilhamento (Machado, 2007).

Melão Gália: pertence ao grupo dos aromáticos, é arredondado, com casca verde no início e amarela quando o fruto está maduro. A coloração da polpa varia de branco a branco esverdeado. Possui rendilhamento.

Melão Honey Dew: pertence ao grupo dos aromáticos, é redondo, de casca lisa e cor creme, com polpa laranja-escura ou creme-esverdeada. Exige manuseio cuidadoso.

Melão Pele de Sapo ou melão verde espanhol: pertence ao grupo dos inodoros e recebeu este nome pela coloração de sua casca, que é verde-clara com manchas verde-escuras. A casca é também levemente enrugada e dura e a polpa é creme-esverdeada. Dentre os melões comercializados, é o tipo de maior tamanho (Machado, 2007).

O melão é rico em água (aproximadamente 90%) e sua porção comestível representa 55% do fruto; é também rico em vitaminas A, B, B2, B5, C e E, e em sais minerais como potássio, sódio e fósforo. O fruto apresenta valor energético relativamente baixo, de 20 a 40 kcal.100 g⁻¹ de polpa (Tabela 1) (TACO, 2006). Pode ser consumido *in natura* ou na forma de suco. Em geral, o melão apresenta quantidade significativa de ácidos málico e cítrico. Mendlinger e Pasternak (1992) referem-se a teores de ácido cítrico variando de 0,05 a 0,35%. O pigmento predominante nas cultivares de melão de polpa alaranjada é o β -caroteno, mas também são encontrados em proporção considerável o β -criptoxantina e o α -caroteno (Menezes, 1996).

Tabela 1. Composição, por 100 g, da parte comestível do melão.

COMPONENTES	QUANTIDADE
Água	91,3 g
Proteínas	0,7 g
Lipídios	Traço
Carboidratos	7,5 g
Fibras	0,3 g
Cinzas	0,5 g
Potássio	216 mg
Fósforo	10 mg
Sódio	11 mg
Valor Calórico	29 kcal

Fonte: Tabela Brasileira de composição de alimentos (TACO, 2006).

2.2. Desidratação osmótica

A secagem ou desidratação é uma técnica utilizada desde a antiguidade para a conservação de alimentos, sendo a desidratação osmótica um dos métodos mais adequados para obtenção de produtos intermediários, com perda de 20% a 50% da umidade inicial, com alterações mínimas de cor, textura e valor nutricional (Andrade et al., 2007; Ferrari et al., 2005).

A remoção parcial ou total de água de um alimento implicará na inibição do desenvolvimento microbiano, na prevenção de reações bioquímicas responsáveis pela deterioração e em menores custos de transporte, embalagem e armazenamento, possibilitando o aumento da vida útil de diversos produtos (Park e Bin, 2002).

A desidratação osmótica é uma técnica que tem sido amplamente estudada em nível acadêmico, mas pouco posta em prática. As frutas conservadas por processos de desidratação apresentam vantagens por ser consumidas durante o ano todo (redução da perecibilidade) e terem praticidade de transporte, bem como de armazenamento, além de facilitar a exportação de alguns produtos que deixam de estar sujeitos a barreiras fitosanitárias por países importadores. Além disso, a maior procura dos consumidores e da indústria por produtos saudáveis, cujas características sensoriais se assemelhem aos frutos *in natura*, com custo acessível e manutenção da qualidade, a desidratação osmótica também abre possibilidades para formulação de novos produtos alimentícios (Vasconcelos, 2010).

Denominada também de desidratação por imersão e impregnação (DII), a desidratação osmótica consiste basicamente na remoção parcial do conteúdo de água do produto, com aumento simultâneo de sólidos por efeito da pressão osmótica. O processo ocorre por imersão do alimento (inteiro ou em pedaços) em solução hipertônica de um ou mais solutos (agentes desidratantes) por tempo e temperatura específicos. Além dos fluxos de saída de água e entrada de solutos no alimento, observa-se um terceiro fluxo de saída de alguns solutos de baixa massa molecular do próprio produto (açúcares, ácidos orgânicos, sais minerais e vitaminas), que ocorre em quantidades pouco expressivas, e que exerce influência com relação à composição e qualidade do produto final (Figura 2). A perda de sólidos do alimento está relacionada ao fato de a membrana plasmática

(semipermeável) responsável pelo controle da entrada e saída de substâncias da célula não ser perfeitamente seletiva, permitindo a saída de alguns solutos do alimento, juntamente com a água (Amami et al., 2008; Dalla Rosa e Giroux, 2001).

A desidratação osmótica é uma etapa de pré-tratamento, uma vez que é seguida por processos complementares como, por exemplo, secagem com ar quente ou congelamento. A desidratação por imersão e impregnação favorece a obtenção de produtos com qualidades sensorial e nutricional superiores às de produtos desidratados unicamente por secagem por convecção, uma vez que as mudanças físicas, químicas e biológicas provocadas pelas altas temperaturas empregadas nos secadores ocorrerão em menor intensidade (Torreggiani e Bertolo, 2001).

A desidratação osmótica apresenta diversas vantagens sobre os demais métodos, tais como: redução da injúria térmica, com preservação da textura, retenção de vitaminas e estabilização da cor, reduzindo o escurecimento enzimático; diminuição do tempo de secagem; e redução do consumo de energia na secagem em 20 a 30% em comparação com a secagem convencional por convecção (Raoult-Wack, 1994; Lenart, 1996; Kaymak-Ertekin e Sultanoglu, 2000).

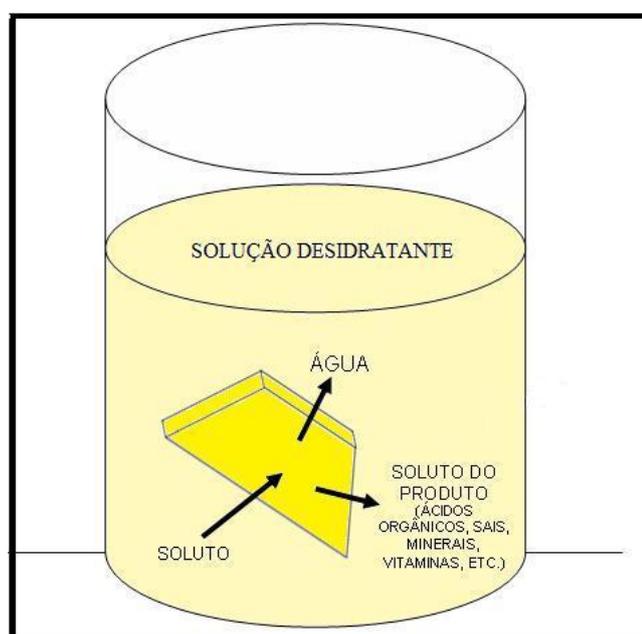


Figura 2. Esquema dos fluxos de transferência de massa durante o processo de desidratação osmótica.

Dentre as desvantagens da desidratação osmótica encontram-se os problemas associados à viscosidade da solução, que pode reduzir a transferência de massa devido a mecanismos de resistência ao fluxo de água e sólidos solúveis; as mudanças estruturais que interferem diretamente nas características de textura do produto e o ganho de sólidos elevado, dependendo das condições de processo, afetando a composição nutricional do alimento. Além disso, a desidratação osmótica nem sempre resulta num produto com estabilidade microbiológica, sendo necessária a utilização de processamento complementar e/ou o emprego de aditivos (Kaymak-Eterkin e Sultanoglu, 2000; Souza Neto et al., 2005; Peiró et al., 2006). Torreggiani e Bertolo (2001) relataram que as modificações provocadas pela desidratação osmótica nas propriedades do produto podem ser de ordem física (teor e atividade de água e consistência) e de ordem química e sensorial, ambas associadas à modificação na sua composição.

Além das desvantagens citadas anteriormente, há que se considerar um dos principais motivos que impede a utilização do processo de desidratação osmótica por parte das indústrias de alimentos, que é o descarte ou reaproveitamento da grande quantidade de solução hipertônica ao final do processo. A solução osmótica, se não reutilizada, gera um grande volume de efluente que precisa ser descartado de acordo com o previsto em leis ambientais, sem prejudicar o meio ambiente (Gomes et al., 2007).

Uma possível alternativa para aproveitar essa solução é sua reutilização, sendo corrigidas sua concentração e composição (partículas ou microrganismos indesejáveis). Opções como produção de cachaça e licores, produção de vinagres finos com “flavor” de frutas, através de processos de fermentação e destilação, produção de frutas em calda e como meio de cultura de microrganismos para ação inseticida, estão sendo propostas e estudadas (Gomes et al., 2007; Rodrigues, 2009).

A quantidade de água removida, bem como a taxa de remoção de água, depende de diversas variáveis, sendo estas o tipo e a concentração da solução (e suas propriedades físicas associadas, como viscosidade e densidade), temperatura do processo, tempo de imersão, nível de agitação, presença de aditivos, tamanho e geometria do produto, proporção fruta:solução e pressão de operação (Rastogi et al., 2002; El-Aouar et al., 2006). Dentre as variáveis de processo, a composição da solução osmótica e a concentração utilizada estão

diretamente relacionadas às alterações nutricionais e às propriedades sensoriais do produto final (Pereira, 2006).

De acordo com Raoult-Wack (1994), a desidratação osmótica envolve perda significativa de água com limitada e controlada incorporação de soluto. Esses processos são assegurados por meio da utilização de soluções com altas concentrações de solutos (50 a 75 g de soluto por 100 g de solução). Em condições típicas de operação, usando pequenos pedaços de alimentos (1 a 2 cm³) e temperatura de 30 a 50 °C, à pressão atmosférica, a transferência de massa ocorre principalmente nas duas primeiras horas de desidratação. Ao imergir pedaços de frutas em solução concentrada de açúcar, pode-se remover água do produto, reduzindo sua massa inicial em até 50%, levando a uma desidratação parcial.

A perda de água e nutrientes do alimento e a incorporação de sólidos são responsáveis por modificações nas propriedades do tecido vegetal, mudanças nas frações de volume de ar e líquido na amostra. Deve-se ressaltar que as membranas da parede celular são unidades biológicas vivas que poderão alongar ou expandir sob a influência da pressão de turgor gerada no interior das células após a desidratação (Torreggiani, 1993; Ito et al., 2007; Castelló et al., 2009).

Fito et al. (2001) e Mayor et al. (2007) afirmaram que os diferentes comportamentos da fruta durante a desidratação osmótica podem ser explicados por diferenças na estrutura do tecido da planta. Eren (2007) confirma este resultado e o reforça afirmando que as condições de operação e a forma com que os produtos são pré-tratados também influenciam o processo.

A grande variabilidade observada entre as diferentes frutas em relação ao comportamento durante a desidratação osmótica é principalmente relacionada à compactação do tecido, conteúdo de sólidos solúveis e insolúveis iniciais, espaços intercelulares, presença de ar, razão entre as frações pécicas diferentes, nível de geleificação de pectina e atividade enzimática (Dermesonlouoglou e Taoukis, 2006; Mayor et al., 2007).

Desta forma, o controle rigoroso do grau de amadurecimento da fruta reduz a dispersão excessiva dos dados experimentais, o que poderia levar a interpretações equivocadas (Azuara et al., 1998).

Todas estas mudanças estruturais afetam as propriedades mecânicas, de textura e sensoriais do alimento e, conseqüentemente, a qualidade e aceitabilidade do produto pelo consumidor (Mayor et al., 2007; Castelló et al., 2009).

Escobar et al. (2007) afirmam que durante a imersão do fruto no meio osmótico as primeiras camadas de células, de 1 a 2 mm abaixo da superfície, morrem devido à severidade do gradiente de pressão osmótica, criando uma camada próxima da superfície onde a resistência ao transporte de massa diminui consideravelmente.

2.2.1. Tipo de agente desidratante

O tipo de agente osmótico utilizado e sua massa molecular ou comportamento iônico afetam fortemente a desidratação, tanto em relação à perda de água quanto ao ganho de sólidos (Raoult-Wack et al., 1991; Emam-Djomeh e Gros, 2001; Azoubel e Murr, 2004; Antonio et al., 2006; Borin et al., 2008).

A utilização de solutos com maior massa molecular acarreta a diminuição do ganho de sólidos e aumento da perda de água, favorecendo a perda de massa. Sacarídeos de baixa massa molecular como a glicose, frutose e sorbitol favorecem o ganho de açúcares por causa da alta velocidade de penetração das moléculas, aumentando o ganho de sólidos e reduzindo a perda de água, desfavorecendo o processo de desidratação (Raoult-Wack, 1994).

Ferrari et al. (2005) e Dionello et al. (2007) afirmaram que as principais exigências para que um soluto seja utilizado como agente osmótico seriam apresentar alta solubilidade em água, baixo custo, efeito positivo sobre as propriedades sensoriais e a estabilidade final do produto.

De acordo com Dermesonlouoglou et al. (2008), a escolha do soluto está relacionada com a perda de água, ganho de sólidos e propriedades sensoriais do produto final. Existem várias soluções (glicose, sacarose, frutose, sorbitol, xarope de milho, cloreto de sódio e suas combinações) que podem ser empregadas para a desidratação osmótica. Silva et al. (2011) consideraram a sacarose um soluto osmótico satisfatório, especialmente quando a desidratação osmótica é aplicada como pré-tratamento para secagem, porque reduz o escurecimento enzimático e proporciona sabor agradável. Geralmente, soluções de sacarose são usadas para

frutas e cloreto de sódio para hortaliças (Alves et al., 2005) e alimentos de origem animal (Ribeiro et al., 2008).

2.2.1.1. Sacarose

A sacarose ($C_{12}H_{22}O_{11}$) é o nome designado ao produto obtido industrialmente da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) ou beterraba (*Beta alba* L.), em suficiente estado de pureza para alimentação humana. Seu nome oficial é α -D-glicopiranosil- β -D-fructofuranoside. É um tipo de glicídio produzido pela planta ao realizar o processo da fotossíntese. Sua massa molecular é igual a 342 (Pachione, 2003).

Segundo Tonon et al. (2006), a sacarose é considerada o melhor agente desidratante, principalmente quando a desidratação é utilizada como pré-tratamento para secagem. É o açúcar mais utilizado na desidratação osmótica de frutas devido a sua eficácia, sabor compatível e baixo custo, além de aumentar a estabilidade de pigmentos durante o processo de estocagem e a preservação da estrutura celular.

Sua importância deve-se a fatores tais como a aceitabilidade universal, palatabilidade, alta disponibilidade, baixo custo de produção, alta solubilidade em água e alta pressão osmótica em solução aquosa. Possui elevada qualidade adoçante e, por isso, é adotada como padrão de doçura relativa (poder edulcorante igual a 1) e de perfil de sabor (Martim, 2006). Os produtos elaborados com sacarose destacam-se em termos de aparência, cor, brilho, textura, sabor e estabilidade (Pachione, 2003).

El-Aouar et al. (2006), ao desidratarem osmoticamente mamão em fatias utilizando sacarose e glicose como agentes osmóticos, sob a mesma pressão, verificaram que a redução de massa, perda de água e o ganho de sólidos foram maiores com a adição de sacarose.

Ferrari et al. (2005) mostraram que melão desidratado osmoticamente em solução de maltose apresentou maior taxa de perda de água e menor taxa de ganho de sólidos em relação ao processado com sacarose.

Saputra (2001) estudou a desidratação osmótica de abacaxi utilizando dois agentes osmóticos, glicose e sacarose. A sacarose se mostrou um agente desidratante mais eficiente que a glicose, apresentando maior capacidade de

transferência de massa, com maior perda de água e menor ganho de soluto. Este comportamento é explicado por Dionello et al. (2007), em que açúcares com elevada massa molecular, como a sacarose, acarretam diminuição do ganho de sólidos e aumento na perda de água, favorecendo a redução de massa e, conseqüentemente, o processo de desidratação. Sacarídeos de baixa massa molecular como a glicose, frutose e sorbitol, favorecem o ganho de açúcares pela alta velocidade de penetração das moléculas nos tecidos vegetais, aumentando o ganho de sólidos e reduzindo a perda de água, desfavorecendo o processo de desidratação.

2.2.1.2. Sorbitol

O sorbitol, também conhecido como D-glucitol, é o poliol encontrado na natureza, ocorrendo em maiores concentrações em ameixas (1,7 a 4,5%), cerejas, maçãs (0,2 a 1%), pêras (1,2 a 2,8%) e pêsegos (0,5 a 1,3%), entre outras frutas. Porém, como as quantidades presentes na natureza não são suficientes para a extração comercial, este hexitol pode ser produzido industrialmente a partir da sacarose (açúcar invertido) ou do amido (xarope de glicose ou isoglicose). É comercializado na forma de xarope a 70% ou na forma pura em pó. É um poliidroxiálcool, sua estrutura é $C_6H_{14}O_6$ com massa molecular igual a 182. Possui de 50 a 70% do poder adoçante da sacarose e, como todos os polióis, efeito refrescante quando dissolvido na boca. Em geral, atribui-se ao sorbitol o valor calórico de $2,4 \text{ kcal g}^{-1}$. Entre suas propriedades, podem ser citadas: espessante, edulcorante, inibidor de cristalização, estabilizante, umectante, condicionador de umidade e crioprotetor. É higroscópico, tem alta solubilidade (83%) à temperatura ambiente e mostra excelente estabilidade química, bacteriológica e térmica, não sendo volátil (Pachione, 2003).

O sorbitol é comumente empregado como adoçante em confeitos e medicamentos isentos de açúcar e em produtos para fins dietéticos especiais, indicados para diabéticos. Apesar de não ser considerado tóxico, doses excessivas por via oral podem causar flatulência e desconforto abdominal. Doses entre $20 \text{ a } 30 \text{ g dia}^{-1}$ podem resultar em efeito diurético e entre $30 \text{ a } 70 \text{ g dia}^{-1}$, efeito laxativo (Pachione, 2003).

Tregunno e Goff (1996) desidrataram maçãs osmoticamente e observaram melhores resultados nas características físicas, como cor e rehidratabilidade, além de maior remoção de água, utilizando como agentes osmóticos o sorbitol (concentração de 50%) e a sacarose (concentração de 52%), quando comparados com o xarope de milho.

Ventura (2004) utilizou o sorbitol no pré-tratamento osmótico de yacon, visando à máxima perda de umidade e mínima incorporação de sólidos. Para temperaturas entre 30 a 33 °C e concentrações da solução de 63 a 69 °Brix, foram obtidas perdas de água de 53 a 55% e de incorporação de sólidos de 6,0 a 6,5%.

Martim et al. (2007), estudando a desidratação de manga com três tipos de soluto (sacarose, sorbitol e estévia), sob mesma concentração (50%), concluíram que a perda de água ao final da desidratação foi maior para o tratamento com sorbitol (33%). Para o tratamento com estévia a perda de água foi significativamente mais baixa (0,9%).

Rizzolo et al. (2007), ao desidratarem morangos com sorbitol e sacarose, ambos na mesma concentração (60 °Brix), a 30 °C por 1, 2, 4 e 6 h, verificaram que o ganho de sólidos foi duas vezes maior em sorbitol e a perda de água aumentou ao longo do processo.

O uso de sorbitol pode melhorar a qualidade de vários alimentos obtidos por desidratação osmótica, ampliando as possibilidades de suas aplicações, além de disponibilizar produtos mais macios e mais agradáveis ao paladar do consumidor (Ebra et al., 1994).

2.2.2. Concentração da solução osmótica

A concentração da solução desidratante é um fator relevante no processo de desidratação osmótica, tendo influência significativa no processo de difusão do soluto na fruta e nas mudanças ocorridas no valor nutritivo e propriedades sensoriais do produto. A transferência de massa é favorecida pelo aumento da concentração da solução desidratante, de forma que soluções altamente concentradas, próximas à saturação, provocam maior perda de água do produto e minimizam as perdas de solutos hidrossolúveis, como vitaminas e sais minerais. Isso ocorre devido à formação da camada de soluto ao redor da fruta, o que

impede a saída dessas substâncias (Rastogi et al., 2002). Por outro lado, dependendo das condições de processo, um ganho de sólidos elevado pode afetar o perfil nutricional e sensorial do alimento (Ferrari, 2009).

Soluções desidratantes concentradas são também mais viscosas, dificultando ainda mais a transferência de açúcares para o interior da fruta. Um menor ganho de sólidos em função de uma camada de açúcares na superfície do produto foi observado por El-Aouar (2005), Ferrari (2005) e Li e Ramaswamy (2006) na desidratação de mamão, melão e maçã, respectivamente.

Escobar et al. (2007) afirmam que a composição e a concentração do soluto da solução osmótica e a temperatura influenciam fortemente os coeficientes de difusão na migração dos componentes (água e soluto). Segundo Antonio et al. (2008), a concentração das soluções osmóticas utilizando açúcar devem estar na faixa de 40 a 70%. No caso de vegetais, as soluções de cloreto de sódio variam entre 5 e 20%.

Argandoña (1999), em estudo de desidratação osmótica de goiaba como pré-tratamento à secagem, utilizando sacarose como agente desidratante, verificou que a concentração da solução foi a variável que mais influenciou as taxas de remoção de água e acréscimo de soluto, enquanto a temperatura teve efeito moderado. Concluiu, também, que o pré-tratamento osmótico mostrou-se eficiente, obtendo-se um produto de umidade intermediária, com qualidades sensoriais superiores ao produto que não foi submetido ao pré-tratamento osmótico.

Mújica-Paz et al. (2003) estudaram os efeitos da desidratação a vácuo (13 a 67 kPa) e concentração da solução de sacarose (41 a 60 °Brix) nas características de transferência de massa em maçã, manga e melão. Observaram que, para manga e melão, a perda de água aumentou com o aumento da concentração da solução de forma similar ao que ocorre sob pressão atmosférica. Os autores concluíram que este resultado deveu-se ao fato de os solutos em soluções osmóticas de baixa viscosidade (<50 °Brix) penetrarem de forma massiva no produto, ao passo que em soluções de alta viscosidade (>55 °Brix) teriam dificuldade de penetrar nos poros dos tecidos da fruta; além disso, a pressão osmótica mais alta, favoreceria a saída de água do produto.

Souza et al. (2003) observaram que o aumento da concentração da solução osmótica diminuiu o tempo de secagem por convecção de bananas

desidratadas, melhorando a cor e textura. Goularte et al. (2000) obtiveram resultados similares com maçã fuji.

Lima et al. (2004), estudando o efeito da concentração da solução de sacarose (45 a 65 °Brix) na desidratação osmótica de melão, a 65 °C por 5 h, verificaram que os tratamentos que atingiram maiores níveis de perda de água foram aqueles que utilizaram soluções de sacarose nas concentrações de 55 e 65 °Brix, tanto nas proporções fruto:solução osmótica de 1:2 quanto de 1:4.

Khoyi e Hesari (2007), ao desidratarem damascos, constataram que nas concentrações de 60 e 70 °Brix, a 50 °C, a perda de água e o ganho de sólidos foram próximos, salientando que a 60 °Brix houve perda de água maior, em oposição à de 70 °Brix que, por possuir viscosidade maior, reduziu a taxa de perda de água.

Por outro lado, soluções de sacarose com concentrações maiores que 75 °Brix são difíceis de ser preparadas, devido à solubilidade e por apresentarem altas viscosidades, o que dificulta sua manipulação e o processo de agitação, além de dificultar aumento da temperatura (Araújo, 2009).

2.2.3. Temperatura do processo

Temperaturas elevadas promovem alterações nas características de cor e sabor do produto desidratado osmoticamente, bem como modificar sua estrutura celular, o que conduz a excessiva impregnação de solutos (Souza, 2008).

Raoult-Wack et al. (1991), ao estudarem o efeito da temperatura (30, 40, 50 e 70 °C) sobre os fenômenos de transporte durante a desidratação osmótica de cubos de gel de ágar em soluções de sacarose (20, 30, 40, 50, 60 e 67% m/m), observaram que seu aumento provoca efeito positivo sobre a taxa de perda de água, ao passo que não foi observada nenhuma influência da temperatura sobre a taxa de ganho de soluto. O fato de a temperatura ser favorável à perda de água está provavelmente relacionado ao seu efeito positivo sobre a difusividade aparente de moléculas de água no produto.

Khin et al. (2007) verificaram que a razão entre perda de água e ganho de sólidos não variou significativamente na desidratação osmótica de maçã a 40 e 55 °C, entretanto, a 25 °C a razão de transferência de massa foi significativamente menor. Comportamento semelhante foi observado por Falade e

Adelakun (2007) ao desidratarem osmoticamente fatias de maçã em 50 °Brix, com diferentes temperaturas. A maior perda de água e ganho de sólidos foram observados a 40 °C comparadas com 30 e 20 °C. Altas temperaturas parecem promover mais rapidamente a perda de água, como também melhor transferência de massa na superfície, provavelmente devido à baixa viscosidade do meio osmótico.

Ramallo e Mascheroni (2005) analisaram o efeito da temperatura (30, 40 e 50 °C) sobre a perda de água, ganho de soluto e perda de sacarose, glicose e frutose, especificamente, durante a desidratação osmótica de abacaxi a 60 °Brix. Verificaram que o aumento da temperatura de 30°C para 50 °C aumentou a perda de água em 3,8 vezes. O valor correspondente para perda de sacarose para a solução foi de 2,8 vezes. As perdas de glicose e frutose também aumentaram com o aumento da temperatura.

Mercali et al. (2010), trabalhando com desidratação osmótica de mirtilo a 30 a 50 °C e concentração da solução de sacarose de 45 a 60 °Brix verificaram que os experimentos realizados com temperaturas elevadas apresentaram maior perda de água. Os experimentos realizados a 50 °C foram os que apresentaram maior perda de água com o tempo. De acordo com Khoyi e Hesari (2007) esse comportamento é explicado por duas razões, decorrentes do aumento da temperatura: diminuição da viscosidade da solução osmótica e aumento da difusividade mássica efetiva no fruto.

2.2.4. Tempo de processo

A razão entre a taxa de perda de água e a taxa de impregnação de soluto no alimento é maior no início do processo, uma vez que há redução da intensidade de osmose com o tempo, pois a diferença de concentração entre a solução e o alimento tende a reduzir (Lenart, 1996).

A exposição de frutas a tratamentos osmóticos longos resulta em produto final com qualidade comprometida, uma vez que a estrutura celular é danificada, perdendo a seletividade e comprometendo o processo osmótico, o que favorece a incorporação excessiva de sólidos, alterando o fenômeno de transferência de massa (Ponting, 1973; Mauro et al., 2003).

Com o passar do tempo de imersão do alimento na solução osmótica, a membrana celular passa a não fornecer uma barreira efetiva para o soluto, ficando este livre para penetrar dentro de todas as partes da célula (Mauro; Tavares; Menegalli, 2002). A perda de água ocorre, principalmente, durante as duas primeiras horas, e o maior ganho de sólidos, durante os 30 min iniciais (Alves et al., 2005; Shigematsu et al., 2005). De acordo com Azeredo e Jardine (2000), a taxa de perda de água diminui ao longo do tempo, até alcançar o equilíbrio com o soluto da solução, em oposição ao ganho de sólidos que tende a aumentar (Almeida et al., 2005).

Segundo Souza et al. (2003), quanto maior o tempo do processo osmótico, maior a perda de água, entretanto, existe um limite para o conteúdo final de água no alimento, que é seu valor de equilíbrio com a solução osmótica.

Neto et al. (2005), ao desidratarem osmoticamente manga em diversas concentrações de solução osmótica, observaram que as velocidades de perda de água e ganho de sólidos foram maiores nas primeiras horas de desidratação, tendendo ao equilíbrio no final do período de 5 h. Resultados similares quanto à redução da perda de água nas primeiras horas de processo foram obtidos por Azoubel e Murr (2004) ao desidratarem tomates tipo Cherry inteiros em diferentes agentes osmóticos.

Medeiros et al. (2006), em estudo de desidratação osmótica de figo da Índia, concluíram que uma diminuição gradativa do teor de água do fruto aconteceu quando a concentração de sacarose e o tempo de imersão aumentaram. As curvas experimentais confirmaram, ainda, que com 20 h de processo foram alcançadas condições de equilíbrio, independentemente da agitação e da concentração da solução osmótica.

2.2.5. Grau de agitação

A frequência de agitação do conjunto xarope/produto é outra variável que exerce efeito sobre a eficiência do processo de desidratação osmótica. Durante a desidratação osmótica, a agitação visa minimizar os efeitos da resistência externa à transferência de massa (Tonon et al., 2006). A agitação permite um contato contínuo das amostras com as soluções osmóticas concentradas, porém, quando o nível de agitação é elevado, pode levar à desintegração dos tecidos do vegetal (Lazarides, 1994).

Moreira e Sereno (2003) avaliaram o efeito da agitação da solução sobre a cinética da perda de água e ganho de sólidos em cilindros de maçã *Golden delicious* em soluções de sacarose a 40, 50 e 60%. Os autores verificaram que a taxa de desidratação aumentava com o aumento da agitação, tendendo para valores de teor de água de equilíbrio inferiores àqueles observados para condições estáticas, certamente devido à diminuição da resistência externa à remoção de água.

Eler et al. (2009), no estudo da desidratação osmótica de fatias de maçã verde, em soluções de sacarose a 40 °Brix, 30 a 40 °C, com agitações de 0, 60 e 120 rpm, verificaram que a cinética da desidratação osmótica foi fortemente influenciada pela agitação do meio. Apesar de nos instantes iniciais o efeito da agitação não haver sido expressivo devido à alta concentração do meio hipertônico, à medida que o tempo aumentava, este foi se tornando significativo. Notou-se que à medida que a agitação aumentava a perda de água também aumentava.

Os estudos reportados sobre a desidratação osmótica de melão (Argandoña et al., 2002; Lima et al., 2004; Ferrari et al., 2005; Fernandes et al., 2008) têm utilizado agitações variando de 60 a 150 rpm ao longo do processo, a fim de evitar a ocorrência de uma região de baixa concentração da solução osmótica ao redor da fruta, o que resultaria numa diminuição da taxa de transferência de massa.

2.2.6. Geometria da amostra a ser desidratada

Outra variável relevante para a transferência de massa na desidratação osmótica é a geometria e superfície exposta da amostra (Souza et al., 2007; Panadés et al., 2009). Na maioria dos trabalhos, as formas mais utilizadas são fatias, cubos, cortes ao meio e cilindros (Vasconcelos, 2010).

Agnelli et al. (2005) observaram que o ganho de sólidos e perda de água, na desidratação osmótica de cubos de maçã foram influenciados pelo tamanho da aresta do cubo. Ao aumentar a aresta de 1,5 para 2,0 cm, o ganho de sólidos e a perda de água diminuíram de 2% e 5%, respectivamente.

Chavarro–Castrillón et al. (2006), ao trabalharem com mamão desidratado osmoticamente, constataram que a maior redução de massa e perda de água

ocorreram para amostras cortadas no formato cilíndrico, seguidas por anéis e, por último, aquelas em lâminas. Para o ganho de sólidos, esse foi maior quando a área superficial exposta à solução desidratante foi menor (cilindro < anel < lâmina).

Falade e Adalakun (2007) verificaram que a perda de água e o ganho de sólidos aumentaram com a diminuição da espessura das amostras de melancia desidratadas em solução de sacarose a 40 °C e 50 °Brix. Este fato foi explicado pelo aumento da área superficial em contato com a solução osmótica. Maiores valores de perda de água e ganho de sólidos foram obtidos para barras com 10 mm de espessura comparadas com aquelas com 20 e 30 mm.

Pode-se considerar, também, que a geometria escolhida exerce influência no modelo matemático a ser utilizado. A lei de Fick foi descrita pressupondo que o alimento esteja com uma geometria simples, como fatia ou placa plana (Maldonado et al., 2008).

2.2.7. Parâmetros cinéticos do processo

A avaliação da cinética da desidratação osmótica envolve, basicamente, a determinação de variáveis como a redução de massa (μ), a perda de água (ω) e o ganho de sólidos (δ) pelo produto durante o período de imersão na solução osmótica. A redução da massa (μ) corresponde ao percentual de diminuição de massa da amostra em relação à sua massa inicial; a perda de água (ω) refere-se à quantidade de água (g ou mL) que sai da amostra para cada 100 g de sua massa total inicial; o ganho de sólidos (δ) é designado pela massa de sólidos solúveis e insolúveis transportada para o interior do produto em relação à massa inicial da amostra. Os valores de μ , ω e δ são determinados, respectivamente, pelas Equações (1), (2) e (3) (Silveira et al., 1996).

$$\mu = \left(\frac{m_i - m_t}{m_i} \right) 100 \quad (1)$$

$$\omega = \left(\frac{m_i X_{ai} - m_t X_{at}}{m_i} \right) 100 \quad (2)$$

$$\delta = \left(\frac{m_t X_{st} - m_i X_{si}}{m_i} \right) 100 \quad (3)$$

Em que:

m_i = massa inicial do produto, g;

m_t = massa do produto no tempo t , g;

X_{ai} = fração de água na amostra no tempo inicial, adimensional;

X_{at} = fração de água na amostra no tempo t , adimensional;

X_{si} = fração de sólidos totais da amostra no tempo inicial, adimensional;

X_{st} = fração de sólidos totais da amostra no tempo t , adimensional.

2.3. Modelagem matemática para prever a concentração de equilíbrio

Conceitualmente, um modelo matemático ou simplesmente modelo, pode ser apresentado como uma representação de um sistema real, o que significa que um modelo deve representar um sistema e a forma como ocorrem as modificações no mesmo. Um modelo matemático consiste de um conjunto de equações que representam de uma forma quantitativa, as hipóteses que foram usadas na sua construção, as quais se apoiam sobre o sistema real. As equações são resolvidas em função de alguns valores conhecidos ou previstos pelo modelo real e podem ser testadas por meio da comparação com os dados conhecidos ou previstos com as medidas realizadas no mundo real (Sodré, 2007).

Embora modelos empíricos possuam ajuste razoável para os dados experimentais, a sua utilização é limitada porque são capazes de representar os dados apenas em condições semelhantes àquelas em que tais modelos foram desenvolvidos e não consideram a complexidade do processo (Inspir e Togrul, 2009). A determinação do tipo de modelo a ser utilizado dependerá da situação analisada, das variáveis selecionadas e dos recursos disponíveis.

De acordo com Panagiotou et al. (1998), para explicar o fluxo simultâneo no processo de desidratação osmótica, à pressão atmosférica, os modelos foram desenvolvidos em função:

1. da estrutura celular: em alguns trabalhos o transporte de água é considerado um fenômeno transmembrana e é modelado de acordo com relações baseadas nos princípios da termodinâmica não-reversível;

2. da Segunda Lei de Fick: tanto o transporte de componentes solúveis da amostra para o meio como vice-versa são considerados. Isto permite a obtenção dos coeficientes de difusão tanto para a perda de água quanto para o ganho de sólidos, individualmente ou simultaneamente;
3. da expressão macroscópica da taxa de transferência: várias pesquisas têm usado expressões macroscópicas para modelos de perda de água da amostra durante o processo osmótico. Os parâmetros usados nos modelos são estimados pela declividade da curva experimental.

A modelagem matemática da cinética de desidratação osmótica é importante para a descrição e otimização de processos, relacionando as variáveis de resposta (conteúdo de água e conteúdo de sólidos) com as variáveis do processo (tempo, temperatura, concentração da solução, soluto utilizado e agitação) (Silva et al., 2003).

A maioria dos modelos existentes para o estudo da cinética de desidratação osmótica foram desenvolvidos a partir da Segunda Lei de Fick, que se baseia na equação de difusão, em que o fluxo de massa é proporcional ao gradiente de concentração entre o sólido e a solução, de acordo com a Equação (4).

$$\frac{X - X_e}{X_0 - X_e} = -\frac{8}{\pi^2} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{(2n-1)^2} \exp \left[-(2n-1)^2 \frac{\pi^2 D_{ef} t}{4L^2} \right] \quad (4)$$

Em que:

X = conteúdo de água, base seca;

X_e = conteúdo de água de equilíbrio, base seca;

X_0 = conteúdo de água inicial, base seca;

D_{ef} = difusividade efetiva, ($m^2 s^{-1}$);

t = tempo, s

L = dimensão característica (meia espessura da placa), m.

A grande dificuldade da aplicação da Segunda Lei de Fick está na necessidade de um longo tempo experimental para se determinar o teor de água de equilíbrio. As equações publicadas para a desidratação osmótica são bastante complexas e específicas para certas condições de processamento e

configurações geométricas (placa plana infinita, cilindro, esfera ou cubo), além de suas equações necessitarem de um grande número de termos e não representar os dados experimentais em trechos das curvas (Jena e Das, 2005).

Outra questão envolve a heterogeneidade das características do material, o que resulta em incertezas elevadas e dificilmente medidas, influenciando os resultados obtidos para a perda de água e o ganho de sólidos no material (Mancini et al., 2005).

Desta forma, diversas tentativas foram feitas para se prever, rápida e facilmente, a quantidade de água na condição de equilíbrio, como os trabalhos de Peleg (1988) e Azuara et al. (1992). Estes autores têm sugerido a utilização de modelos baseados no Modelo de Fick com algumas considerações. A seguir estão descritas duas alternativas matemáticas para a predição da concentração de equilíbrio.

Modelo de Azuara

Azuara et al. (1992) propuseram um modelo linear de dois parâmetros, capaz de prever a cinética de desidratação osmótica e o ponto de equilíbrio, sem a necessidade de se chegar ao equilíbrio propriamente dito, utilizando apenas um curto período de processo. O modelo pode ser utilizado para caracterizar a desidratação osmótica de diferentes tipos de alimentos, sem restrição de geometria. Foi aplicado em trabalhos com tomate-cereja, mamão, maçãs, melão e maçã verde, caracterizando a cinética de transferência de massa desses alimentos (Kaymak-Ertekin e Sultanoglu, 2000; El-Aouar, 2001; Azoubel e Murr, 2004; Ferrari et al., 2005; Eler et al., 2009). Nesse modelo são obtidas as taxas de perda de água e ganho de sólidos em função do tempo conforme as Equações (5) e (6).

$$\omega(t) = \left[\omega_{\infty} \frac{S_1 t}{(1 + S_1 t)} \right] \quad (5)$$

$$\delta(t) = \left[\delta_{\infty} \frac{S_2 t}{(1 + S_2 t)} \right] \quad (6)$$

Em que:

ω_{∞} = perda de água no equilíbrio, em base centesimal;

δ_{∞} = ganho de sólidos no equilíbrio, em base centesimal;

S_1 = constante relacionada à taxa de perda de água;

S_2 = constante relacionada à taxa de incorporação de sólidos;

t = tempo.

Modelo de Page Modificado

Outro modelo que tem sido sugerido para predição da cinética de transferência de massa, em trabalhos com desidratação osmótica de alimentos, é o modelo de Page Modificado. Esse modelo é uma simplificação do Modelo de Fick, sendo considerado um modelo semi-teórico (Eler et al., 2009). A partir do modelo de Page original, no qual as os teores de água são dados em função da massa de sólido seco da amostra original, tem-se a Equação (7).

$$Y_s(t) = Y_{se} + (Y_{s0} - Y_{se})e^{-kt^n} \quad (7)$$

Em que:

$Y_s(t)$ = teor de água da amostra no tempo t;

Y_{se} = teor de água da mostra no equilíbrio;

Y_{s0} = teor de água inicial na amostra;

t = tempo;

k e n = são os parâmetros do modelo de Page.

Rearranjando a equação de Page original, chega-se a duas equações, uma referente à perda de água, Equação (8) e outra referente a ganho de sólidos, Equação (9).

$$\omega(t) = \omega_{\infty} \left(1 - e^{-kt^n} \right) \quad (8)$$

$$\delta(t) = \delta_{\infty} \left(1 - e^{-k_2 t^m} \right) \quad (9)$$

Em que:

ω_{∞} = perda de água no equilíbrio;

δ_{∞} = ganho de sólidos no equilíbrio;

$\omega(t)$ = teor de água da amostra no tempo t ;

$\delta(t)$ = ganho de sólidos da amostra no tempo t ;

t = tempo;

k e n = são os coeficientes do modelo de Page para perda de água;

k_2 e m = são os coeficientes do modelo de Page para ganho de sólidos.

Esse modelo foi aplicado em trabalhos de desidratação osmótica de banana e maçã verde, em que descreveu satisfatoriamente as cinéticas de perda de água e ganho de sólidos na maioria das condições estudadas (Silva et al., 2003; Eler et al., 2009).

2.4. Atributos de qualidade de alimentos processados

O ser humano, ao avaliar sensorialmente os alimentos, tem a tendência de considerar, em ordem decrescente, os seguintes atributos: aparência, odor, aroma, textura e sabor. São estes atributos que determinam a intensidade e característica sensorial presente nas amostras, sendo muito usados em novas formulações, no controle de qualidade e no teste de armazenamento como forma de contribuir para a análise da qualidade final do produto (Ferreira, 2002). A textura e a cor do alimento são os dois fatores mais afetados durante o processo de desidratação por impregnação osmótica (Córdova, 2006).

A qualidade dos alimentos desidratados depende, em parte, das mudanças que ocorrem durante o processamento e a armazenagem. A fragilidade das frutas e hortaliças favorece a ocorrência de mudanças estruturais ocasionadas pela ação de enzimas, tanto durante o amadurecimento quanto no processamento, e essas alterações são refletidas na textura dos alimentos. A perda de água nos tecidos vegetais ocorrida na desidratação osmótica e mesmo durante a estocagem é governada pela permeabilidade da parede celular, sendo a textura final marcadamente afetada por esse tipo de processamento (Ferrari, 2005).

No processo de desidratação osmótica, a perda de água e de sólidos naturais do alimento e a incorporação de solutos são responsáveis por modificações nas propriedades viscoelásticas do tecido devido à plasticidade da estrutura da amostra após o tratamento. Entre as principais alterações ocorridas no processo, estão a perda de turgor da célula, alterações na lamela média e na resistência da parede celular, mudanças nas frações de volume de ar e líquido na amostra, além de variações no tamanho e forma do alimento (Chiralt et al., 2001).

Para Ferrando e Spiess (2001), as propriedades estruturais e sensoriais dos produtos osmoticamente desidratados dependem das mudanças de composição devido à impregnação de solutos, do impacto do processo na parede celular e na lamela média, assim como do grau de dano dentro da membrana plasmática provocado pelo processo.

2.4.1. Textura

A textura é definida por Szczesniak (2002) como a manifestação sensorial e funcional das propriedades estruturais, mecânicas e superficiais dos alimentos, detectados pelos sentidos da visão, audição, tato e paladar. Cientificamente, a textura é um conceito puramente sensorial, cuja percepção pode se distinguir dentre características mecânicas, geométricas, de composição química, acústicas, visuais e térmicas (Fizman, 1998).

De acordo com Kluge et al. (2002), textura é o reflexo da sensação produzida nos lábios, língua, mucosa da boca, dentes e ouvidos, sendo representada pela dureza, maciez, fibrosidade, granulosidade, resistência e elasticidade.

Essas características ou parâmetros de textura são quantificados através das análises de textura, que podem ser sensoriais ou instrumentais (Kowalski et al., 2002). As novas exigências do mercado consumidor determinam a instrumentalização dos diferentes parâmetros de qualidade que compõem determinado produto de uma forma mais simples e prática, de acordo com os interesses dos produtores, comerciantes e consumidores (Santos, 2011).

Segundo Cano-Chauca et al. (2002), a análise instrumental de textura é muito utilizada em substituição à análise sensorial, por possuir a vantagem de ser mais prática, economicamente viável e fornecer dados padronizados.

Instrumentalmente, a textura é quantificada de acordo com as propriedades mecânicas das amostras em ensaios que procuram, muitas vezes, imitar o comportamento humano (Pons e Fiszman, 1996).

O primeiro instrumento para descrever quantitativamente a textura foi desenvolvido em 1861 e na década de 70 do século passado, cerca de 60 instrumentos estavam disponíveis, sendo que mais de 70 foram descritos na literatura (Szczesniak, 1998). A forma mais comum de se avaliar a textura de alimentos por métodos instrumentais é submeter a amostra a uma força e avaliar a extensão da deformação ou resistência da amostra a essa força (Szczesniak, 2002).

Os métodos objetivos de medidas de textura foram divididos por Scott Blair (1958) em três categorias: metodologias empíricas (penetrômetros, compressímetros, consistômetros, cisalhadores e outros), imitativos (análise do perfil de textura da “*General Foods*”) e fundamentais (medem propriedades mecânicas bem definidas, tais como módulo de elasticidade e outros).

Os métodos empíricos medem propriedades mecânicas da amostra em unidades empíricas do instrumento em que a amostra é geralmente submetida a um complexo de forças, mas um tipo de ação predomina (Brennan, 1984). Os métodos imitativos são os que imitam as condições a que o alimento é submetido na prática. Os instrumentos imitativos somente simulam o complexo processo de mastigação em um grau muito limitado. O primeiro instrumento desse tipo foi o texturômetro da “*General Foods*” (Brennan, 1984). Nos métodos fundamentais os testes são geralmente demorados, não se correlacionam tão bem quanto os empíricos com a avaliação sensorial e usam equipamentos caros (Bourne, 1982).

Os texturômetros universais são cada vez mais acessíveis e fáceis de manejar, sendo utilizados para controlar uma ou mais variáveis mecânicas. Pode-se obter dados pontuais sobre a resistência à compressão, ao cisalhamento e a extrusão ao corte com mais rapidez e precisão (Francischi et al., 1998).

A textura é um dos mais importantes atributos que afetam a aceitabilidade de frutas e verduras processadas. Dependendo dos tratamentos aplicados, os alimentos processados podem tornar-se excessivamente moles ou duros. Apesar de a textura estar relacionada diretamente com as propriedades mecânicas, esta relação pode modificar-se pelo efeito de sua interação com outros atributos sensoriais como o sabor e a cor (Sanjinéz-Argandoña, 1999). Deste modo, sua

avaliação se torna relevante quando se quer avaliar a qualidade de um determinado produto.

O principal fator alterador da textura das frutas secas é o teor de água final. Para valores reduzidos de teor de água, os produtos tornam-se muito duros, enquanto que com teores mais elevados tornam-se mais macios (Cano-Chauca, 2000). A textura está associada com a plasticidade e o efeito da incorporação de água na matriz péctica e celulósica dos tecidos dos frutos, o qual é dependente do teor de sólidos insolúveis e conteúdo de água, além dos sólidos solúveis e atividade de água (Torreggiani, 1993).

Ferrari (2005), trabalhando com melão desidratado em soluções de sacarose e maltose, verificou que os maiores valores de tensão de ruptura ao longo da desidratação osmótica foram observados no teste realizado com solução de sacarose a 60 °Brix. Nesta condição, as amostras apresentaram uma característica mais acentuada de dureza, isto é, maior resistência à deformação. Este comportamento pode ser resultado da elevada viscosidade da solução, acarretando a cristalização dos açúcares na superfície da amostra e, conseqüentemente, levando à formação de uma estrutura mais rígida. Menores valores na tensão de ruptura das amostras processadas foram constatados nos ensaios utilizando maltose em concentrações de 40 e 50 °Brix.

Sousa et al. (2003) relataram que goiabas desidratadas osmoticamente e posteriormente secadas em estufa apresentaram valores de força de corte de 23,4 N para o tratamento sem utilização de vácuo, e 36,4 N para o tratamento a vácuo após a osmose. Os valores correspondentes foram de 221,1 N e 227,7 N para os tratamentos sem e com vácuo após a secagem, observando-se um aumento da textura com o tempo de secagem, o que pode ser justificado pela perda de água e concentração dos sólidos solúveis.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Obtenção dos frutos

Para a realização dos experimentos de desidratação, foram utilizados frutos de melão (*Cucumis melo* L.) da variedade *inodorus*, tipo Amarelo Valenciano (Figura 3), categoria Extra, fornecidos pela empresa Itauzeiras Agropecuária S/A e provenientes de pomares localizados no Município de Aracati, CE. Os critérios de seleção utilizados para a padronização das amostras foram: tamanho de 16 a 19 cm; diâmetro de 42 a 45 cm; massa de 1,45 a 1,99 kg e teor de sólidos solúveis de 12 °Brix.



Figura 3. Melão do tipo Amarelo Valenciano empregado no presente trabalho.

3.2. Variáveis associadas ao processo de desidratação osmótica

Foram empregados dois tipos de soluto no preparo das soluções osmóticas: sacarose e sorbitol. A sacarose comercial, do tipo cristal, foi adquirida no mercado local de Campos dos Goytacazes, RJ, e o sorbitol cristalino foi adquirido na Corn Products Brasil. As soluções desidratantes foram preparadas com água destilada nas concentrações de 40, 50, 60 e 70% (m/m), ou seja, de 40 a 70 °Brix. A desidratação osmótica foi realizada a 20, 30 e 40 °C, empregando-se relação fruta:xarope de 1:10, com agitação de 60 rpm. Sendo assim, para cada tipo de soluto, foram realizados 12 testes experimentais, conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2. Tratamentos experimentais da cinética de desidratação osmótica.

Tratamento	Tipo de soluto	Concentração da solução (°Brix)	Temperatura da solução (°C)
1	Sacarose	40	20
2	Sacarose	50	20
3	Sacarose	60	20
4	Sacarose	70	20
5	Sacarose	40	30
6	Sacarose	50	30
7	Sacarose	60	30
8	Sacarose	70	30
9	Sacarose	40	40
10	Sacarose	50	40
11	Sacarose	60	40
12	Sacarose	70	40
13	Sorbitol	40	20
14	Sorbitol	50	20
15	Sorbitol	60	20
16	Sorbitol	70	20
17	Sorbitol	40	30
18	Sorbitol	50	30
19	Sorbitol	60	30
20	Sorbitol	70	30
21	Sorbitol	40	40
22	Sorbitol	50	40
23	Sorbitol	60	40
24	Sorbitol	70	40

3.3. Preparo das amostras

Devido à restrição imposta pela capacidade produtiva limitada dos equipamentos que foram empregados na desidratação osmótica, os 24 testes experimentais foram feitos em duas etapas.

Os frutos acondicionados em embalagens descartáveis de papelão (Figura 4) foram transportados do entreposto Centrais de Abastecimento do Estado do Rio de Janeiro S/A (CEASA/RJ) para o Laboratório de Engenharia Agrícola (LEAG) do Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), Campos dos Goytacazes, RJ. Ao chegarem ao laboratório, os frutos foram selecionados de acordo com a uniformidade de tamanho (diâmetros transversal e longitudinal) e massa; dos 24 frutos recebidos por lote, foram selecionados 12 para os experimentos de cada etapa. Os frutos selecionados foram armazenados sob refrigeração, em câmaras do tipo B.O.D. (MARCONI, modelo MA 415) a 10 °C.

A cada dia de experimento, um fruto era retirado do ambiente de armazenamento, sendo, em seguida, lavado em água corrente com detergente. Logo depois, foi enxaguado em água corrente, sanitizado em solução de hipoclorito de sódio a 100 ppm por 15 min, lavado em água destilada e seco com papel toalha. Em seguida, o fruto foi descascado, partido ao meio, no sentido transversal, e as sementes e o tecido placentário removidos (Figura 5).



Figura 4. Melões do tipo Amarelo Valenciano acondicionados em embalagem descartável de papelão.

O fruto foi então fatiado com auxílio de um fatiador de frios (FUN KITCHEN, modelo 892), regulado para fatias de 1 cm de espessura (Figura 6). Foram utilizadas cinco fatias de cada metade, de forma que o diâmetro não variasse de maneira considerável, obtendo-se, assim, pedaços com maior uniformidade possível. Além disso, como há uma variação considerável no teor de açúcar entre a base e o topo da fruta, apenas a região central foi usada para obtenção de amostras mais homogêneas. Cada uma das dez fatias foi cortada em seis amostras no formato aproximado de arco de coroa circular (Figura 7), com dimensões médias como mostrado na Figura 8, totalizando 60 amostras.

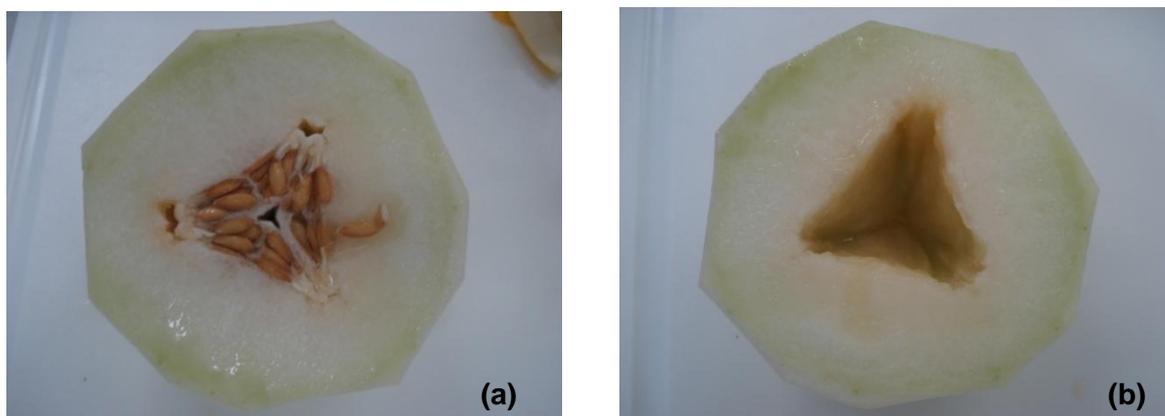


Figura 5. Melão partido ao meio, com as sementes (a) e depois de retiradas as sementes e o tecido placentário (b).



Figura 6. Fatiador utilizado no experimento.

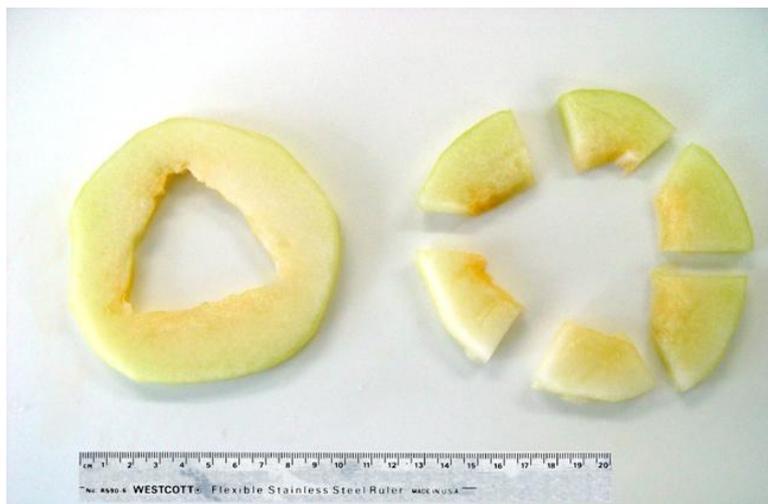


Figura 7. Fatia de melão cortada em seis amostras no formato aproximado de arco de coroa circular.

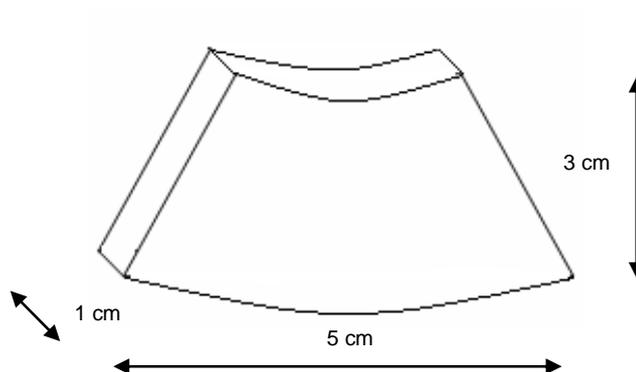


Figura 8. Dimensões médias das amostras de melão.

Para evitar o escurecimento enzimático, as amostras foram branqueadas em vapor d'água por 1 min (TRAMONTINA, conjunto Cozi Vapore, ϕ 22 cm), sendo, em seguida, colocadas em saco plástico e imersas em banho de gelo por 1 min. Após o resfriamento, os pedaços de melão foram pesados em balança com grau de precisão de 0,001 g (SARTORIUS, modelo BL210S) e identificados com pinos coloridos (Figura 9).

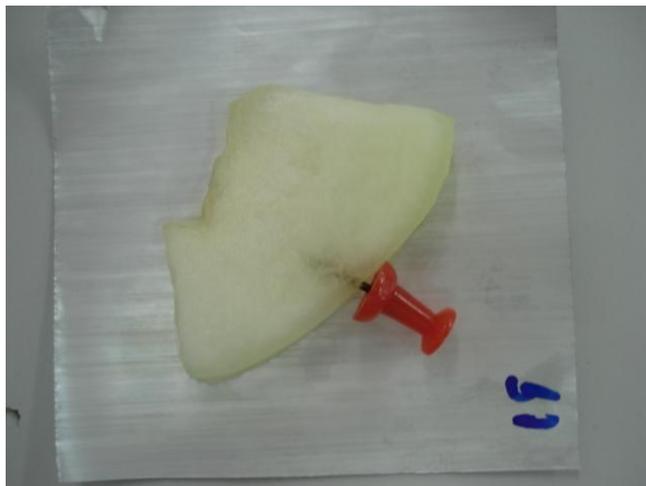


Figura 9. Pedaco de melão identificado com pino colorido.

3.4. Desidratação osmótica

Para o preparo das soluções osmóticas, o soluto foi pesado em balança de precisão (SARTORIUS BP 4100S), em frascos de vidro de 1.000 mL, adicionando-se a massa de água destilada necessária para obtenção da concentração desejada na solução. Foram preparados 8 L de solução osmótica para cada dia de trabalho. Os frascos foram colocados sobre agitador magnético com aquecimento (VELP SCIENTIFICA, modelo ARE) para facilitar a dissolução do soluto.

A desidratação osmótica foi realizada pela imersão das amostras de fruta na solução osmótica contida em béqueres de vidro de 1.000 mL, dispostos em duas agitadoras-incubadoras de bancada de movimento orbital (NOVA ÉTICA, modelo 430 RDB). Ao todo foram 11 béqueres de vidro distribuídos nas duas agitadoras-incubadoras. Cada béquer continha cinco amostras da fruta, distribuídas aleatoriamente, perfazendo um total de 55 amostras. As cinco amostras restantes foram utilizadas para caracterização da fruta *in natura*. O período de imersão foi de 4 h e as primeiras amostras foram retiradas aos 5 min de desidratação; as próximas amostras foram retiradas aos 15, 30, 45, 60, 90, 120, 150, 180, 210 e 240 min. O tempo da imersão foi determinado em função dos valores mencionados na literatura para a desidratação osmótica de frutas.

Depois de retiradas da solução, as amostras foram enxaguadas com água destilada para remoção do filme de açúcar formado na superfície e, em seguida, envolvidas em papel absorvente para retirada do excesso de água e pesadas. Em

cada um dos intervalos de desidratação mencionados anteriormente, foram retiradas cinco amostras previamente identificadas com pinos coloridos, sendo três para determinação do teor de água e duas para a determinação do teor de sólidos solúveis totais (SST).

O teor de água foi determinado por gravimetria (Association of Official Analytical Chemists, 1990a). As amostras foram colocadas em recipientes de alumínio, maceradas e levadas à estufa com circulação forçada de ar (BINDER, modelo FED 240), a 105 °C, por 12 h. Depois de permanecerem em dessecador por 20 min, as amostras foram novamente pesadas e os teores de água e de matéria seca foram calculados.

Para a determinação do teor de SST (Association of Official Analytical Chemists, 1990b), uma alíquota da amostra macerada foi colocada sobre o prisma de um refratômetro portátil (ATAGO, modelo HSR 500), procedendo-se à leitura direta do índice refratométrico indicado pelo aparelho. O teor de SST da solução osmótica foi igualmente determinado nos intervalos de tempo mencionados anteriormente, de forma a verificar a ocorrência de variações na concentração da solução ao longo do processo. O cálculo das variáveis que caracterizam a desidratação osmótica, ou seja, redução da massa (μ), perda de água (ω) e ganho de sólidos (δ), foi feito utilizando-se os valores obtidos por gravimetria e empregando-se as equações apresentadas no item 2.2.7.

3.5. Textura Instrumental

A textura foi determinada instrumentalmente mediante a utilização do texturômetro TA.XTplus da marca Stable Micro Systems (Figura 10). Esse equipamento, com o auxílio de um “software”, fornece diretamente a força de corte (N). Foi utilizada *probe* do tipo *Warmer Bratzler* (HDP/BS) para esta análise.

O texturômetro foi programado da seguinte forma: Modo: compressão; força de medida: Newton; Velocidade Pré-teste: 10 mm s⁻¹; Velocidade do ensaio: 1,0 mm s⁻¹; Velocidade de retorno: 10 mm s⁻¹; Distância do ensaio: 3,0 mm; Ciclo de Ensaio: 1. As leituras foram realizadas em 10 amostras. O atributo de textura determinado foi a força de corte.

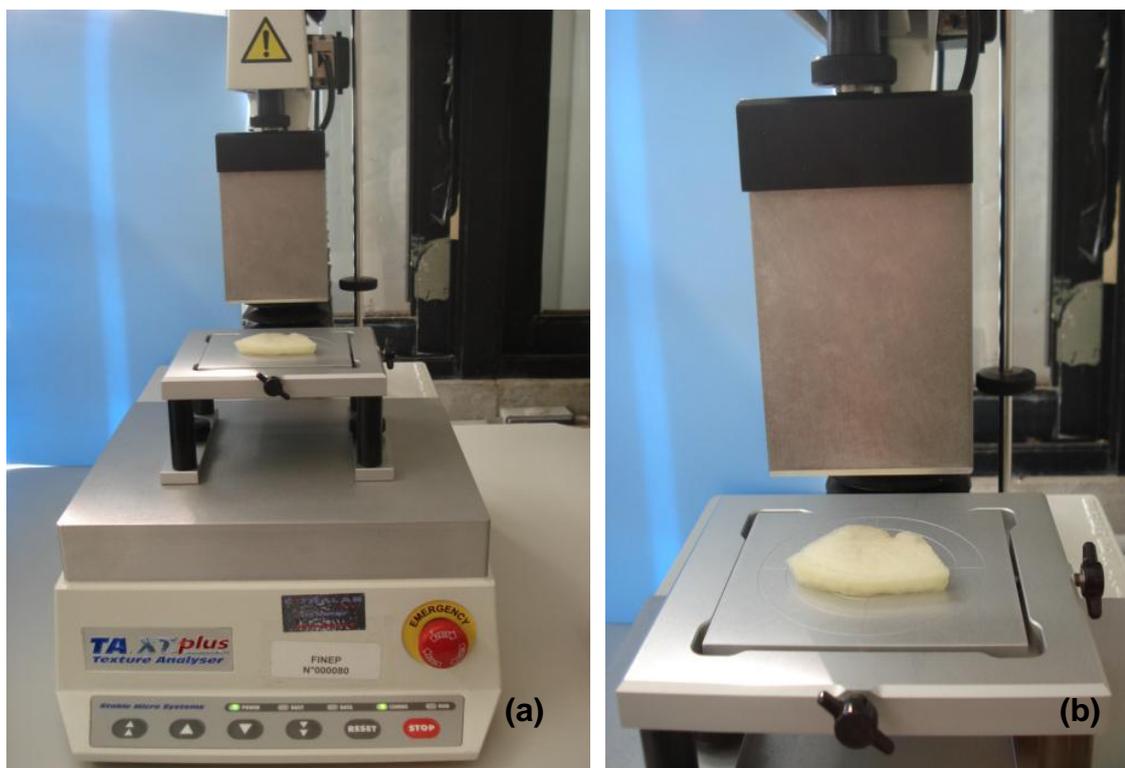


Figura 10. Texturômetro, *probe* e amostra (a) e detalhe do posicionamento do pedaço de melão para a obtenção dos dados (b).

As amostras utilizadas na determinação da textura foram as anteriormente submetidas às seguintes condições de desidratação osmótica: temperatura do processo de 30 °C, agitação de 60 rpm, dois tipos de solutos (sacarose e sorbitol), em soluções com concentrações de 40, 50, 60 e 70 °Brix, por 4 h. Além das amostras desidratadas, também foram utilizadas amostras secas a 70 °C, depois da desidratação osmótica, em estufa com circulação forçada de ar, por 10 h.

3.6. Delineamento experimental

3.6.1. Desidratação osmótica

Para a análise estatística dos dados obtidos na cinética da desidratação osmótica das amostras foi utilizado o delineamento experimental inteiramente casualizados (DIC), com arranjo fatorial (2 solutos x 4 concentrações x 3 temperaturas x 11 intervalos de tempo), três repetições, empregando-se o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ijkx} = \mu + a_i + b_j + c_k + d_x + a_i b_j + a_i c_k + a_i d_x + b_j c_k + b_j d_x + a_i b_j c_k + a_i b_j d_x + b_j c_k d_x + a_i c_k d_x + a_i b_j c_k d_x + e_{ijkx} \quad (10)$$

Em que:

- Y_{ijk} = valor observado para a variável em estudo referente a k-ésima repetição da combinação do tratamento i com a etapa j, k e x;
- μ = média de todas as unidades experimentais para a variável em estudo;
- a_i = efeito do i-ésimo nível do fator A no valor observado Y_{ijkx} ;
- b_j = efeito do j-ésimo nível do fator B no valor observado Y_{ijkx} ;
- c_k = efeito do k-ésimo nível do fator C no valor observado Y_{ijkx} ;
- d_x = efeito do x-ésimo nível do fator D no valor observado Y_{ijkx} ;
- $a_i b_j$ = efeito da interação do i-ésimo nível do fator A com o j-ésimo nível do fator B;
- $a_i c_k$ = efeito da interação do i-ésimo nível do fator A com o k-ésimo nível do fator C;
- $a_i d_x$ = efeito da interação do i-ésimo nível do fator A com o x-ésimo nível do fator D;
- $b_j c_k$ = efeito da interação do j-ésimo nível do fator B com o k-ésimo nível do fator C;
- $b_j d_x$ = efeito da interação do j-ésimo nível do fator B com o x-ésimo nível do fator D;
- $a_i b_j c_k$ = efeito da interação do i-ésimo nível do fator A com o j-ésimo nível do fator B com o k-ésimo nível do fator C;
- $a_i b_j d_x$ = efeito da interação do i-ésimo nível do fator A com o j-ésimo nível do fator B com o x-ésimo nível do fator D;
- $b_j c_k d_x$ = efeito da interação do j-ésimo nível do fator B com o k-ésimo nível do fator C com o x-ésimo nível do fator D;
- $a_i c_k d_x$ = efeito da interação do i-ésimo nível do fator A com o k-ésimo nível do fator C com o x-ésimo nível do fator D;
- $a_i b_j c_k d_x$ = efeito da interação do i-ésimo nível do fator A com o j-ésimo nível do fator B com o k-ésimo nível do fator C com x-ésimo nível do fator D;
- e_{ijk} = erro associado à observação Y_{ijk} .

Os dados obtidos foram avaliados por análise de variância (ANOVA), depois da verificação da normalidade dos dados e homogeneidade das variâncias dos tratamentos pelos testes de Liliefors e Bartlett, respectivamente, a 5% de probabilidade. As interações significativas pelo teste “F” da ANOVA foram desdobradas e as médias dos tratamentos dentro de cada etapa ou período de amostragem foram analisadas por análise de regressão em função do tempo de processo (perda de água, ganho de sólidos e redução de massa).

As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do aplicativo computacional SAEG, versão 9.0, FUNARBE – Fundação Artur Bernardes, Universidade Federal de Viçosa – UFV.

3.6.2. Modelagem Matemática

Os dados experimentais de desidratação osmótica foram ajustados aos dois modelos matemáticos descritos no item 3.3, em que ω_∞ , S_1 , δ_∞ , S_2 , $-k$ e $-k_s$ representam as constantes dos modelos; $\omega(t)$ e $\delta(t)$ são respectivamente perda de água e ganho de sólidos no tempo t de processo.

Na análise estatística dos dados, foi feito o ajuste da curva de perda de água e ganho de sólidos por intermédio do procedimento de Gauss-Newton, empregando o programa SAEG (Sistemas de Análises Estatísticas) para a análise dos modelos não-lineares previamente mencionados. A avaliação do grau de adequação dos modelos empregados para descrição do fenômeno estudado foi feita por intermédio do cálculo dos seguintes parâmetros estatísticos e de acordo com os seguintes critérios: 1. coeficiente de determinação R^2 maior que 80%; 2. o menor erro percentual absoluto médio (η) e 3. análise da dispersão dos resíduos.

As Equações (11) e (12), apresentadas a seguir, foram utilizadas para o cálculo de η para a perda de água e o ganho de sólidos, respectivamente, em que ω_{est} e δ_{est} representam a perda de água e o ganho de sólidos estimados pelo modelo, ω_{exp} e δ_{exp} representam a perda de água e o ganho de sólidos obtidos experimentalmente e N representa o número de observações durante o experimento (Madamba et al., 1996).

$$\eta = \frac{100}{N} \sum_{i=1}^N \left(\frac{|\omega_{\text{exp},j} - \omega_{\text{est},i}|}{\omega_{\text{exp},j}} \right) \quad (11)$$

$$\eta = \frac{100}{N} \sum_{i=1}^N \left(\frac{|\delta_{\text{exp},j} - \delta_{\text{est},i}|}{\delta_{\text{exp},j}} \right) \quad (12)$$

3.6.3. Análise de Textura Instrumental

Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e ao teste de Tukey a 5%, utilizando-se o programa estatístico SAS (2003), versão 9.3.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Caracterização do melão *in natura*

A caracterização dos melões (*in natura*) utilizados nos ensaios encontra-se na Tabela 3.

Tabela 3. Propriedades dos melões Amarelo Valenciano utilizados.

Propriedades	Especificação
Massa (g)	1450 a 1990
Comprimento (cm)	16 a 19
Diâmetro (cm)	42 a 45
Sólidos solúveis (°Brix)	12
Teor de água (% base úmida)	88 a 90

4.2. Cinética da desidratação osmótica

De acordo com a análise de variância (ANOVA), Tabela 1A (Apêndice), pode-se observar que para perda de água (ω) e redução de massa (μ) houve interação significativa entre os fatores estudados. Para ganho de sólidos (δ), apenas as interações da temperatura de desidratação com soluto e da

temperatura de desidratação, tempo de desidratação e soluto, não foram significativas ao nível de 1% de probabilidade.

4.2.1. Efeito do agente osmótico e concentração da solução na perda de água (ω), ganho de sólidos (δ) e redução de massa (μ)

Nas Figuras 11 a 13 estão apresentados os valores de perda de água (ω) ao longo do processo osmótico em soluções de sacarose e sorbitol a 40, 50, 60 e 70 °Brix, a 20, 30 e 40 °C, respectivamente, sob agitação de 60 rpm. Observa-se, nestas figuras, que a concentração da solução exerceu influência na cinética de perda de água, assim como descrito na literatura. Observou-se maior taxa de saída de água na primeira hora de processo. Estes resultados estão de acordo com os relatados por Martim (2003) em estudo sobre a desidratação de manga, utilizando sorbitol, sacarose e estévia a 50 °C, em que obtiveram maior taxa de perda de água nas primeiras duas horas. Resultado semelhante também foi relatado por Cardoso e Andrade et al. (2007) em trabalho com desidratação osmótica de pedaços de jenipapo em soluções de sacarose a 30, 50 e 70% (m/m).

De acordo com Neto et al. (2005), as velocidades de perda de água e ganho de sólidos foram maiores na primeira hora de desidratação, tendendo ao equilíbrio no final do período de 5 h, não sendo observadas alterações significativas dos valores percentuais de perda de água e ganho de sólidos a partir de 4 h de osmose. Resultados semelhantes foram obtidos por Borsato et al. (2011), que observaram valores elevados de perda de água e ganho de sólidos nos tecidos da polpa de melão apenas nas primeiras horas do processo de desidratação osmótica.

Kowalska e Lenart (2001), na desidratação osmótica em soluções de sacarose de maçã, abóbora e cenoura, mostraram que as maiores taxas de perda de água e de ganho de sólidos ocorreram durante os primeiros 30 min do processo. Park e Bin (2002) relataram maior perda de água e ganho de sólidos em cubos de pêra D'anjou até os 40 min de imersão em soluções osmóticas de 40, 55 e 70 °Brix.

Segundo Telis et al. (2003), o efeito do tempo na desidratação osmótica pode ser explicado pela modificação do tecido vegetal, principalmente das

membranas celulares, que vão enfraquecendo com longos períodos de exposição à solução osmótica.

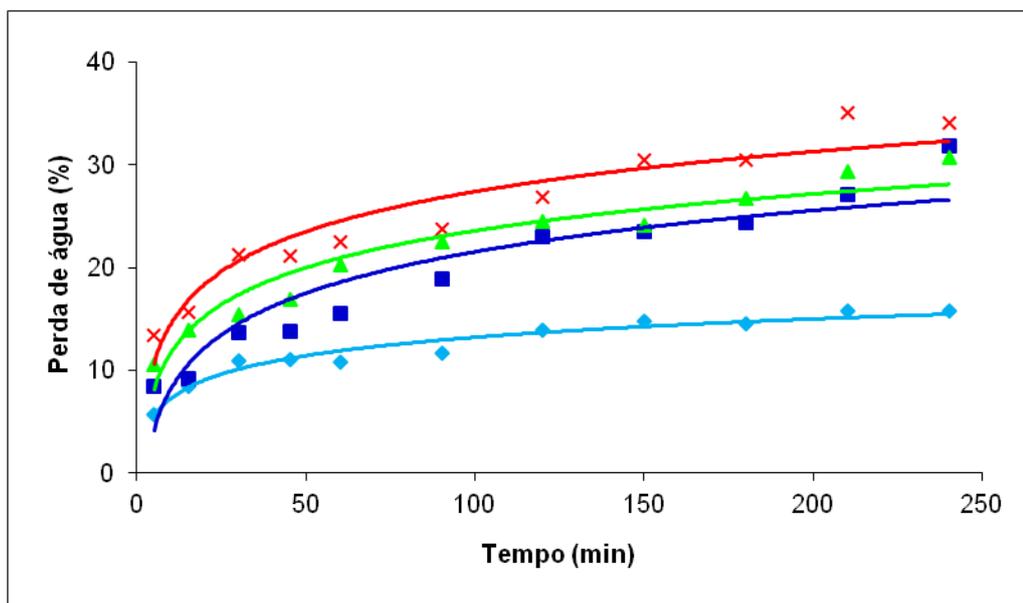


Figura 11a. Perda de água (%) em função do tempo de desidratação osmótica de amostras de melão em soluções de sacarose, a 20 °C, para valores indicados de concentração ♦, 40 °Brix; ■, 50 °Brix; ▲, 60 °Brix; ×, 70 °Brix.

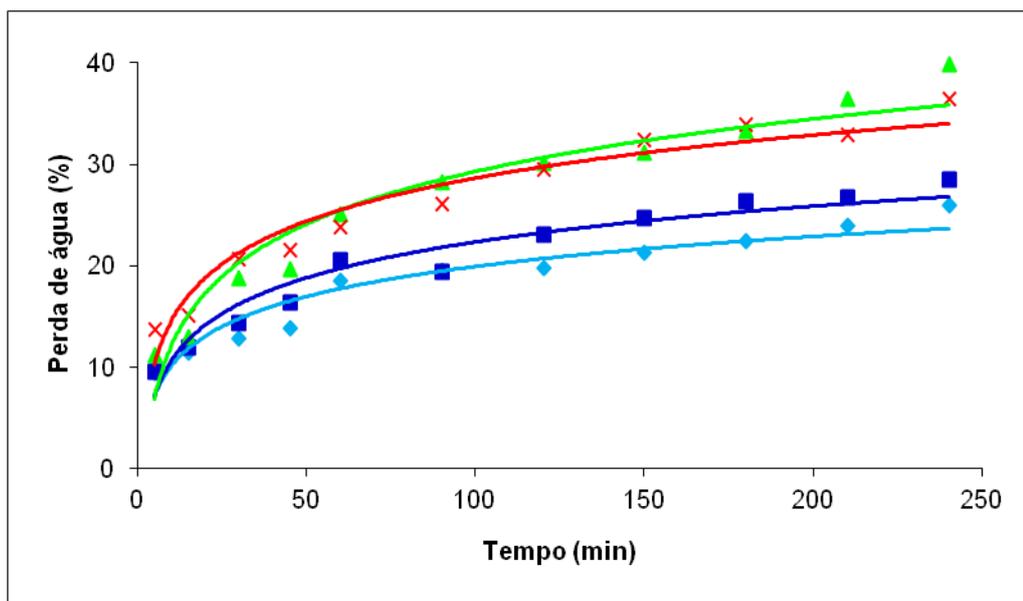


Figura 11b. Perda de água (%) em função do tempo de desidratação osmótica de amostras de melão em soluções de sorbitol, a 20 °C, para valores indicados de concentração ♦, 40 °Brix; ■, 50 °Brix; ▲, 60 °Brix; ×, 70 °Brix.

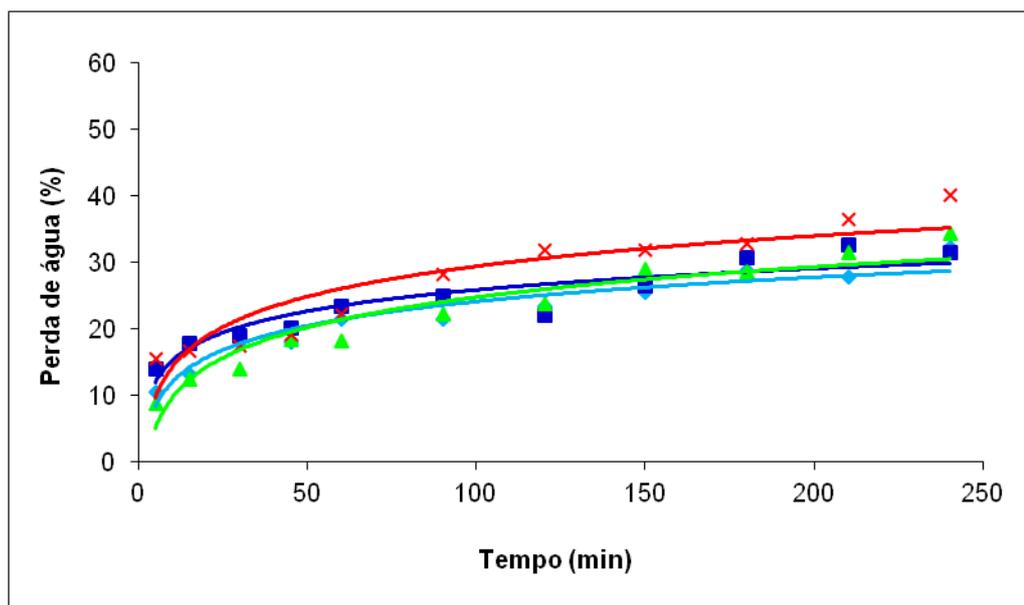


Figura 12a. Perda de água (%) em função do tempo de desidratação osmótica de amostras de melão em soluções de sacarose, a 30 °C, para valores indicados de concentração \blacklozenge , 40 °Brix; \blacksquare , 50 °Brix; \blacktriangle , 60 °Brix; \times , 70 °Brix.

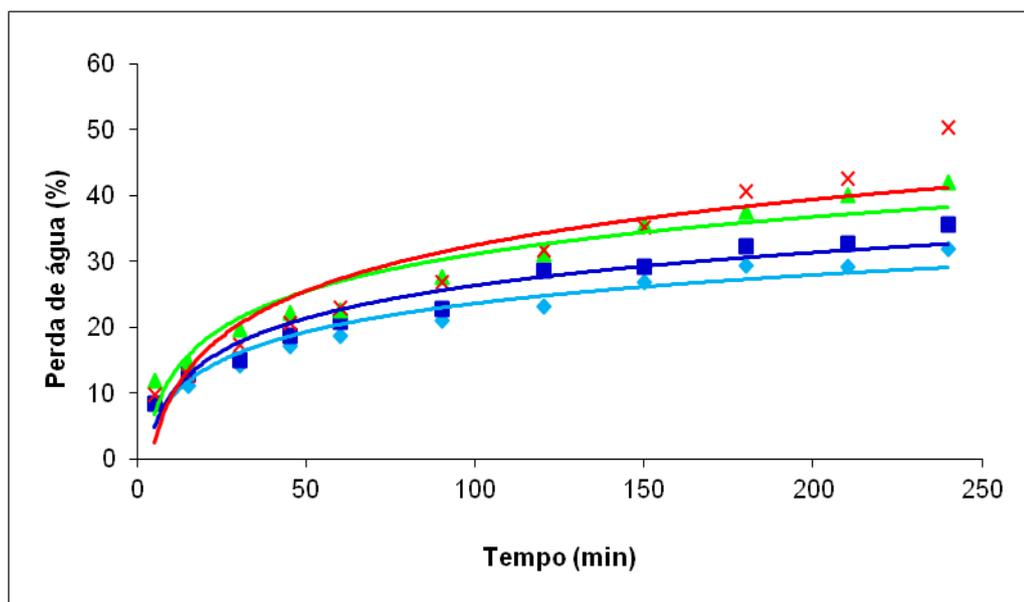


Figura 12b. Perda de água (%) em função do tempo de desidratação osmótica de amostras de melão em soluções de sorbitol, a 30 °C, para valores indicados de concentração \blacklozenge , 40 °Brix; \blacksquare , 50 °Brix; \blacktriangle , 60 °Brix; \times , 70 °Brix.

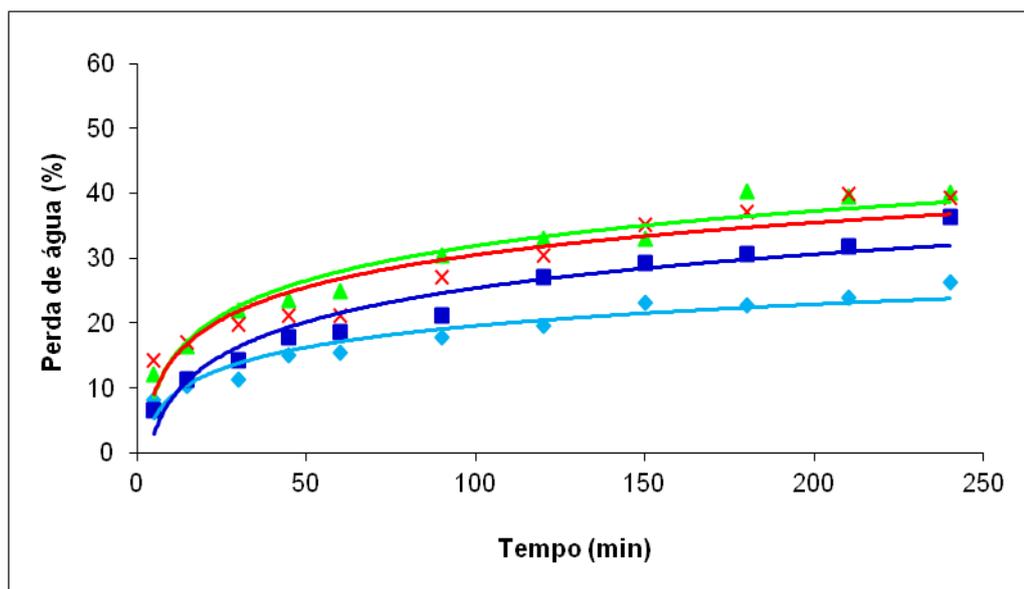


Figura 13a. Perda de água (%) em função do tempo de desidratação osmótica de amostras de melão em soluções de sacarose, a 40 °C, para valores indicados de concentração \blacklozenge , 40 °Brix; \blacksquare , 50 °Brix; \blacktriangle , 60 °Brix; \times , 70 °Brix.

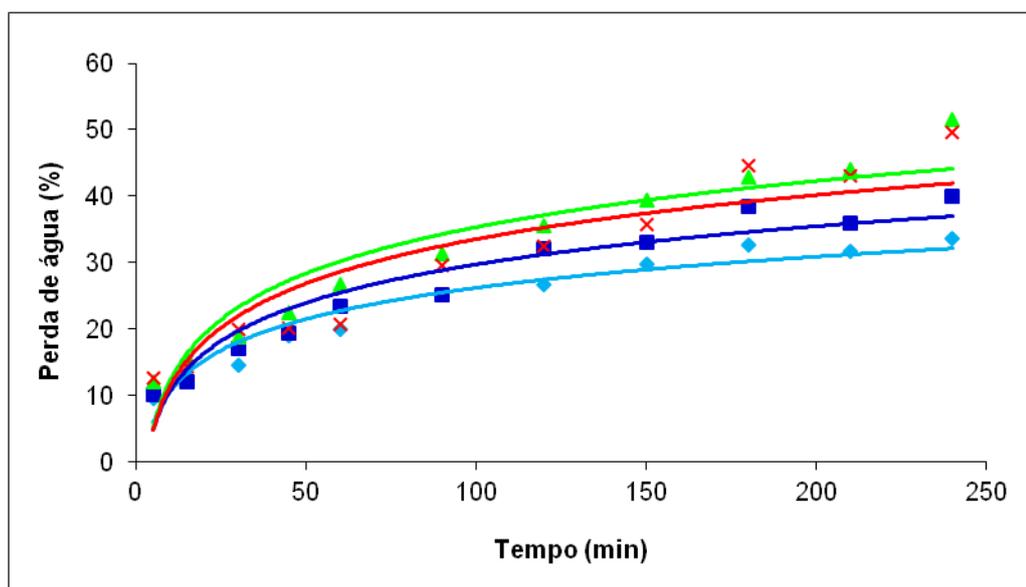


Figura 13b. Perda de água (%) em função do tempo de desidratação osmótica de amostras de melão em soluções de sorbitol, a 40 °C, para valores indicados de concentração \blacklozenge , 40 °Brix; \blacksquare , 50 °Brix; \blacktriangle , 60 °Brix; \times , 70 °Brix.

Em termos práticos, observou-se que as amostras pré-tratadas osmoticamente em soluções mais concentradas, tanto de sacarose quanto de sorbitol, exibiram maior perda de água durante o processo osmótico. Considerando-se as duas primeiras horas de processo, a perda de água em soluções de sacarose aumentou de 14 para 27%, de 23 para 32% e de 19 para 30%, quando a concentração da solução foi elevada de 40 para 70 °Brix, nos processos realizados sob temperatura de 20, 30 e 40 °C, respectivamente. Em soluções de sorbitol, a perda de água aumentou de 20 para 30%, de 23 para 30% e de 27 para 33%, para o mesmo aumento de concentração, sob as mesmas temperaturas.

Os valores obtidos no presente trabalho são semelhantes àqueles obtidos por Martim et al. (2007), que, ao desidratarem manga com soluções a 50° Brix de sacarose, sorbitol e estévia a 50°C, obtiveram 33% de perda de água após duas horas de desidratação osmótica para o tratamento com sorbitol, de 28% para o tratamento com sacarose e de 1% para a solução de estévia. Apesar das características estruturais entre os frutos, esses resultados foram atribuídos à diferença de massa molecular entre os solutos. O sorbitol, por ter maior facilidade de incorporação na fruta e ser um soluto higroscópico, teve maior capacidade de desidratação da fruta.

Ispir e Togrul (2009), desidratando damascos de diferentes geometrias em soluções de frutose, glicose, sacarose, maltodextrina e sorbitol, obtiveram perda de água de 56%, em soluções de sorbitol a 70 °Brix a 25 °C. Porém, esse valor foi menor em relação àqueles observados com os demais agentes desidratantes para uma mesma condição de processo. Essa diferença de resultado pode ser atribuída às diferentes características do produto utilizado, tais como variedade, densidade do tecido, maturidade, entre outros (Lazarides, 2001).

Cardoso Andrade et al. (2007) demonstraram, na desidratação osmótica de pedaços de jenipapo a 30, 50 e 70% de sacarose, que as soluções mais concentradas de sacarose favoreceram a perda de água de 11, 19 e 26%, respectivamente, nas duas primeiras horas de processo, promovendo, simultaneamente, maior ganho de sólidos.

Souza Neto et al. (2004), em trabalho de desidratação osmótica de manga, verificaram que o aumento da concentração da solução desidratante promoveu aumento na taxa de perda de água e que esse aumento foi diretamente

proporcional a duração do processo. Observou-se, ainda, que os tratamentos em que se utilizaram xaropes de sacarose de 55 e 65 °Brix levaram a valores de perda de água de 45 e 50%, respectivamente, após 4 h de processo. Entretanto, os autores ressaltaram que soluções com concentrações maiores que 75 °Brix tornam-se inapropriadas ao processamento devido aos limites de solubilidade do agente utilizado, dificultando o preparo da solução, além da alta viscosidade, o que dificulta a sua manipulação.

Khin et al. (2007) e Falade e Adalakun (2007) afirmaram que o aumento da concentração da solução osmótica implica no aumento da pressão osmótica, portanto, um aumento na taxa de transferência de massa. Azoubel e Murr (2004), ao desidratarem tomate cereja, constataram que a taxa de perda de água estava diretamente relacionada à concentração da solução osmótica, ou seja, maiores concentrações geram rapidez na perda de água como também maior ganho de sólidos.

Apresenta-se, nas Figuras 14 a 16, a variação do ganho de sólidos ao longo da desidratação osmótica de melão em soluções de sacarose e sorbitol, a 40, 50, 60 e 70 °Brix, a 20, 30 e 40 °C, respectivamente, sob agitação de 60 rpm.

Observa-se, na Figura 14b, que o menor percentual de ganho de sólidos na desidratação osmótica em soluções de sorbitol a 20 °C ocorreu para a solução menos concentrada (40 °Brix). No entanto, para as demais concentrações, não houve tendência definida do percentual de ganho de sólidos em função do tempo de imersão. Verificou-se, apenas, que depois de 180 min, quanto maior a concentração do sorbitol, menor o ganho de sólidos. Na desidratação em soluções de sacarose, o ganho de sólidos a 40 e 50 °Brix foi menor que os valores observados a 60 e 70 °Brix, mas sem evidência de relação diretamente proporcional entre aumento de concentração e ganho de sólidos ao longo de todo o período de imersão (Figura 14a).

Na desidratação realizada em soluções de sorbitol a 30 °C (Figura 15b) foi possível observar que o ganho de sólidos (δ) aumentou consistentemente quando se aumentou a concentração da solução de 40 para 50 °Brix. No entanto, para as soluções mais concentradas, 60 e 70 °Brix, não houve tendência definida de variação do valor de δ em função do período de desidratação. Ressalta-se que o ganho de sólidos a 70 °Brix foi inferior aquele verificado a 50 °Brix na maior parte do processo, resultando no menor valor de δ no fim de 4 h de desidratação.

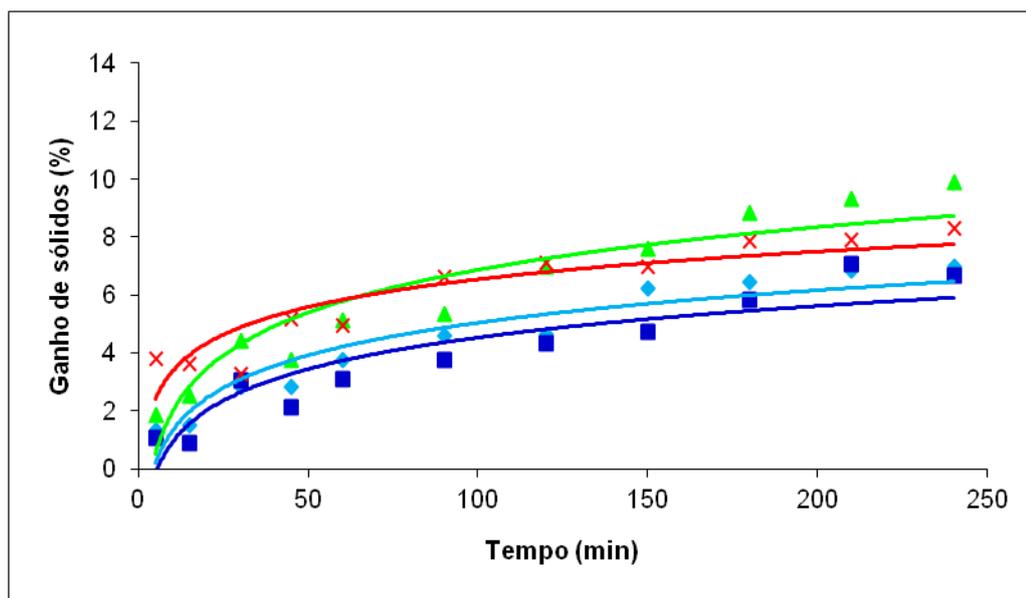


Figura 14a. Ganho de sólidos (%) em função do tempo de desidratação osmótica de amostras de melão em soluções de sacarose a 20 °C, para valores indicados de concentração \blacklozenge , 40 °Brix; \blacksquare , 50 °Brix; \blacktriangle , 60 °Brix; \times , 70 °Brix.

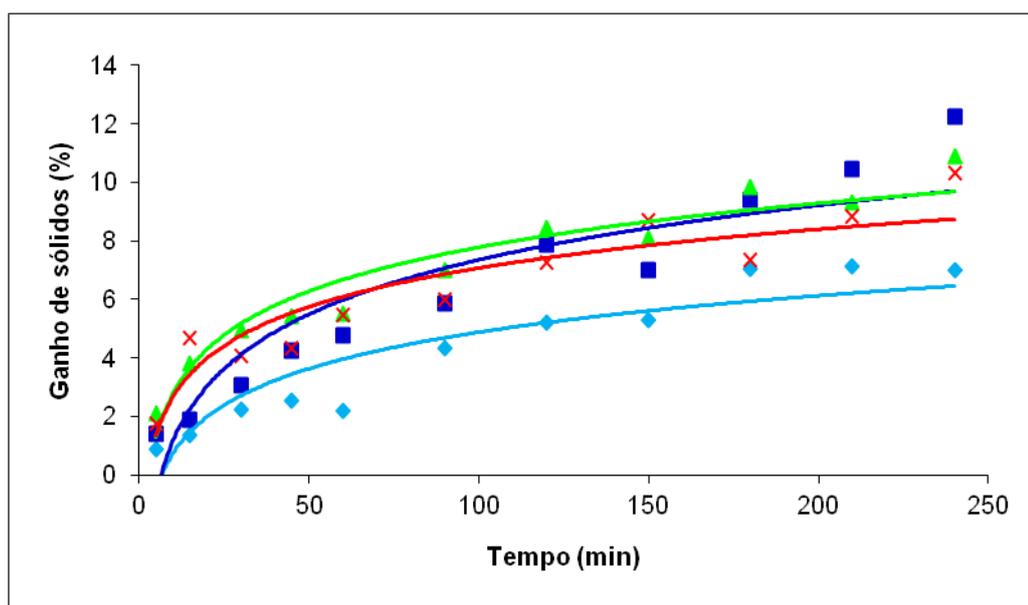


Figura 14b. Ganho de sólidos (%) em função do tempo de desidratação osmótica de amostras de melão em soluções de sorbitol a 20 °C, para valores indicados de concentração \blacklozenge , 40 °Brix; \blacksquare , 50 °Brix; \blacktriangle , 60 °Brix; \times , 70 °Brix.

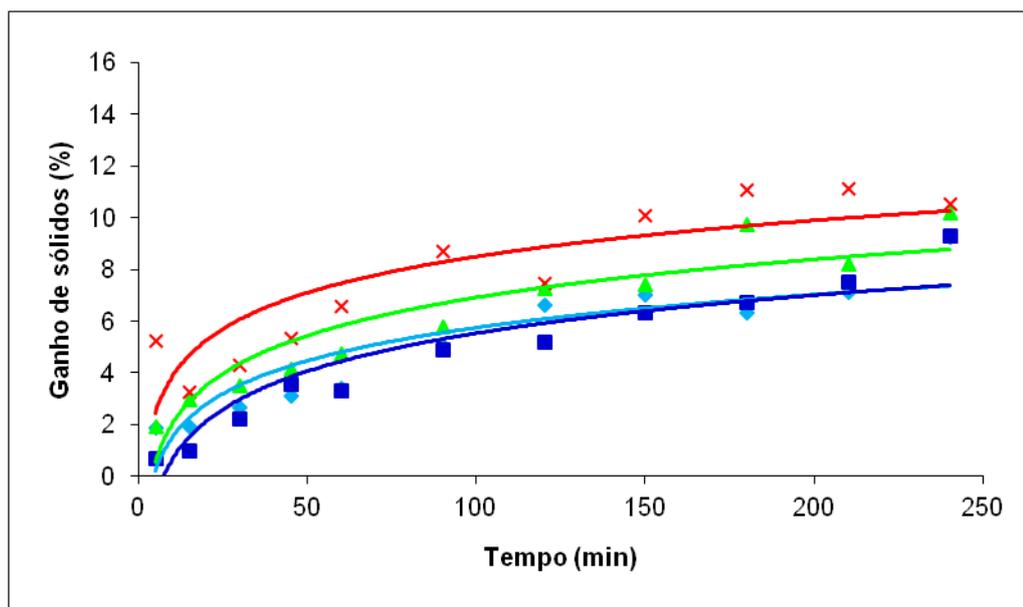


Figura 15a. Ganho de sólidos (%) em função do tempo de desidratação osmótica de amostras de melão em soluções de sacarose a 30 °C, para valores indicados de concentração ◊, 40 °Brix; ■, 50 °Brix; ▲, 60 °Brix; ×, 70 °Brix.

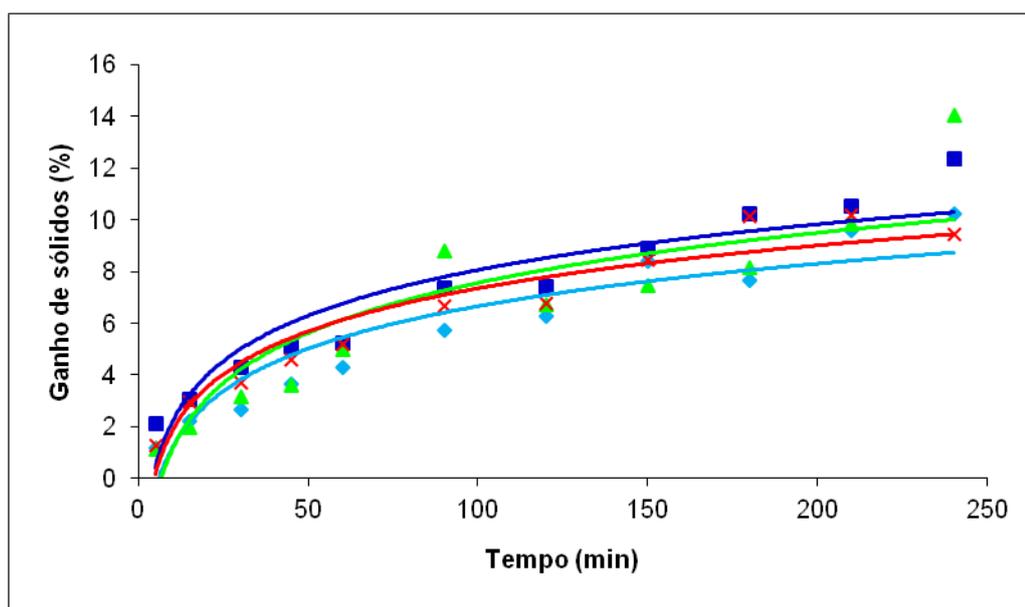


Figura 15b. Ganho de sólidos (%) em função do tempo de desidratação osmótica de amostras de melão em soluções de sorbitol a 30 °C, para valores indicados de concentração ◊, 40 °Brix; ■, 50 °Brix; ▲, 60 °Brix; ×, 70 °Brix.

Para desidratação de amostras de melão a 30 °C em soluções de sacarose houve tendência mais definida para a variação de ganho de sólidos (δ) em função do tempo de imersão. Em geral, o ganho de sólidos se apresentou similar para

soluções de 40° e 50° Brix. A partir de 50° Brix, o aumento dos sólidos solúveis ocorre com o aumento da concentração da solução e se torna maior quando se usa solução a 70° Brix.

A desidratação de amostras de melão a 40 °C (Figura 16a) mostrou que o ganho de sólidos (δ) em solução de sacarose foi semelhante para as concentrações de 40 e 60 °Brix durante o decorrer do processo. Para as soluções de sacarose, os menores valores de δ foram observados a 50 °Brix (6,2%) e os maiores a 70 °Brix (11,7%). As amostras desidratadas com sorbitol a 40 °C (Figura 16b) mostrou que o ganho de sólidos foi semelhante para concentrações de 40 e 50 °Brix durante praticamente todo o processo, aumentando significativamente com o aumento da concentração para 60 °Brix (13,60%). No entanto, ao contrário do que ocorreu a 20 e 30 °C, os valores de δ a 70 °Brix (6,14%) foram inferiores aos observados em soluções menos concentradas. O efeito do tipo de soluto no ganho de sólidos a 40 °C foi semelhante ao observado a 30 °C. Ou seja, maior incorporação de sorbitol a 40, 50 e 60 °Brix e maior incorporação de sacarose a 70 °Brix.

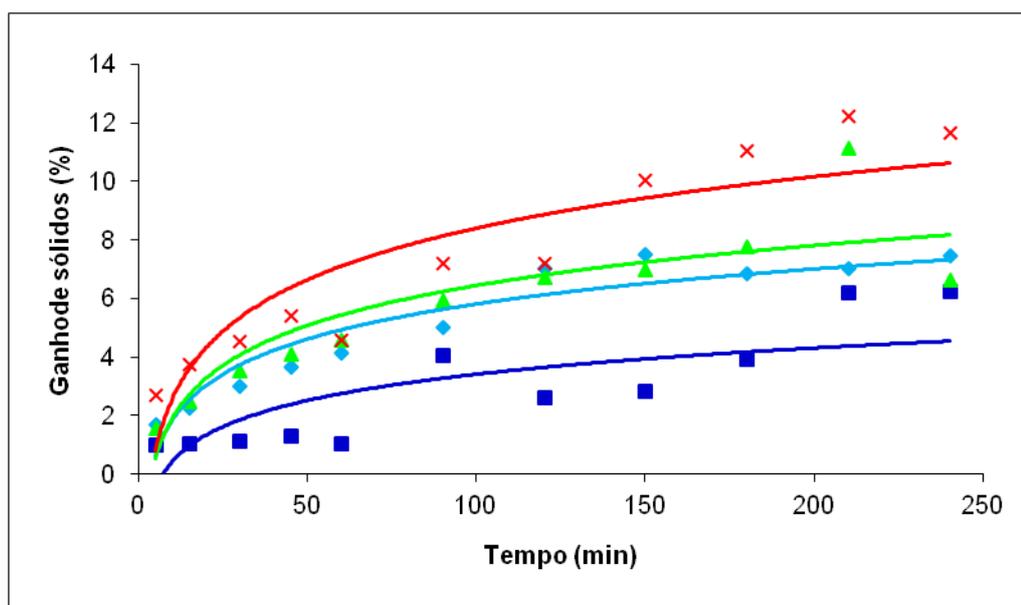


Figura 16a. Ganho de sólidos (%) em função do tempo de desidratação osmótica de amostras de melão em soluções de sacarose a 40 °C, para valores indicados de concentração \diamond , 40 °Brix; \blacksquare , 50 °Brix; \blacktriangle , 60 °Brix; \times , 70 °Brix.

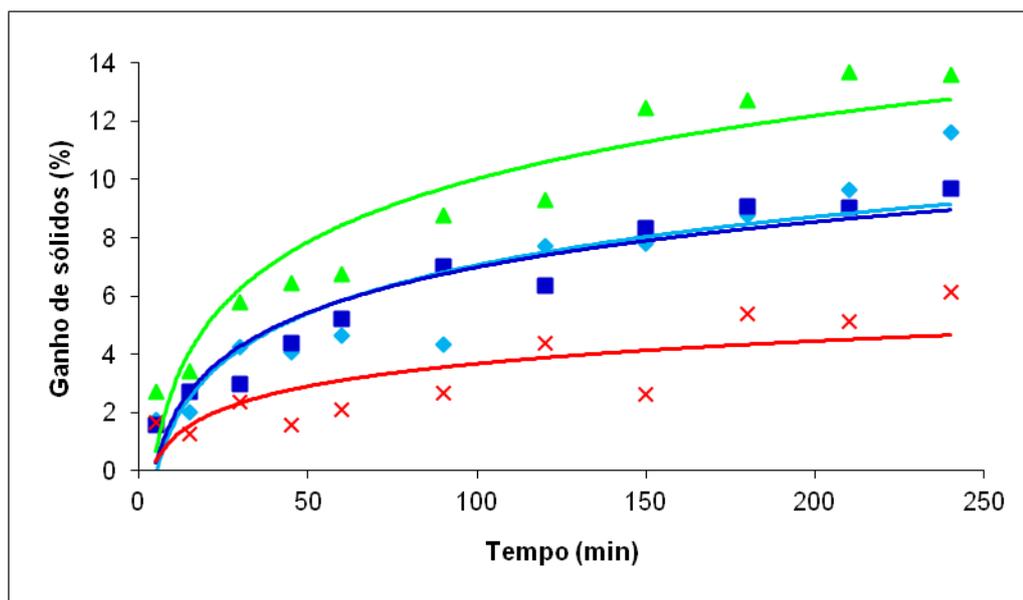


Figura 16b. Ganho de sólidos (%) em função do tempo de desidratação osmótica de amostras de melão em soluções de sorbitol a 40 °C, para valores indicados de concentração ◆, 40 °Brix; ■, 50 °Brix; ▲, 60 °Brix; ×, 70 °Brix.

Na comparação do efeito do tipo de soluto (Figura 17 a 18), observa-se que, à exceção da solução a 70 °Brix, em todas as demais concentrações, o ganho de sólidos ao final da desidratação foi maior nas soluções com sorbitol. Esse resultado difere daquele descrito por Martim et al. (2007) em que o ganho de sólidos ao final de 2 h de desidratação osmótica de manga, a 50 °Brix, foi maior em soluções de sacarose ($\delta=10\%$) que em soluções de sorbitol ($\delta=6\%$).

Córdova (2006), ao desidratar maçãs, também verificou que utilização da sacarose como agente desidratante possibilitou maior incorporação de sólidos que com o uso de sorbitol. A impregnação da sacarose foi de 5%, enquanto o ganho de sólidos com sorbitol foi de 2%, depois de 3 h de desidratação, a 30 °C, em solução de 50 °Brix. No entanto, Tonon (2005) afirmou que produtos desidratados em solução de sacarose, soluto que possui alta massa molecular, normalmente apresentam alta perda de água e baixo ganho de sólidos, ou seja, confirmado com os dados deste trabalho.

Antonio (2002), estudando a desidratação osmótica de banana nanica e mamão formosa em solução de sacarose, observou ganho de sólido de 12% para a banana e 10% para o mamão. A variável concentração de sacarose teve maior influência sobre o ganho de sólidos do que a variável temperatura, mostrando que

quanto maior a concentração da solução osmótica maior será a incorporação de sólidos no produto, quando este dissacarídeo é usado.

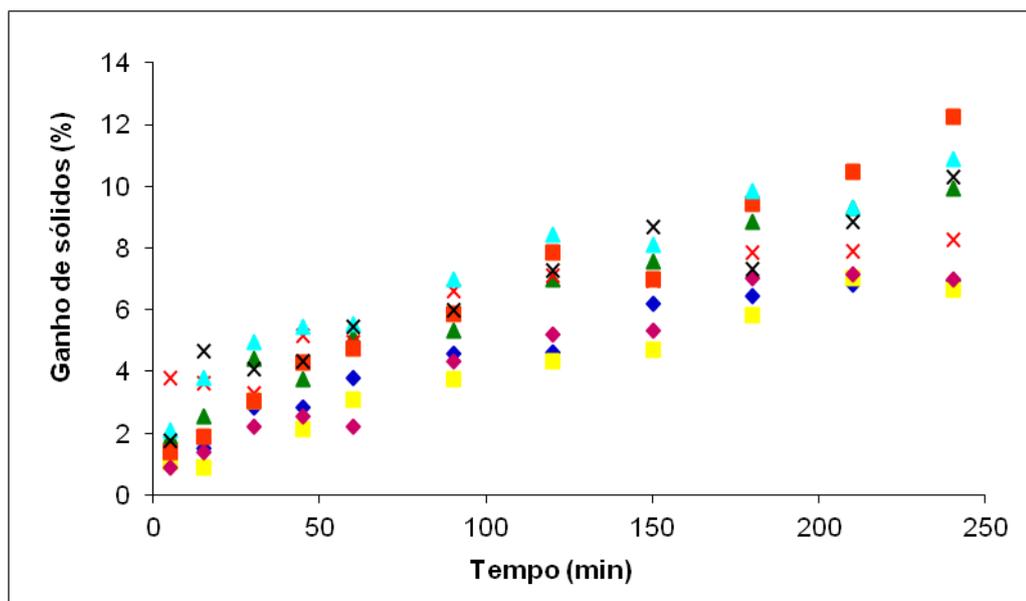


Figura 17. Ganho de sólidos (%) em função do tempo de desidratação osmótica de amostras de melão em soluções de sacarose e sorbitol a 20 °C, para valores indicados de concentração ◆, 40 °Brix; ■, 50 °Brix; ▲, 60 °Brix; ×, 70 °Brix para solução de sacarose e ◆, 40 °Brix; ■, 50 °Brix; ▲, 60 °Brix; ×, 70 °Brix para solução de sorbitol.

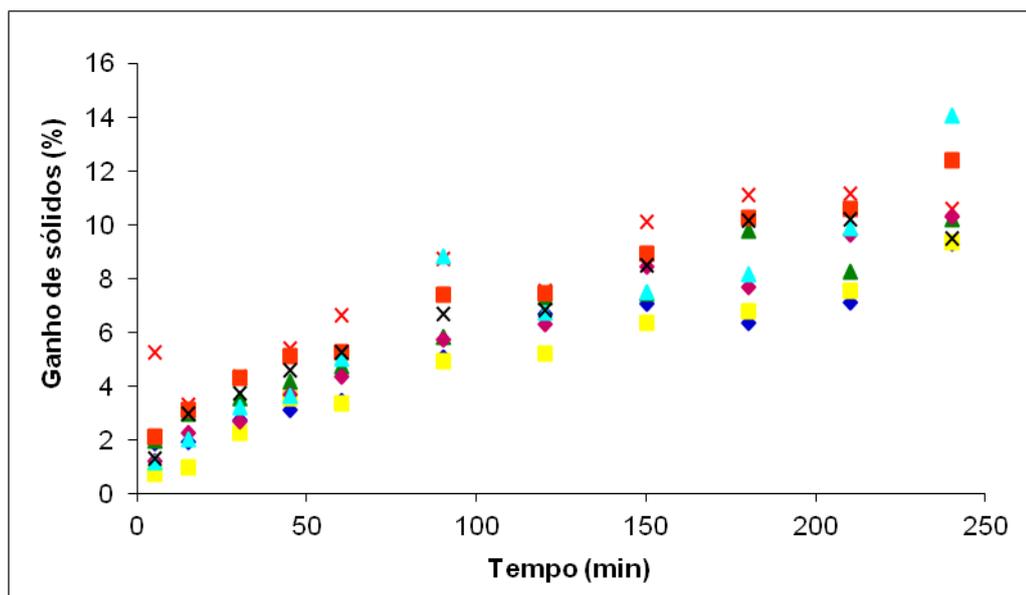


Figura 18. Ganho de sólidos (%) em função do tempo de desidratação osmótica de amostras de melão em soluções de sacarose e sorbitol a 30 °C, para valores indicados de concentração ◆, 40 °Brix; ■, 50 °Brix; ▲, 60 °Brix; ×, 70 °Brix para solução de sacarose e ◆, 40 °Brix; ■, 50 °Brix; ▲, 60 °Brix; ×, 70 °Brix para solução de sorbitol.

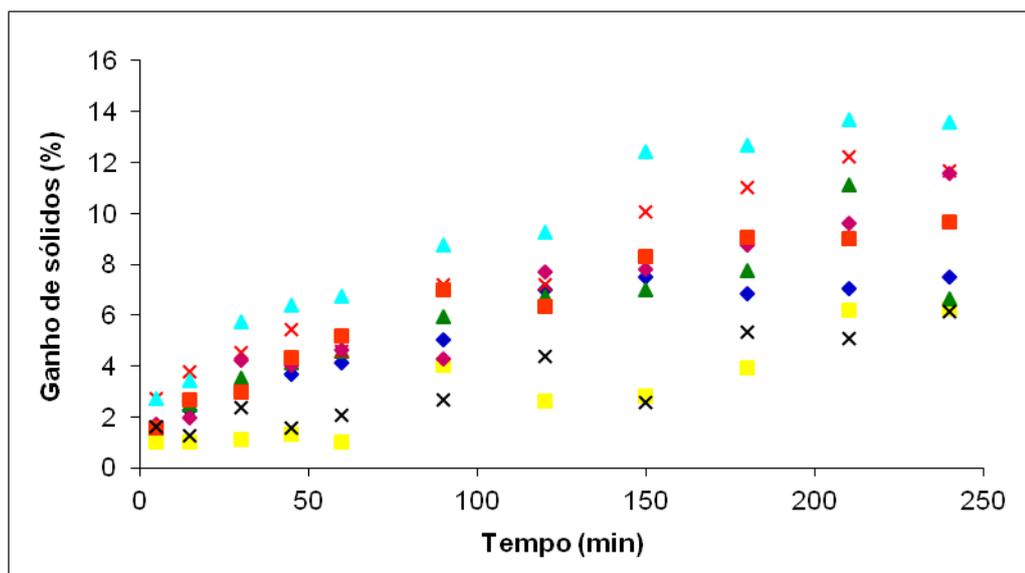


Figura 19. Ganho de sólidos (%) em função do tempo de desidratação osmótica de amostras de melão em soluções de sacarose e sorbitol a 40 °C, para valores indicados de concentração ◆, 40 °Brix; ■, 50 °Brix; ▲, 60 °Brix; ×, 70 °Brix para solução de sacarose e ◆, 40 °Brix; ■, 50 °Brix; ▲, 60 °Brix; ×, 70 °Brix para solução de sorbitol.

De acordo com Torreggiani (1993), o aumento da massa molecular do agente osmótico provoca diminuição no ganho de sólidos e aumento na perda de água. Como mencionado anteriormente, o sorbitol possui massa molecular menor que o da sacarose, o que justificaria os resultados obtidos.

Lazarides (2001) observou que características do produto como variedade, densidade do tecido, maturidade, entre outros, influenciam diretamente os efeitos provocados pelo tipo de soluto e pela concentração da solução no ganho de sólidos ao longo do processo de desidratação osmótica.

A redução de massa durante a desidratação osmótica está relacionada à diferença entre a perda de água e o ganho de sólidos (solutos osmóticos). Como se pode observar nas Figuras 20 a 22, em geral, a concentração da solução desidratante apresenta um efeito positivo na redução de massa devido ao aumento da pressão osmótica.

As soluções mais concentradas de sorbitol foram as que possibilitaram maior redução de massa. Para este soluto, a maior perda de água, ao final do processo, foi de 44% em soluções de 70 °Brix, verificado no processo realizado a 40 °C. Para a sacarose a maior perda de água, ao final do processo, foi de 33% em soluções de 60 °Brix, também a 40 °C. Dionello et al. (2009) também

observaram que fatias de abacaxi desidratados em solução de sacarose a 50 °Brix apresentaram maior redução de massa do que aquelas desidratadas a 40 °Brix, em igual período de tempo.

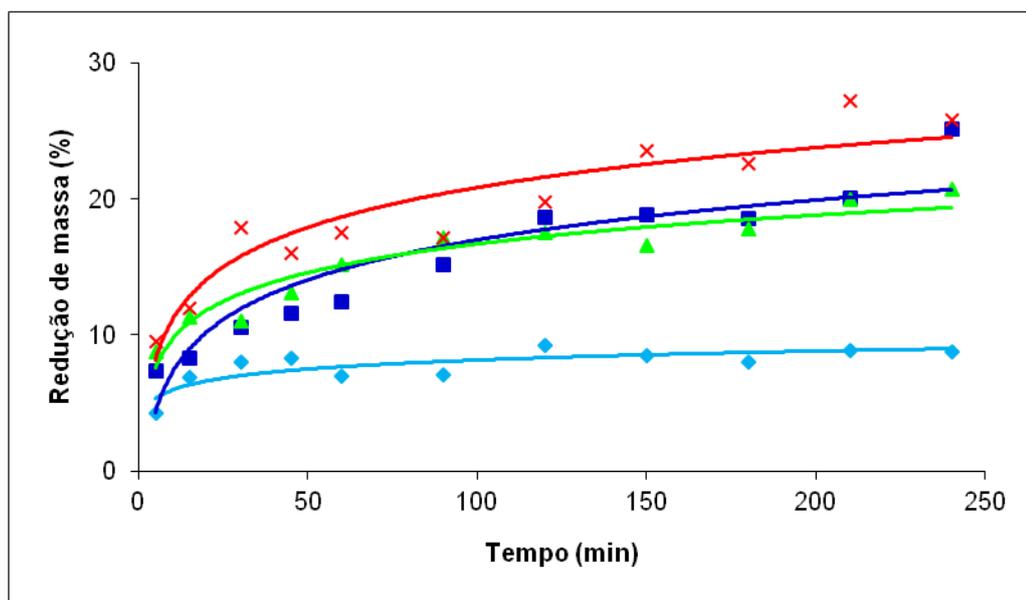


Figura 20a. Redução de massa (%) em função do tempo de desidratação osmótica de amostras de melão em soluções de sacarose, a 20 °C, para valores indicados de concentração \blacklozenge , 40 °Brix; \blacksquare , 50 °Brix; \blacktriangle , 60 °Brix; \times , 70 °Brix.

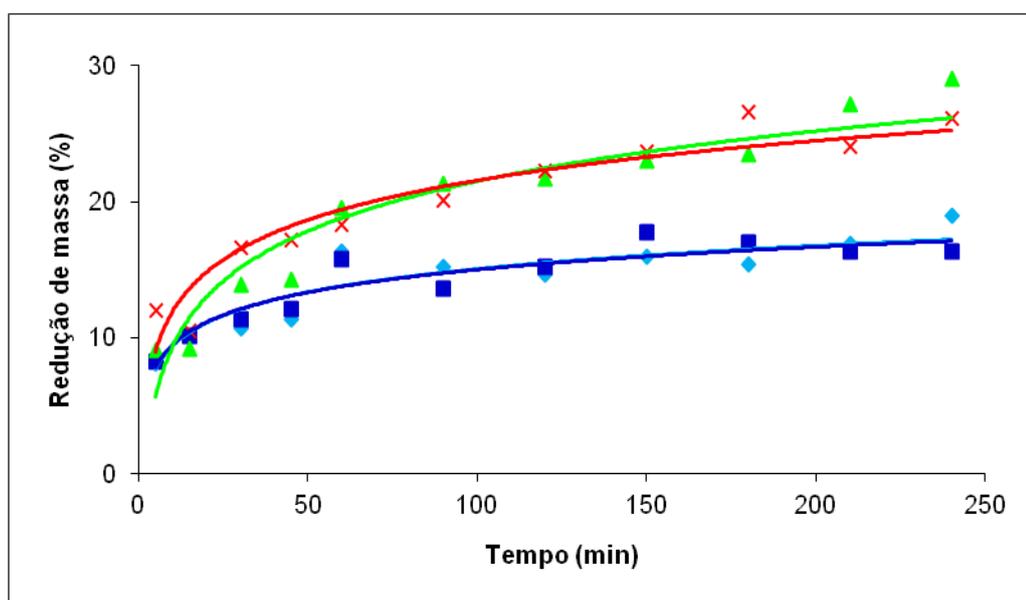


Figura 20b. Redução de massa (%) em função do tempo de desidratação osmótica de amostras de melão em soluções de sorbitol a 20 °C, para valores indicados de concentração \blacklozenge , 40 °Brix; \blacksquare , 50 °Brix; \blacktriangle , 60 °Brix; \times , 70 °Brix.

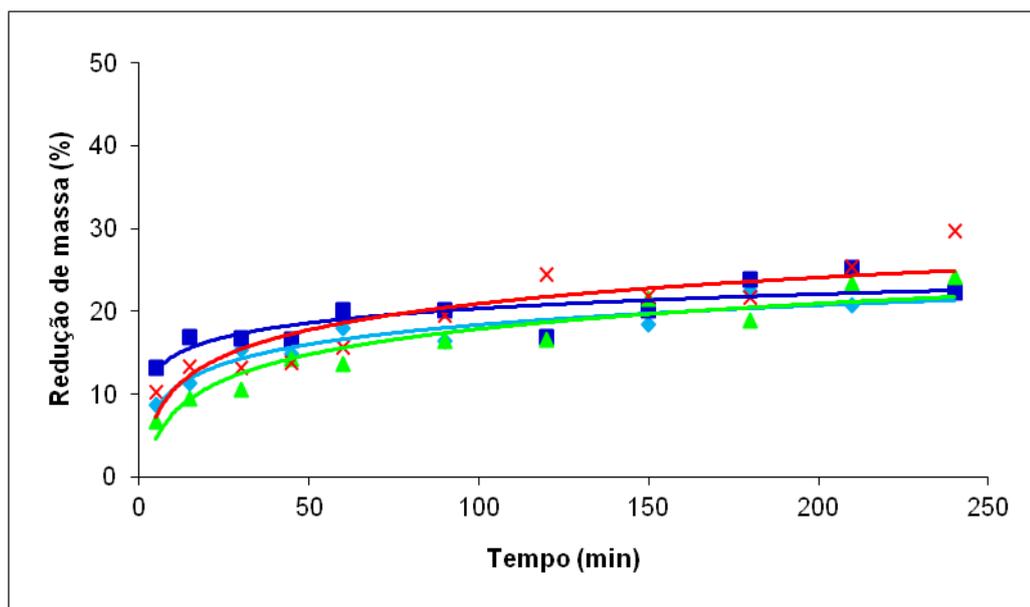


Figura 21a. Redução de massa (%) em função do tempo de desidratação osmótica de amostras de melão em soluções de sacarose, a 30 °C, para valores indicados de concentração \diamond , 40 °Brix; \blacksquare , 50 °Brix; \blacktriangle , 60 °Brix; \times , 70 °Brix.

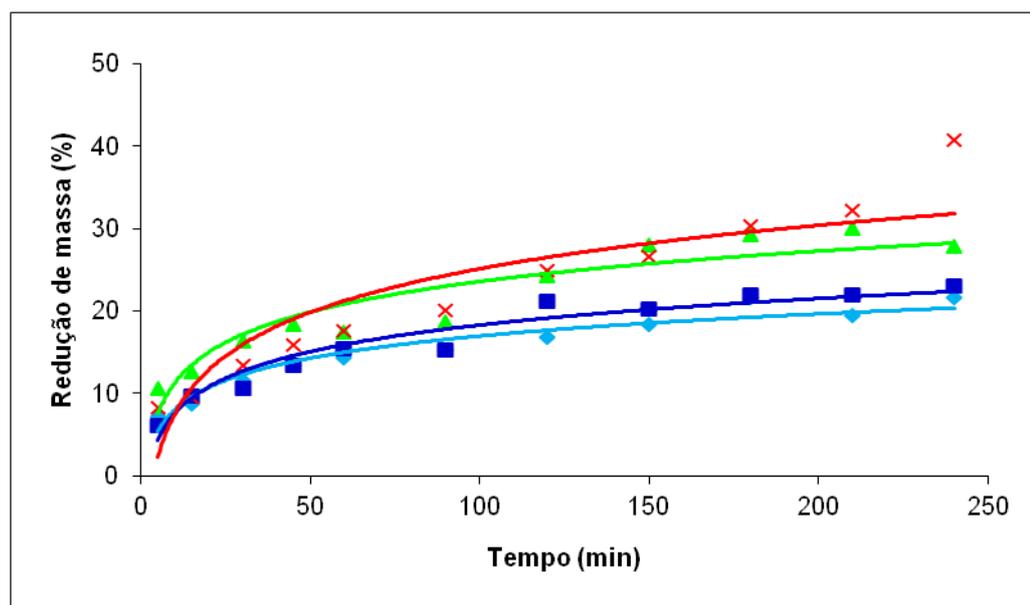


Figura 21b. Redução de massa (%) em função do tempo de desidratação osmótica de amostras de melão em soluções de sorbitol, a 30 °C, para valores indicados de concentração \diamond , 40 °Brix; \blacksquare , 50 °Brix; \blacktriangle , 60 °Brix; \times , 70 °Brix.

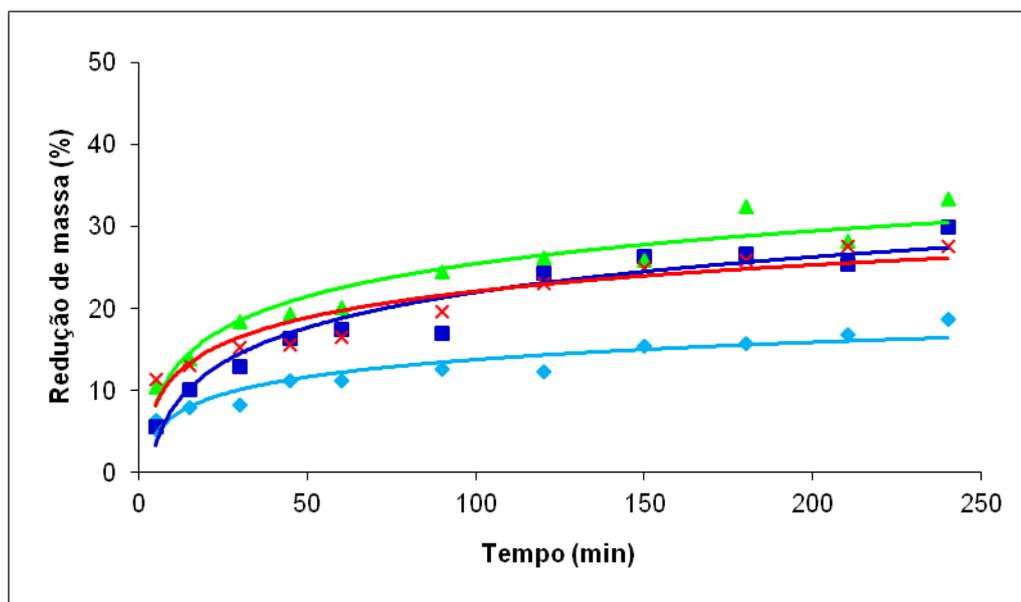


Figura 22a. Redução de massa (%) em função do tempo de desidratação osmótica de amostras de melão em soluções de sacarose, a 40 °C, para valores indicados de concentração \blacklozenge , 40 °Brix; \blacksquare , 50 °Brix; \blacktriangle , 60 °Brix; \times , 70 °Brix.

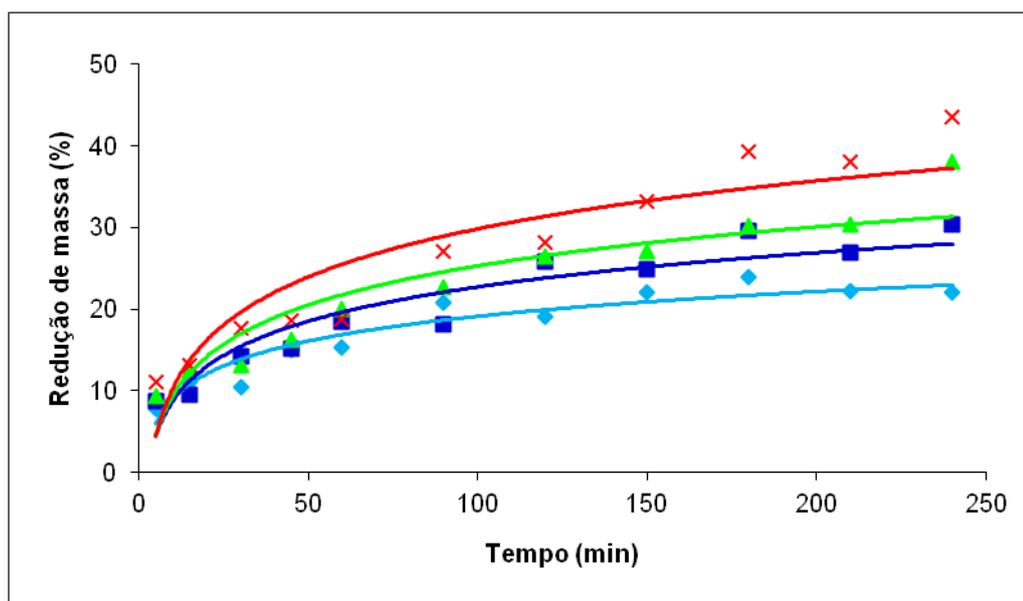


Figura 22b. Redução de massa (%) em função do tempo de desidratação osmótica de amostras de melão em soluções de sorbitol, a 40 °C, para valores indicados de concentração \blacklozenge , 40 °Brix; \blacksquare , 50 °Brix; \blacktriangle , 60 °Brix; \times , 70 °Brix.

Almeida et al. (2005) verificaram que a redução de massa no processo de desidratação de manga Tommy Atkins aumentou com o aumento da concentração e que os maiores valores de redução de massa foram obtidos utilizando-se concentração acima de 58% e temperaturas entre 48 e 50 °C, independentemente do tempo de processo.

Uma maior redução de massa utilizando solução de sorbitol também é descrita por Martim et al. (2007) que, ao desidratarem manga em soluções de sacarose, sorbitol e estévia, obtiveram redução de massa ao final do processo de aproximadamente 20% para o tratamento com sacarose, de 24% para o tratamento com sorbitol e de 0,1% para solução com estévia. Esses resultados demonstraram o potencial osmótico do sorbitol.

4.2.2. Efeito da temperatura na perda de água (ω), ganho de sólidos (δ) e redução de massa (μ)

Apresentam-se, nas Figuras 23 a 26, a variação de ω em função do tempo de imersão da amostra de melão em soluções de sacarose e sorbitol a 40, 50, 60 e 70 °Brix, a 20, 30 e 40 °C, por 4 h. O efeito da temperatura de desidratação ficou melhor evidenciado nas soluções de sorbitol (Figuras 23b a 26b), em que valores crescentes de ω , para cada tempo de imersão foram observadas a medida que aumentava-se a temperatura.

Em soluções de sacarose, o efeito da temperatura sobre a perda de água só foi observado quando se comparam os valores de ω obtidos a 20 e 30 °C e a 20 e 40 °C. No entanto, dependendo da concentração da solução, maiores valores de ω foram obtidos a 30 e não a 40 °C, como no caso do emprego da solução a 40 °Brix, quando isto ocorreu durante todo o processo, e a 50 °Brix, quando o mesmo foi observado durante parte do processo. O efeito do aumento da temperatura na intensidade da remoção de água foi intensificado quando houve o aumento da concentração da solução. Ao final do processo, o valor de ω aumentou de 31 para 40% em solução de sacarose a 60 °Brix, quando a temperatura passou de 20 °C para 40 °C. Os valores correspondentes para soluções de sorbitol foram de 40% para 52%.

De acordo com Souza (2007), a temperatura da solução osmótica influencia decisivamente a taxa de desidratação e as propriedades do produto

final. Valores entre 20 e 50 °C são considerados ótimos para o processo de transferência de massa e têm sido os mais frequentemente citados nos trabalhos sobre este tema.

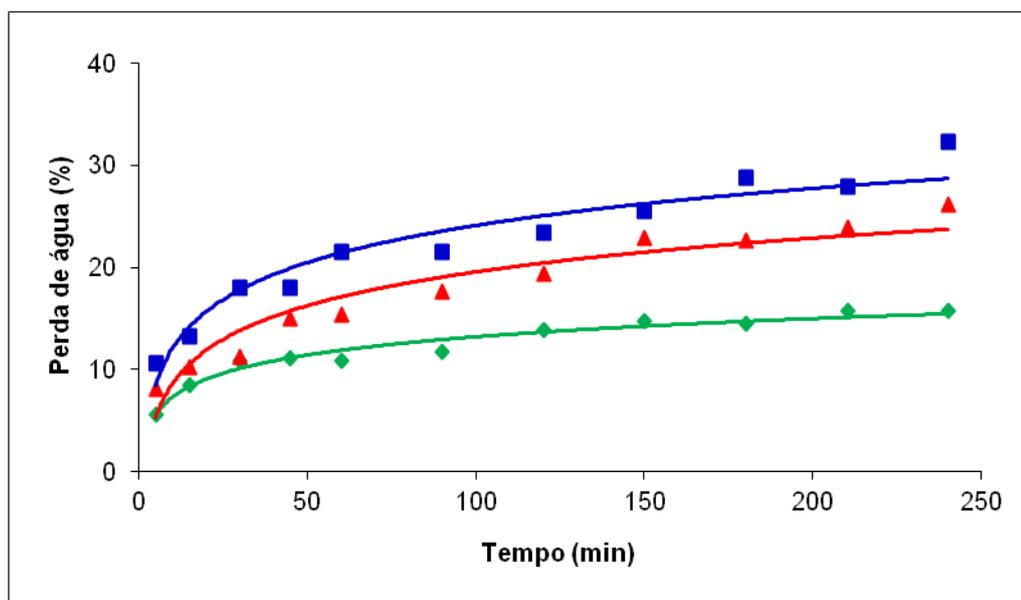


Figura 23a. Perda de água (%) em função do tempo de desidratação osmótica de amostras de melão em soluções de sacarose, a 40 °Brix, para valores indicados de temperatura, \blacklozenge , 20 °C; \blacksquare , 30 °C; \blacktriangle , 40 °C.

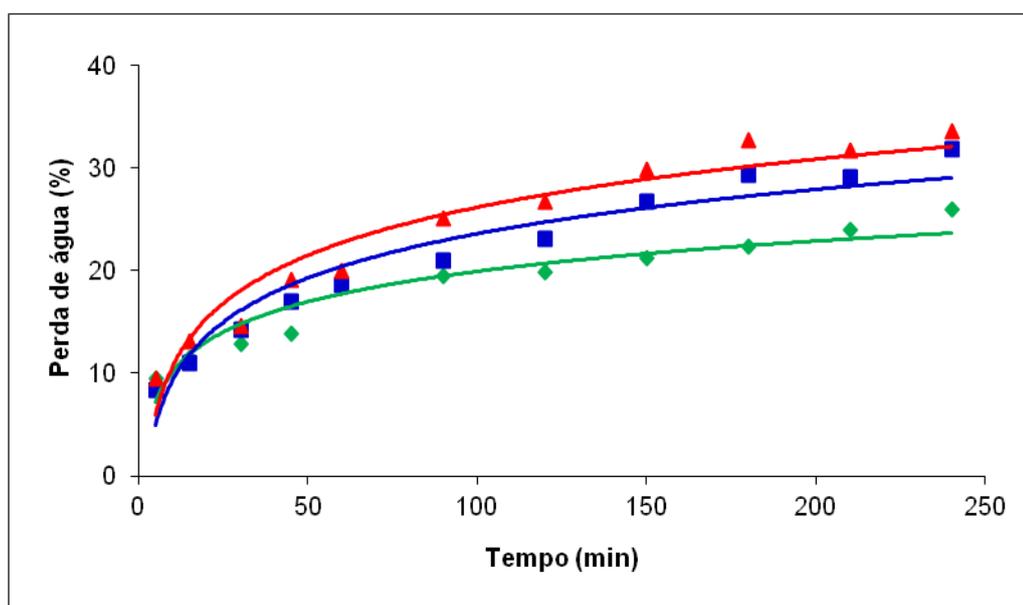


Figura 23b. Perda de água (%) em função do tempo de desidratação osmótica de amostras de melão em soluções de sorbitol, a 40 °Brix, para valores indicados de temperatura, \blacklozenge , 20 °C; \blacksquare , 30 °C; \blacktriangle , 40 °C.

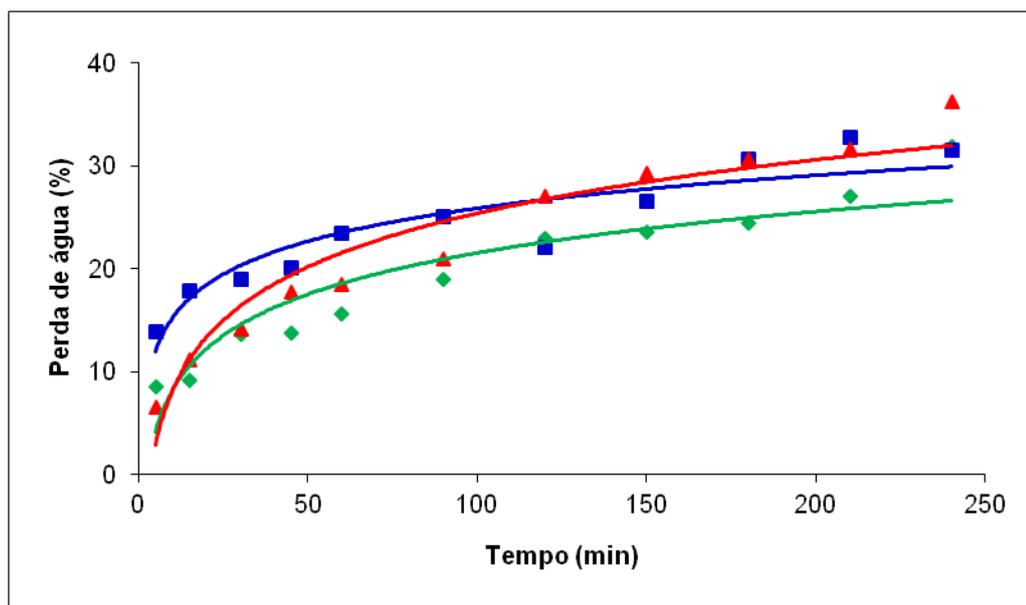


Figura 24a. Perda de água (%) em função do tempo de desidratação osmótica de amostras de melão em soluções de sacarose, a 50 °Brix, para valores indicados de temperatura, \blacklozenge , 20 °C; \blacksquare , 30 °C; \blacktriangle , 40 °C.

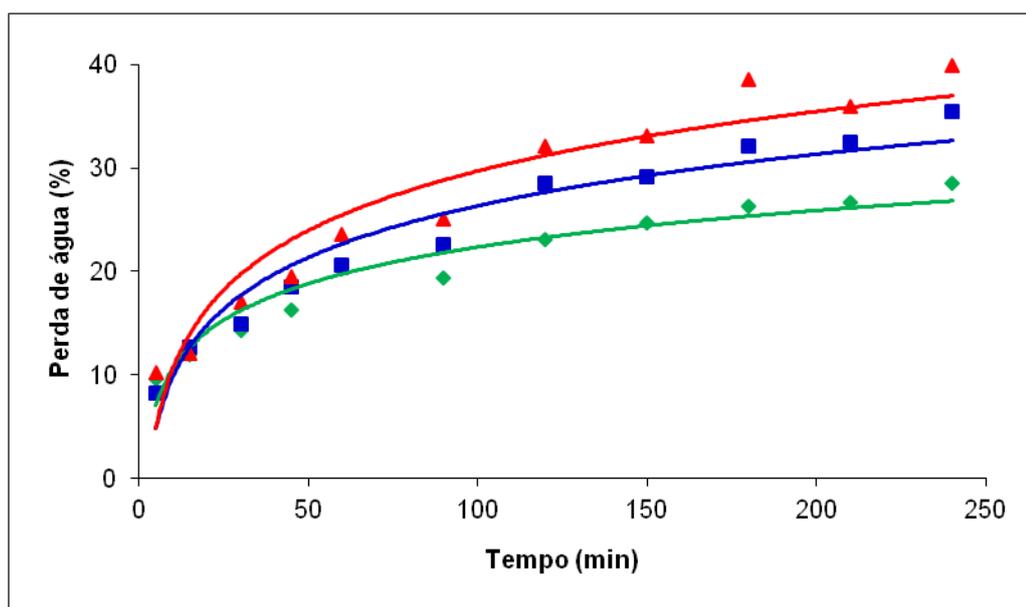


Figura 24b. Perda de água (%) em função do tempo de desidratação osmótica de amostras de melão em soluções de sorbitol, a 50 °Brix, para valores indicados de temperatura, \blacklozenge , 20 °C; \blacksquare , 30 °C; \blacktriangle , 40 °C.

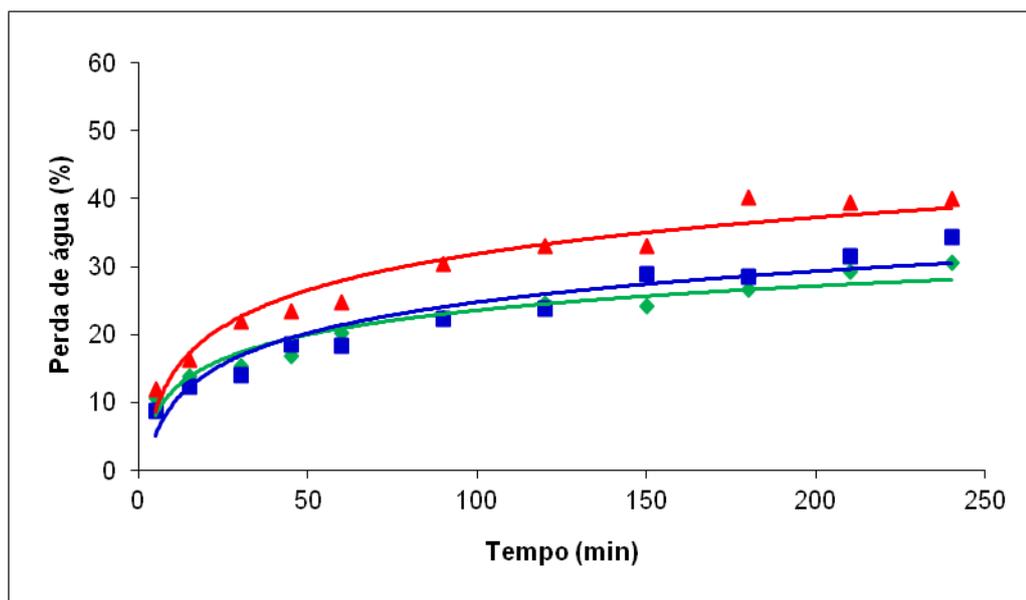


Figura 25a. Perda de água (%) em função do tempo de desidratação osmótica de amostras de melão em soluções de sacarose, a 60 °Brix, para valores indicados de temperatura, \blacklozenge , 20 °C; \blacksquare , 30 °C; \blacktriangle , 40 °C.

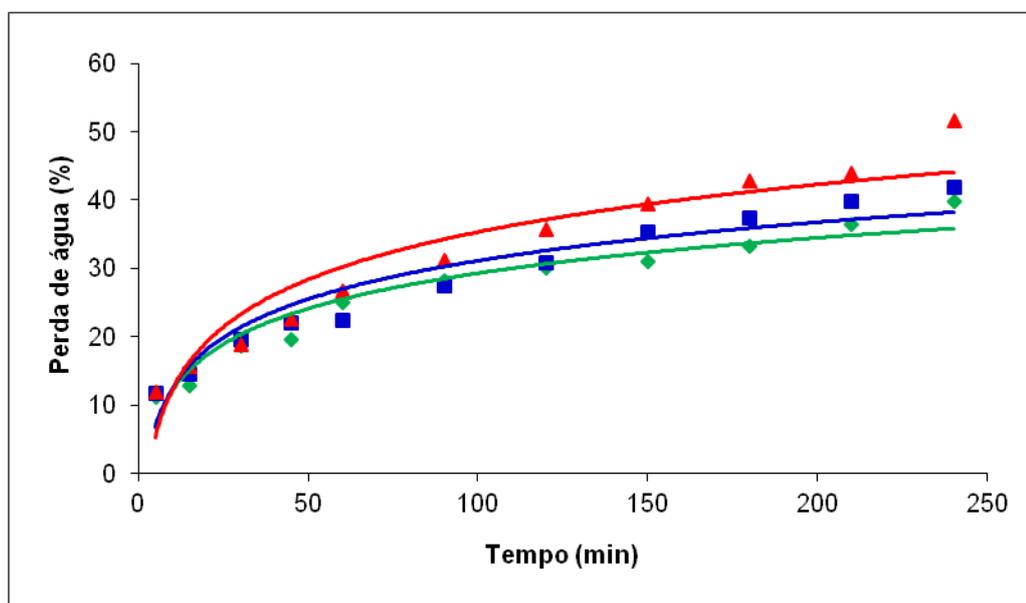


Figura 25b. Perda de água (%) em função do tempo de desidratação osmótica de amostras de melão em soluções de sorbitol, a 60 °Brix, para valores indicados de temperatura, \blacklozenge , 20 °C; \blacksquare , 30 °C; \blacktriangle , 40 °C.

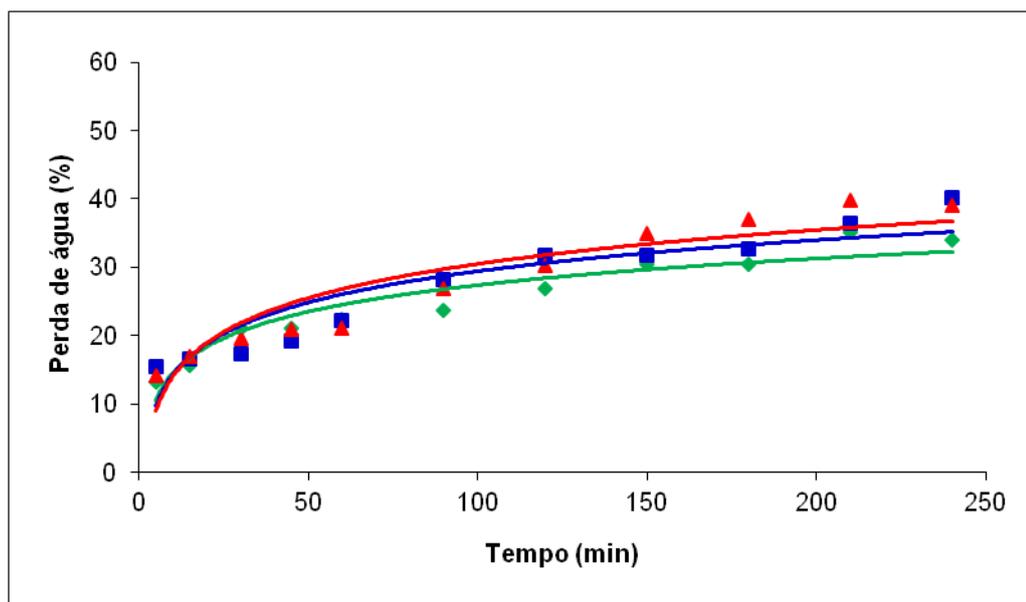


Figura 26a. Perda de água (%) em função do tempo de desidratação osmótica de amostras de melão em soluções de sacarose, a 70 °Brix, para valores indicados de temperatura, \blacklozenge , 20 °C; \blacksquare , 30 °C; \blacktriangle , 40 °C.

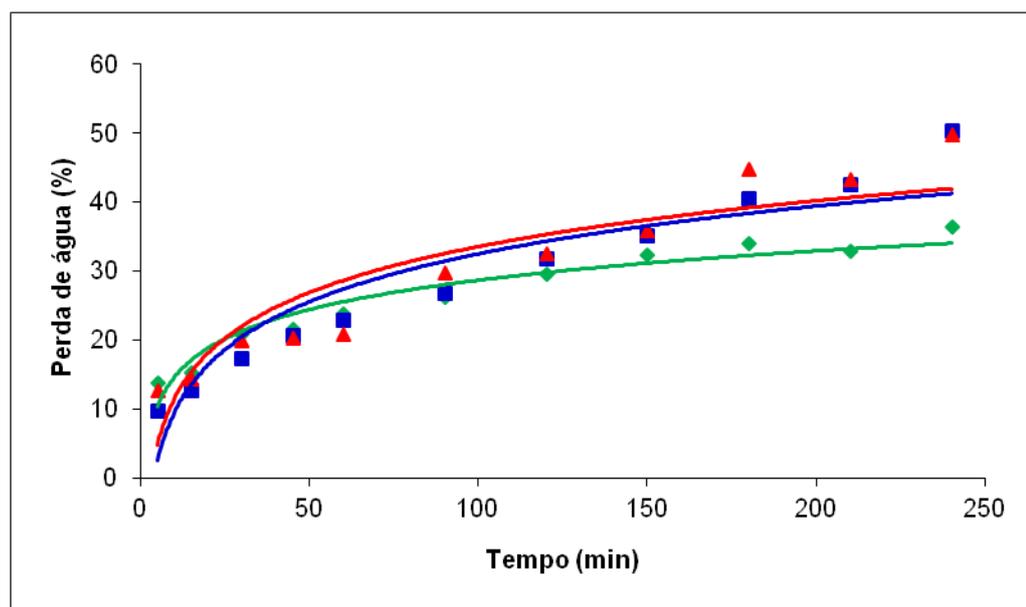


Figura 26b. Perda de água (%) em função do tempo de desidratação osmótica de amostras de melão em soluções de sorbitol, a 70 °Brix, para valores indicados de temperatura, \blacklozenge , 20 °C; \blacksquare , 30 °C; \blacktriangle , 40 °C.

Eler et al. (2009), em trabalho de desidratação osmótica de fatias de maçã verde em solução de sacarose, verificaram que a temperatura influenciou a cinética de desidratação, de forma que o aumento da temperatura resultou em aumento proporcional da perda de água.

Alam et al. (2010), utilizando a metodologia de superfície de resposta para investigar a cinética de desidratação osmótica de groselha indiana, relatam que o efeito da concentração de sacarose (50 a 70 °Brix), temperatura da solução (30 a 60 °C) e tempo de imersão (60 a 180 min) afetaram significativamente a perda de água e a incorporação de sólidos no fruto.

Mercali et al. (2010), ao avaliarem a cinética de transferência de massa na desidratação osmótica de banana, registraram elevada troca de massa para os maiores valores de temperatura e concentração da solução. Relataram, também, que altas temperaturas promovem a perda rápida de água, em consequência da desintegração das membranas celulares e difusão mais rápida da água no interior do produto devido à menor viscosidade do meio osmótico.

Para Tonon et al. (2006), a temperatura foi a variável que mais influenciou a perda de água ao final do processo de desidratação osmótica de tomate em soluções ternárias, aumentando a perda de água.

Chenlo et al. (2007) verificaram que a temperatura de operação influenciou os parâmetros da cinética de desidratação osmótica de castanha. O aumento da temperatura de 25 para 45 °C tornou a desidratação mais intensa, levando aos menores valores de teor de água do produto ao final do processo. No entanto, este comportamento foi observado para todas as concentrações, embora a intensidade do efeito fosse maior em soluções mais concentradas.

A análise de variância revelou que apenas a concentração e a temperatura da solução tiveram efeito significativo sobre o ganho de sólidos, no decorrer do período de desidratação, independentemente do soluto utilizado, não havendo, portanto, efeito das interações soluto x temperatura e soluto x temperatura x tempo.

A partir dos resultados obtidos (Figuras 27 a 30), não é possível tirar uma conclusão definitiva a respeito do efeito da temperatura sobre o ganho de sólidos durante a desidratação osmótica de amostras de melão para as condições estudadas. Nas soluções de sacarose a 50 e 60 °Brix, a desidratação a 40 °C resultou em menor incorporação de soluto, 6,23% e 6,63% respectivamente,

quando comparada com as soluções a 20 e 30 °C. Apenas para o tratamento com solução de sacarose a 70 °Brix, maiores valores de temperatura puderam ser associados a maiores valores de δ ao final do processo de desidratação, para este os valores de δ obtidos para o processo a 20, 30 e 40 °C foram respectivamente, 8,28%, 10,56% e 11,66%. Para a desidratação em soluções de sorbitol, apenas para a concentração de 60 °Brix observou-se maiores valores de δ associados a maior temperatura (40 °C). Aumentando-se a concentração para 70 °Brix, os valores de δ , a 40 °C passaram a ser inferiores aos obtidos a 20 e 30 °C. Os valores de δ ao final do processo de desidratação a 20, 30 e 40 °C foram, respectivamente, 10,29%, 9,46% e 6,14%.

Khoyi e Hesari (2007), em trabalho com desidratação osmótica de fatias de damasco, observaram que no tratamento com sacarose a 70% houve maior ganho de sólidos nas amostras desidratadas a 60 °C que naquelas tratadas a 30 °C até 4 h de desidratação. A partir deste tempo, houve aumento no ganho de sólidos das fatias de damascos a 30 °C, chegando, ao final do processo, a valores bem semelhantes aos desidratados a 60 °C.

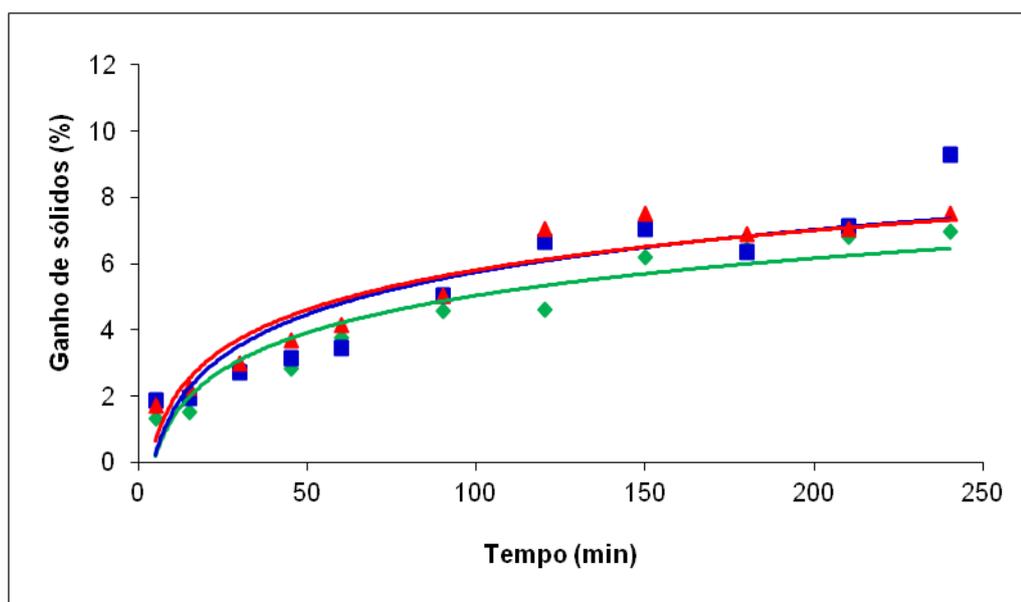


Figura 27a. Ganho de sólidos (%) em função do tempo de desidratação osmótica de amostras de melão em soluções de sacarose, a 40 °Brix, para valores indicados de temperatura, \blacklozenge , 20 °C; \blacksquare , 30 °C; \blacktriangle , 40 °C.

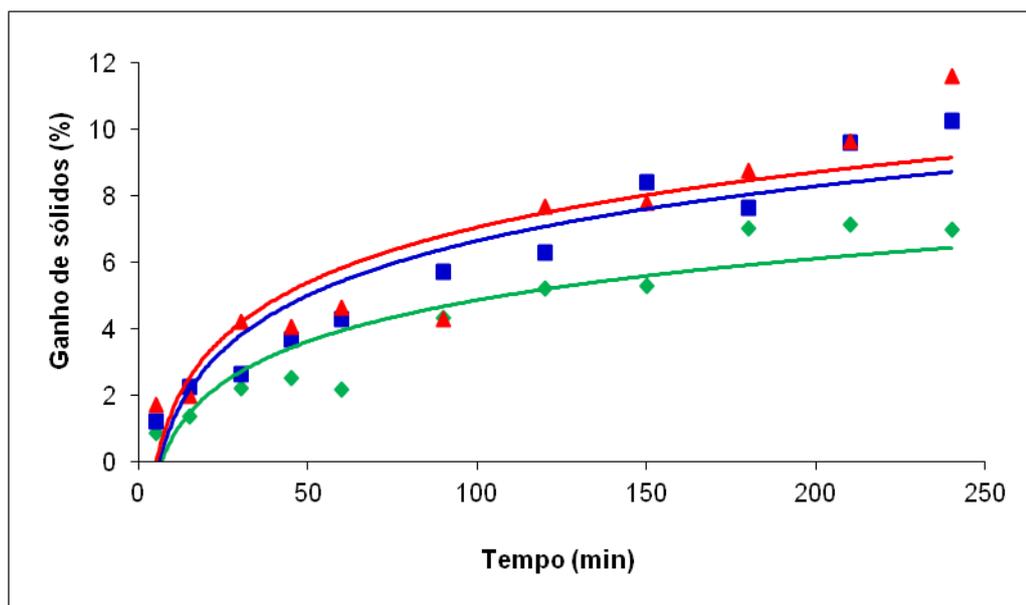


Figura 27b. Ganho de sólidos (%) em função do tempo de desidratação osmótica de amostras de melão em soluções de sorbitol, a 40 °Brix, para valores indicados de temperatura, \blacklozenge , 20 °C; \blacksquare , 30 °C; \blacktriangle , 40 °C.

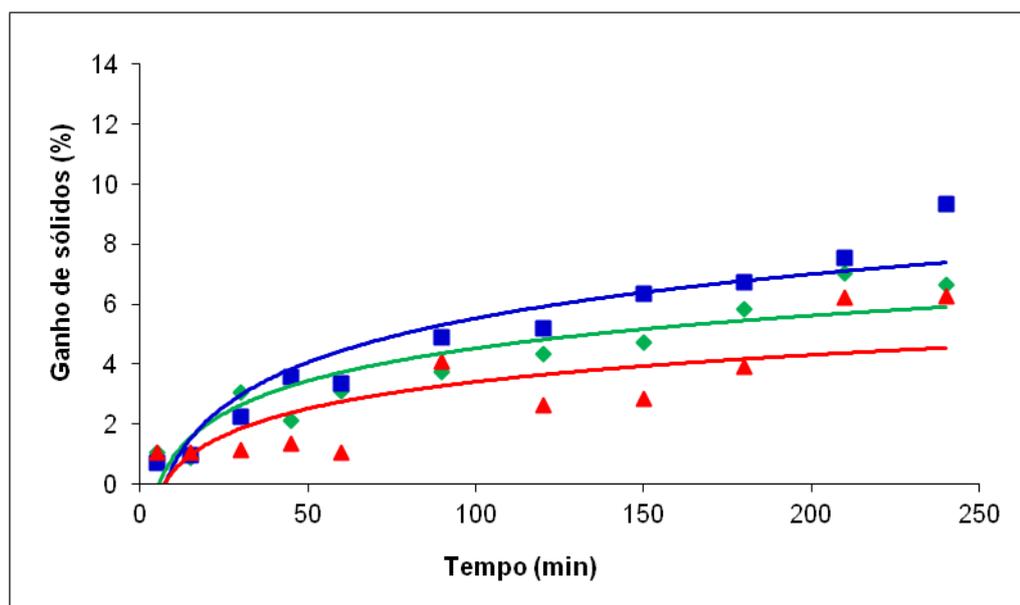


Figura 28a. Ganho de sólidos (%) em função do tempo de desidratação osmótica de amostras de melão em soluções de sacarose, a 50 °Brix, para valores indicados de temperatura, \blacklozenge , 20 °C; \blacksquare , 30 °C; \blacktriangle , 40 °C.

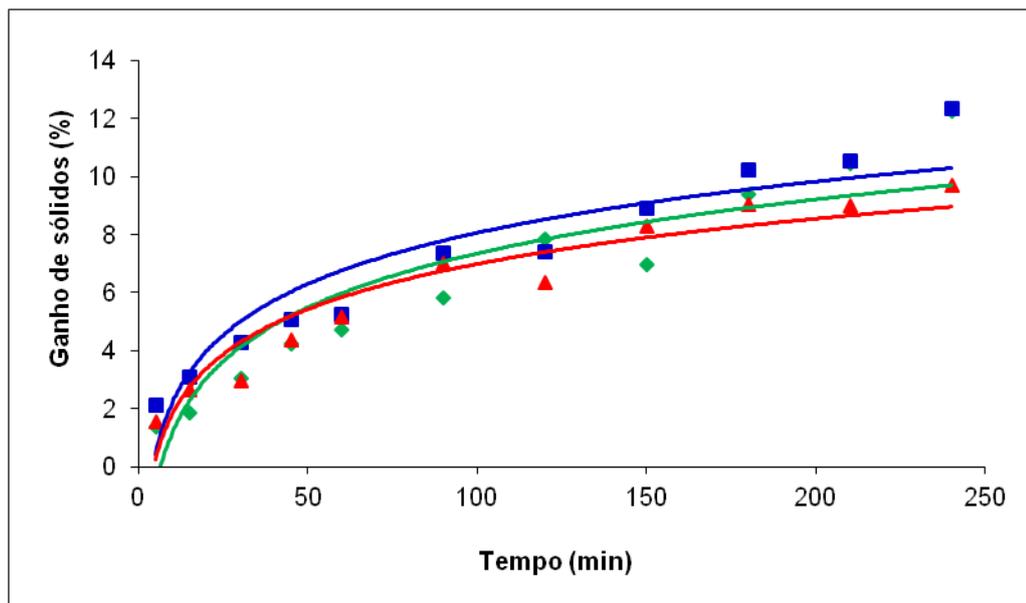


Figura 28b. Ganho de sólidos (%) em função do tempo de desidratação osmótica de amostras de melão em soluções de sorbitol, a 50 °Brix, para valores indicados de temperatura, \blacklozenge , 20 °C; \blacksquare , 30 °C; \blacktriangle , 40 °C.

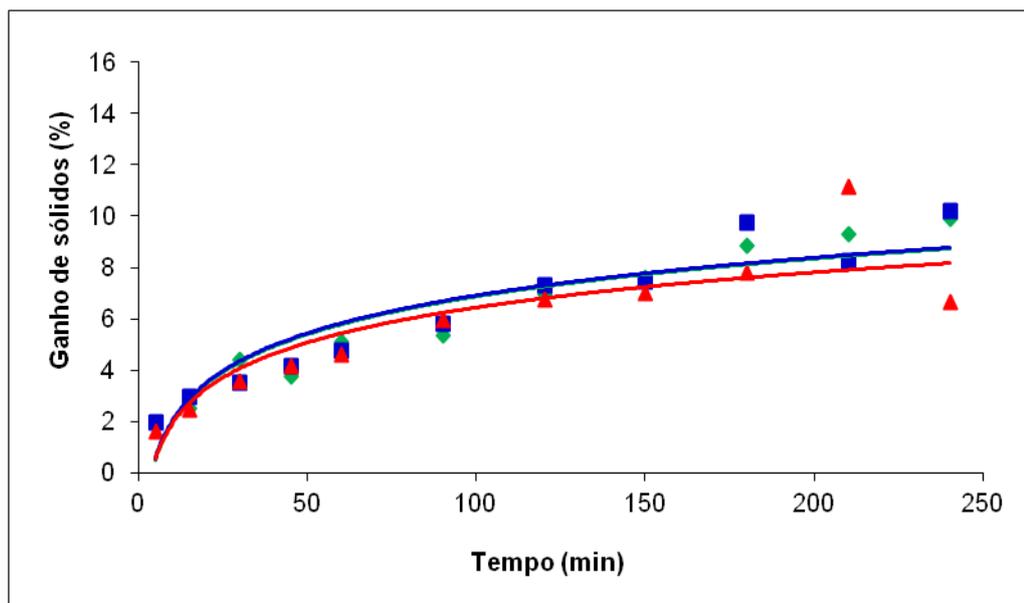


Figura 29a. Ganho de sólidos (%) em função do tempo de desidratação osmótica de amostras de melão em soluções de sacarose, a 60 °Brix, para valores indicados de temperatura, \blacklozenge , 20 °C; \blacksquare , 30 °C; \blacktriangle , 40 °C.

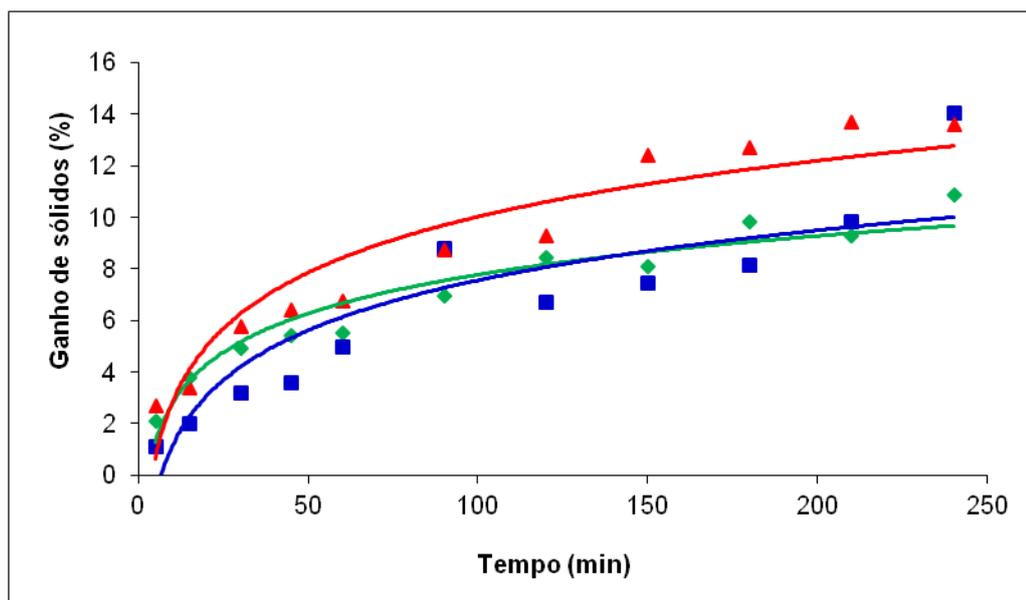


Figura 29b. Ganho de sólidos (%) em função do tempo de desidratação osmótica de amostras de melão em soluções de sorbitol, a 60 °Brix, para valores indicados de temperatura, \blacklozenge , 20 °C; \blacksquare , 30 °C; \blacktriangle , 40 °C.

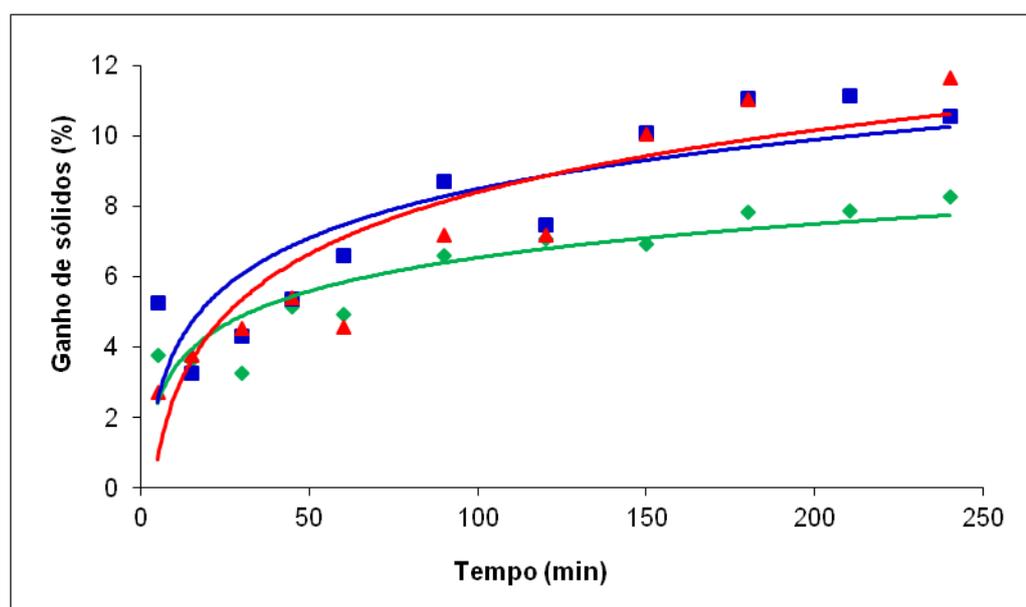


Figura 30a. Ganho de sólidos (%) em função do tempo de desidratação osmótica de amostras de melão em soluções de sacarose, a 70 °Brix, para valores indicados de temperatura, \blacklozenge , 20 °C; \blacksquare , 30 °C; \blacktriangle , 40 °C.

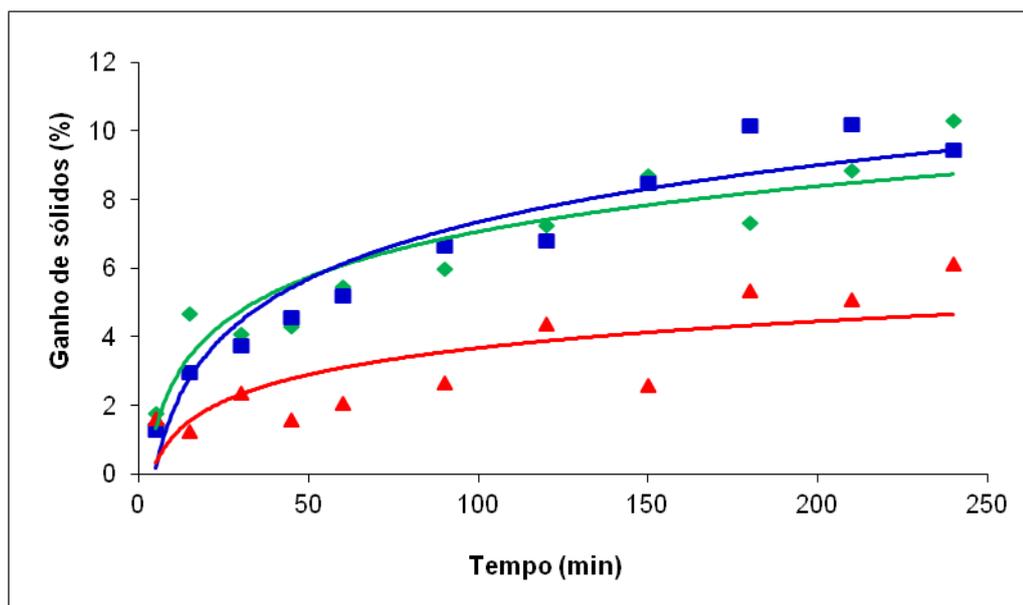


Figura 30b. Ganho de sólidos (%) em função do tempo de desidratação osmótica de amostras de melão em soluções de sorbitol, a 70 °Brix, para valores indicados de temperatura, \blacklozenge , 20 °C; \blacksquare , 30 °C; \blacktriangle , 40 °C.

Ferrari et al. (2005), Tonon et al. (2006) e El-Aouar et al. (2006) observaram que a temperatura foi o fator que mais influenciou no ganho de sólidos, na desidratação de melão, tomate e mamão, respectivamente. O aumento da temperatura altera e eleva a permeabilidade da membrana celular e diminui a viscosidade da solução osmótica, permitindo maior ingresso de soluto na amostra.

O efeito da temperatura (20, 30 e 40 °C) sobre a redução de massa durante a desidratação osmótica de amostras de melão em soluções de sacarose e sorbitol a 40, 50, 60 e 70 °Brix pode ser verificado nas Figuras 31 a 34, respectivamente. Nas soluções de sacarose, um dos efeitos observáveis da temperatura sobre a redução de massa foi a obtenção de menores valores de μ a 20 °C, quando comparadas com os valores obtidos a 30 e 40 °C, para todos os valores de concentração da solução, com exceção de 70 °Brix, em que praticamente não houve efeito da temperatura. No entanto, quando a temperatura aumentou de 30 para 40 °C, maiores valores de μ a 40 °C só foram observados a 50 e 60 °Brix. Novamente, o efeito da temperatura sobre a redução de massa em soluções de sorbitol ficou sensivelmente mais aparente que em soluções de sacarose. Nesse caso, quanto maior a temperatura de desidratação maior a redução de massa. Esse fato pode ser atribuído ao aumento na degradação do

tecido celular do produto e diminuição da viscosidade da solução desidratante (Rodrigues e Mauro, 2004), que facilitam a transferência de massa no processo, acarretando, conseqüentemente, maior perda de água e reduzindo a massa do produto.

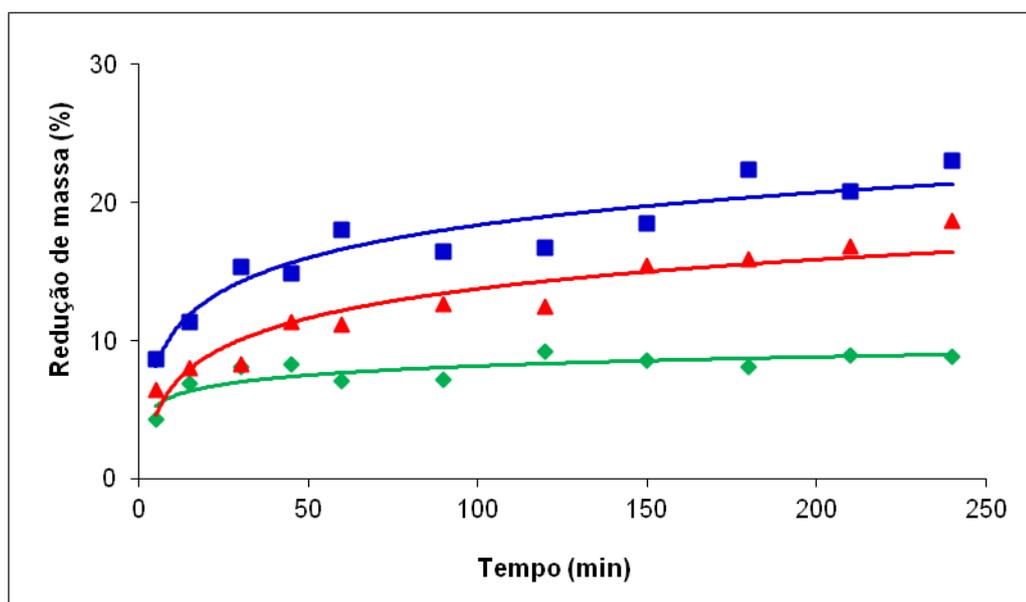


Figura 31a. Redução de massa (%) em função do tempo de desidratação osmótica de amostras de melão em soluções de sacarose, a 40 °Brix, para valores indicados de temperatura, \blacklozenge , 20 °C; \blacksquare , 30 °C; \blacktriangle , 40 °C.

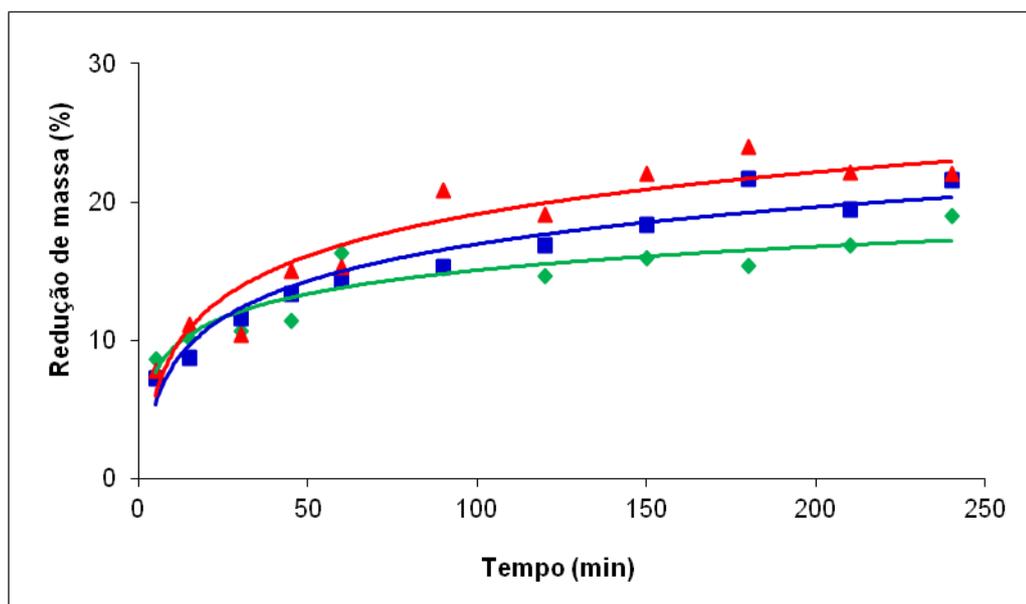


Figura 31b. Redução de massa (%) em função do tempo de desidratação osmótica de amostras de melão em soluções de sorbitol, a 40 °Brix, para valores indicados de temperatura, \blacklozenge , 20 °C; \blacksquare , 30 °C; \blacktriangle , 40 °C.

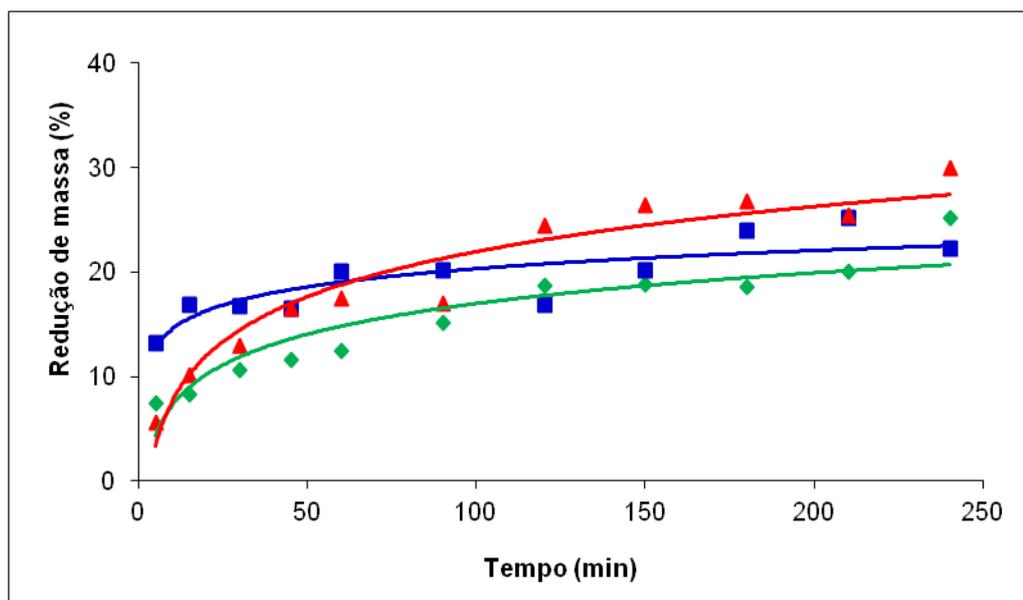


Figura 32a. Redução de massa (%) em função do tempo de desidratação osmótica de amostras de melão em soluções de sacarose, a 50 °Brix, para valores indicados de temperatura, \blacklozenge , 20 °C; \blacksquare , 30 °C; \blacktriangle , 40 °C.

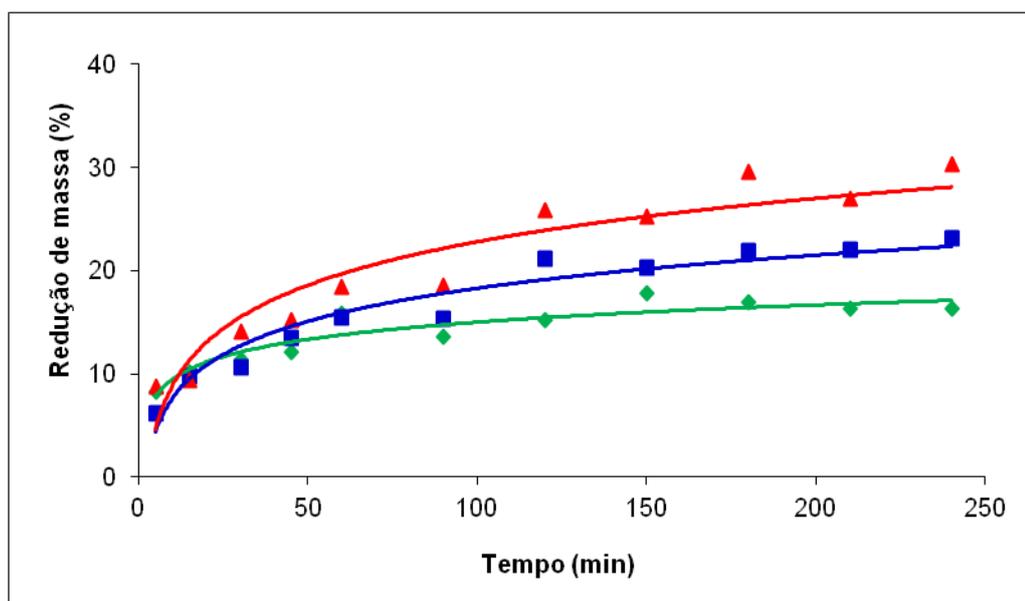


Figura 32b. Redução de massa (%) em função do tempo de desidratação osmótica de amostras de melão em soluções de sorbitol, a 50 °Brix, para valores indicados de temperatura, \blacklozenge , 20 °C; \blacksquare , 30 °C; \blacktriangle , 40 °C.

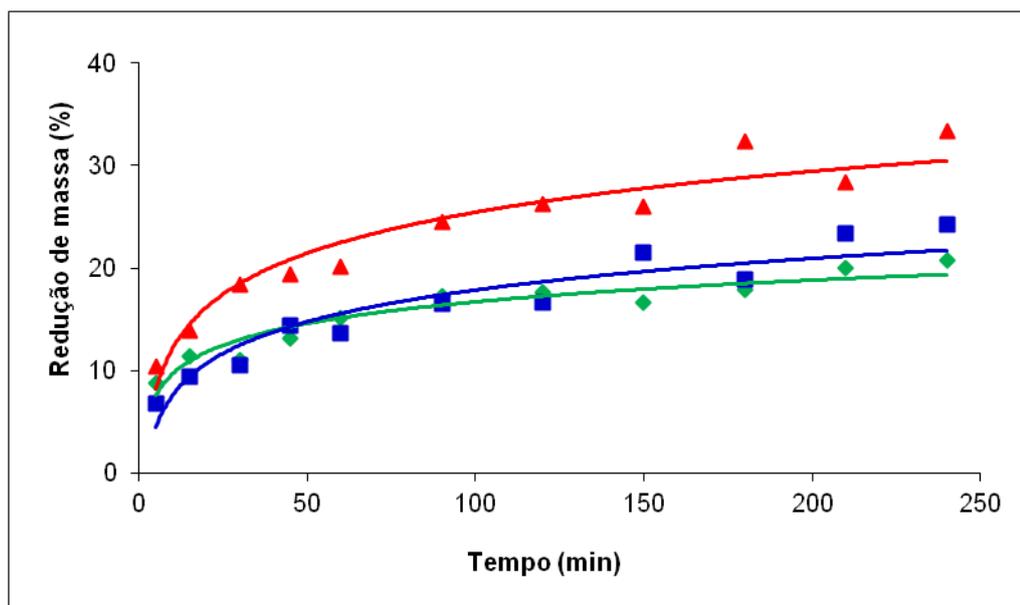


Figura 33a. Redução de massa (%) em função do tempo de desidratação osmótica de amostras de melão em soluções de sacarose, a 60 °Brix, para valores indicados de temperatura, \blacklozenge , 20 °C; \blacksquare , 30 °C; \blacktriangle , 40 °C.

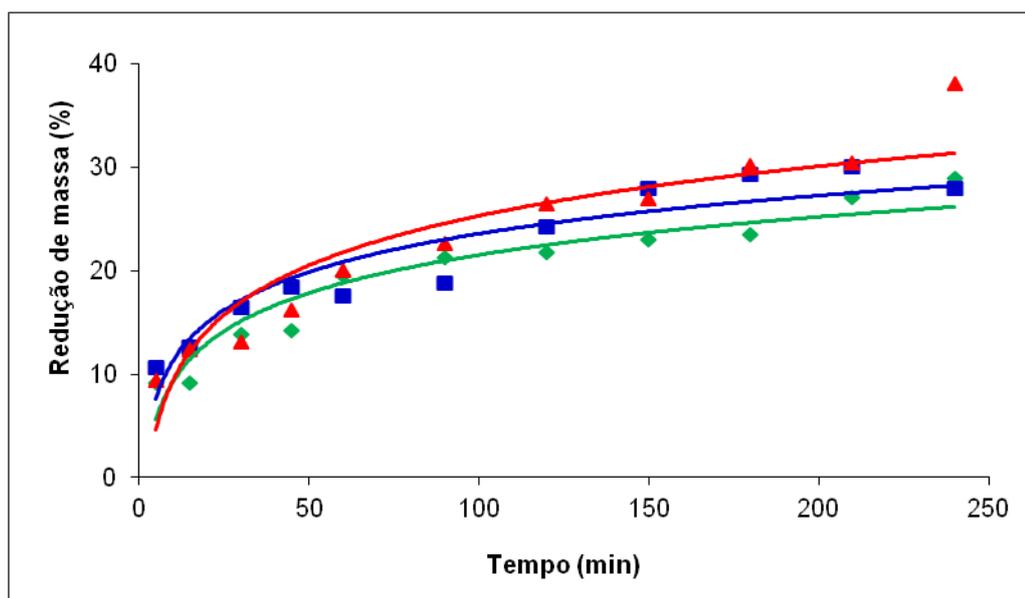


Figura 33b. Redução de massa (%) em função do tempo de desidratação osmótica de amostras de melão em soluções de sorbitol, a 60 °Brix, para valores indicados de temperatura, \blacklozenge , 20 °C; \blacksquare , 30 °C; \blacktriangle , 40 °C.

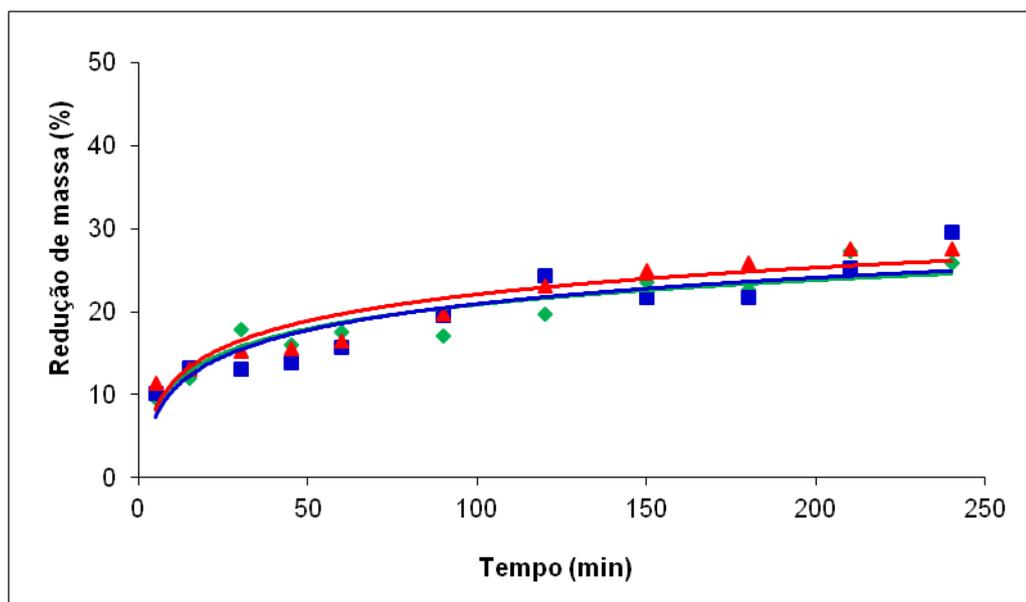


Figura 34a. Redução de massa (%) em função do tempo de desidratação osmótica de amostras de melão em soluções de sacarose, a 70 °Brix, para valores indicados de temperatura, \blacklozenge , 20 °C; \blacksquare , 30 °C; \blacktriangle , 40 °C.

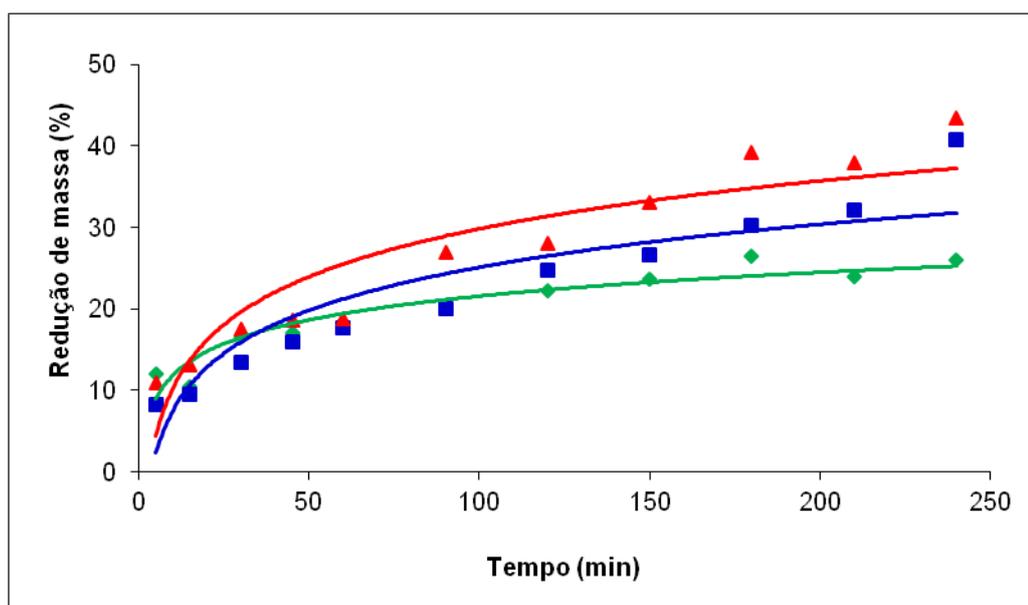


Figura 34b. Redução de massa (%) em função do tempo de desidratação osmótica de amostras de melão em soluções de sorbitol, a 70 °Brix, para valores indicados de temperatura, \blacklozenge , 20 °C; \blacksquare , 30 °C; \blacktriangle , 40 °C.

Os dados obtidos estão de acordo com os relatados por Queiroz et al. (2010), que, ao desidratarem goiabas, obtiveram valores de redução de massa maiores nas amostras que tiveram maior perda de água. Esse efeito também foi observado por Panadés et al. (2006), em que a redução de massa variou no intervalo de 16% a 37% para amostras desidratadas entre 30 e 50 °C, em solução de sacarose a 65 °Brix, por 3 h.

Em geral, para uma mesma temperatura de desidratação, soluções de sorbitol provocaram maior redução de massa que as soluções de sacarose. Dos dados obtidos para redução de massa em pedaços de melão, na maior concentração de solução utilizada (70 °Brix) os valores encontrados ao final de 4 h de desidratação foram de 28% e 44% para soluções de sacarose e sorbitol, respectivamente.

Silva (2007), em trabalho com acerolas, verificou que o comportamento da redução de massa tende a ser proporcional à retirada de água. Os valores médios de redução de massa ao final do processo osmótico (12 h) foram de 33%, 26% e 29% para as três proporções fruto/solução (sacarose) estudadas, ou seja, 1:4, 1:10 e 1:15.

Ao contrário dos valores aqui obtidos, El-Aouar et al. (2006) observaram que a temperatura da desidratação osmótica praticamente não influenciou na redução de massa durante a desidratação osmótica de mamão em soluções de xarope de milho e sacarose.

Córdova (2006), em experimentos realizados com solução de sorbitol, observou, para maçã comercial, redução média de água de 30%. Para maçã industrial foi observada redução média de massa de 27%. Conclui-se, portanto, que distintos comportamentos podem ser atribuídos aos diferentes tipos de tecido vegetal e condições de experimentação.

A melhoria da qualidade dos produtos desidratados osmoticamente está relacionada à remoção da água e também à impregnação de solutos, em que a perda de água (ω) é o fator de maior interesse e o ganho de sólidos (δ) serve de indicativo de desempenho, uma vez que não se deseja incorporação excessiva de sólidos no produto para que este mantenha as características da fruta *in natura* (Costa et al., 2010). Para avaliar essa condição, Alves (2003) e Silva (2007) utilizaram o adimensional δ/ω , em que menores valores desta relação garantem a maior perda de água, com o menor ganho de sólidos.

Na Tabela 4 são apresentados os valores da perda de água (ω), do ganho de sólidos (δ), da redução de massa (μ) e da relação δ/ω , dos tratamentos realizados, sob agitação de 60 rpm, depois de 4 h de desidratação osmótica.

Considerando-se todas as observações realizadas anteriormente e tendo em vista a finalidade de se manter as características do produto o mais próximo possível do fruto *in natura*, acredita-se que o melhor tratamento para desidratação osmótica de melão é o que utilizou solução de sorbitol a 70 °Brix, com desidratação a 40 °C, por 4 h, com agitação de 60 rpm, que apresentou o valor de 0,12 para a relação δ/ω . Porém, valores próximos a este foram observados para os tratamentos que utilizaram solução de sacarose a 50 e 60 °Brix, na mesma temperatura, tempo e agitação de processo, sendo estes valores de 0,17 e 0,16, respectivamente.

Tabela 4. Perda de água (ω), ganho de sólidos (δ), redução de massa (μ) e relação δ/ω após 4 h de desidratação osmótica de pedaços de melão.

Variáveis independentes		Variáveis dependentes			
Tratamento	Temperatura da D.O. (°C)	ω	δ	μ	δ/ω
Sacarose (40 °Brix)	20	15,77	6,95	8,82	0,44
	30	32,25	9,26	22,99	0,28
	40	26,14	7,48	18,66	0,28
Sacarose (50 °Brix)	20	31,86	6,65	25,21	0,20
	30	31,53	9,32	22,20	0,29
	40	36,19	6,23	29,95	0,17
Sacarose (60 °Brix)	20	30,65	9,90	20,75	0,32
	30	34,36	10,19	24,17	0,29
	40	39,96	6,63	33,33	0,16
Sacarose (70 °Brix)	20	34,12	8,28	25,84	0,24
	30	40,18	10,56	29,62	0,26
	40	39,20	11,66	27,54	0,29
Sorbitol (40 °Brix)	20	25,96	6,99	18,97	0,26
	30	31,85	10,26	21,60	0,32
	40	33,63	11,59	22,04	0,34
Sorbitol (50 °Brix)	20	28,54	12,25	16,29	0,42
	30	35,48	12,35	23,13	0,34
	40	40,00	9,69	30,31	0,24
Sorbitol (60 °Brix)	20	39,87	10,87	29,01	0,27
	30	42,00	14,06	27,94	0,33
	40	51,65	13,60	38,05	0,26
Sorbitol (70 °Brix)	20	36,40	10,29	26,10	0,28
	30	50,30	9,46	40,84	0,18
	40	49,67	6,14	43,53	0,12

4.3. Modelagem matemática da transferência de massa

Nas Tabelas 5 e 6 encontram-se os coeficientes das equações dos modelos de Azuara e colaboradores e Page Modificado, respectivamente, para cada tratamento, obtidos por regressão não-linear, Tabelas 2A, 3A e 4A (Apêndice), e os valores dos parâmetros estatísticos R^2 (coeficiente de determinação) e η (erro percentual absoluto médio) utilizados para avaliar a adequação dos modelos matemáticos apresentados.

Tabela 5. Coeficientes obtidos para o modelo de Azuara e colaboradores (S_1 , S_2 , ω_∞ , δ_∞) e os correspondentes parâmetros de erro (R^2 e η), para estimativa de perda de água (ω) e ganho de sólidos (δ), durante a desidratação osmótica de pedaços de melão em soluções de sacarose e sorbitol, para concentrações e temperaturas indicadas.

Soluto	°Brix	T (C°)	ω_∞	S_1	η	R^2	δ_∞	S_2	η	R^2
Sacarose	40	20	15,4651	0,0727	8,27	0,89	9,5516	0,0108	12,01	0,97
Sacarose	40	30	30,2749	0,0464	20,21	0,94	12,3143	0,0082	29,49	0,93
Sacarose	40	40	27,3974	0,0276	25,82	0,86	9,5779	0,0157	22,02	0,95
Sacarose	50	20	34,3100	0,0174	37,24	0,76	10,9943	0,0063	73,29	0,79
Sacarose	50	30	29,5944	0,0869	26,91	0,79	15,7880	0,0047	16,20	0,97
Sacarose	50	40	41,9782	0,0155	13,99	0,88	99,9626	0,0003	133,18	0,78
Sacarose	60	20	30,2023	0,0416	28,10	0,92	12,9371	0,0109	20,21	0,90
Sacarose	60	30	37,2926	0,0209	22,98	0,84	13,0094	0,0109	17,54	0,88
Sacarose	60	40	43,0678	0,0322	24,85	0,89	10,9153	0,0145	23,65	0,83
Sacarose	70	20	33,4813	0,0543	11,75	0,77	8,6685	0,0353	31,11	0,94
Sacarose	70	30	40,6239	0,0292	22,24	0,87	13,1420	0,0192	27,16	0,86
Sacarose	70	40	43,1140	0,0264	15,91	0,84	17,1987	0,0089	20,59	0,84
Sorbitol	40	20	25,2273	0,0445	23,89	0,93	13,4283	0,0050	37,99	0,96
Sorbitol	40	30	34,9478	0,0223	17,28	0,95	16,5477	0,0061	25,62	0,95
Sorbitol	40	40	37,9205	0,0242	23,36	0,96	18,0929	0,0057	21,32	0,93
Sorbitol	50	20	29,1968	0,0378	42,38	0,98	21,4527	0,0045	14,91	0,91
Sorbitol	50	30	39,7659	0,0208	27,65	0,93	15,9363	0,0097	30,31	0,92
Sorbitol	50	40	46,9137	0,0179	20,93	0,96	12,8153	0,0117	58,51	0,93
Sorbitol	60	20	41,6490	0,0260	15,37	0,91	11,7881	0,0205	24,13	0,95
Sorbitol	60	30	46,5584	0,0214	13,03	0,91	20,7897	0,0050	22,20	0,85
Sorbitol	60	40	59,0254	0,0151	27,50	0,90	18,3922	0,0117	39,16	0,98
Sorbitol	70	20	36,1530	0,0452	16,36	0,96	10,6397	0,0208	17,41	0,89
Sorbitol	70	30	63,3125	0,0100	18,17	0,92	13,5085	0,0116	33,82	0,96
Sorbitol	70	40	62,0145	0,0114	18,06	0,91	10,8498	0,0044	29,14	0,79

ω_∞ = perda de água no equilíbrio; S_1 = constante do modelo relacionada à perda de água; δ_∞ = ganho de sólido no equilíbrio; S_2 = constante do modelo relacionada à incorporação de sólidos.

Tabela 6. Coeficientes obtidos para o modelo de Page modificado (S_1 , S_2 , ω_∞ , δ_∞) e os correspondentes parâmetros de erro (R^2 e η), para estimativa de perda de água (ω) e ganho de sólidos (δ), durante a desidratação osmótica de pedaços de melão em soluções de sacarose e sorbitol, para concentrações e temperaturas indicadas.

Solução	°Brix	T (C°)	ω_∞	K	η	R^2	δ_∞	K_s	η	R^2
Sacarose	40	20	13,9451	0,0512	13,00	0,78	7,2192	0,0119	13,88	0,96
Sacarose	40	30	26,8357	0,0328	22,68	0,92	8,9252	0,0098	30,85	0,93
Sacarose	40	40	23,4502	0,0216	26,84	0,83	7,5824	0,0157	22,74	0,96
Sacarose	50	20	27,9792	0,0157	38,07	0,70	7,8239	0,0078	64,57	0,76
Sacarose	50	30	26,9505	0,0582	28,78	0,74	10,6901	0,0064	17,04	0,97
Sacarose	50	40	33,5298	0,0149	17,10	0,84	87,8249	0,0003	131,59	0,78
Sacarose	60	20	26,7892	0,0287	29,91	0,90	9,9539	0,0114	22,04	0,88
Sacarose	60	30	31,0244	0,0179	24,20	0,79	9,9348	0,0117	18,77	0,88
Sacarose	60	40	37,2948	0,0245	27,06	0,83	8,5927	0,0146	24,97	0,83
Sacarose	70	20	30,0812	0,0359	15,34	0,63	7,6627	0,0243	31,62	0,94
Sacarose	70	30	35,3482	0,0213	24,46	0,87	10,8300	0,0170	28,74	0,87
Sacarose	70	40	37,3369	0,0195	19,05	0,83	12,9674	0,0098	22,14	0,82
Sorbitol	40	20	22,4735	0,0303	25,45	0,92	8,9526	0,0070	37,12	0,96
Sorbitol	40	30	29,1831	0,0190	19,18	0,93	11,5185	0,0078	25,92	0,95
Sorbitol	40	40	31,9199	0,0202	24,76	0,95	12,8646	0,0070	22,60	0,93
Sorbitol	50	20	25,6186	0,0274	43,82	0,98	14,6074	0,0061	14,82	0,90
Sorbitol	50	30	32,8872	0,0183	30,37	0,92	12,0621	0,0106	31,85	0,90
Sorbitol	50	40	38,0716	0,0166	23,20	0,96	9,7487	0,0128	62,83	0,93
Sorbitol	60	20	35,1268	0,0217	17,11	0,89	9,7473	0,0179	25,78	0,94
Sorbitol	60	30	38,9236	0,0181	16,50	0,90	14,5394	0,0064	22,56	0,84
Sorbitol	60	40	47,1182	0,0145	29,79	0,88	14,1436	0,0123	40,70	0,98
Sorbitol	70	20	32,2671	0,0304	19,29	0,96	8,9100	0,0174	19,26	0,87
Sorbitol	70	30	48,3422	0,0107	19,79	0,90	10,3326	0,0125	34,59	0,96
Sorbitol	70	40	48,3563	0,0115	19,77	0,92	7,5855	0,0056	28,81	0,80

ω_∞ = perda de água na condição de equilíbrio; K= parâmetro do modelo para perda de água; δ_∞ = ganho de sólido na condição de equilíbrio; K_s = parâmetro do modelo para ganho de sólidos.

O modelo de Page modificado, depois de análise estatística preliminar, foi novamente modificado para sua utilização no presente trabalho, uma vez que os valores dos coeficientes do modelo n (para perda de água) e m (para ganho de sólidos) foram desconsiderados, pois seus valores foram muito baixos, tendendo a zero. Dessa forma, ambos os modelos contêm dois coeficientes apenas, k e k_s , para ser determinados por regressão não-linear.

De acordo com os dados apresentados nas Tabelas 5 e 6, observa-se que o modelo de Azuara foi o que obteve maiores valores de R^2 e menores valores de η para perda de água e ganho de sólidos, mostrando ser o modelo com melhor previsão dos dados experimentais obtidos.

Para as equações das curvas que descrevem a perda de água pelo modelo de Azuara, os valores de R^2 obtidos variaram de 76% a 98%. A variação correspondente para o modelo de Page modificado foi de 70% a 98%. Para o ganho de sólidos, os valores de R^2 obtidos pelo modelo de Azuara variaram de 78% a 98%, e os obtidos com o modelo de Page modificado variaram de 76% a 98%.

Kaymak-Ertekin e Sultanoglu (2000) também utilizaram o modelo de Azuara para o ajuste dos dados experimentais na desidratação osmótica de maçãs em diferentes concentrações e composição da solução osmótica, com temperatura variando de 20 a 50 °C. Os valores de R^2 obtidos para perda de água variaram entre 88,6% a 99,9% e para ganho de sólidos de 88,1% a 99,3%.

Barbosa Jr. et al. (2003), trabalhando com desidratação de abóbora e cenoura, mostraram que o modelo de Azuara se ajustou bem aos dados experimentais de perda de água e ganho de sólidos e foi considerado satisfatório para prever o comportamento dessas propriedades, com valores de R^2 de 98% para perda de água e 99% para ganho de sólidos e valores de η abaixo de 10%.

Ferrari et al. (2005) também obtiveram resultados utilizando o modelo de Azuara, que foi capaz de prever a cinética de transferência de massa do processo osmótico de cubos de melão de maneira satisfatória com valores de R^2 superiores a 97%. Os dados experimentais para perda de água resultaram em modelo com melhor ajuste que aqueles do ganho de sólidos.

Brandelero et al. (2005), desidratando osmoticamente abacaxi com revestimento comestível, ao ajustarem os dados experimentais ao modelo de Azuara, obtiveram valores de R^2 acima de 92% na representação dos dados de redução de massa, perda de água e ganho de sólidos.

Silva et al. (2003), desidratando banana da terra, concluíram que o modelo proposto por Page foi superior para expressar o comportamento da desidratação osmótica, obtendo-se R^2 entre 98,7% e 99,8% para perda de água e entre 83,7% a 98,3% para ganho de sólidos.

Apesar do melhor desempenho do modelo de Azuara na descrição do processo, observa-se que o desempenho do modelo de Page também o qualifica para representar a desidratação osmótica de amostras de melão, para as condições avaliadas, uma vez que os valores de R^2 obtidos são semelhantes aos obtidos por outros autores (Silva et al., 2003; Eler et al., 2009).

El-Aouar e Murr (2003), em trabalho com desidratação osmótica de mamão, concluíram que o modelo de Azuara mostrou-se bastante preditivo para a obtenção dos valores de perda de água no equilíbrio, apresentando valores de R^2 de 99% e de erro percentual absoluto médio muito satisfatórios, de 6,32 a 8,36. De acordo com Neto et al. (1995), valores de erro médio abaixo de 10% indicam ajuste adequado de modelos para propósitos práticos.

Por definição, o erro é a diferença algébrica entre um valor medido e o valor verdadeiro da variável mensurada e é causado por imperfeições ou influências externas originadas na medição (Balbinot e Brusamarello, 2006).

De acordo com as Tabelas 5 e 6, observa-se que os valores de η obtidos para perda de água, pelos modelos de Azuara e Page modificado, variaram entre 8% e 42% e de 13 a 44%, respectivamente. Para o ganho de sólidos os intervalos correspondentes foram de 12% a 133% e de 14% a 132%. Nota-se, portanto, que os valores do erro percentual absoluto ficaram acima de 10% em sua maioria. Sabe-se que a perda de água e o ganho de sólidos são, principalmente, controlados pelas características da matéria-prima e, em se tratando de material biológico, há grande variabilidade, dependendo da amostra utilizada e das condições da experimentação. A falta de padronização de ensaios e a inexistência de modelos matemáticos detalhados que possam eliminar ou minimizar a influência de fatores específicos relacionados às condições dos ensaios podem, muitas vezes, levar a resultados limitados para determinada situação.

Antonio (2002), em trabalho com desidratação osmótica de banana nanica e mamão formosa, observou que, para ambas as frutas, os dados de equilíbrio previstos pelo modelo de Azuara situaram-se mais próximos do valor experimental obtido para 30 e 36 h de desidratação osmótica. O modelo foi utilizado para ajustar os dados experimentais, com valores de erro percentual absoluto médio de 4,4% a 4,7% para perda de água e de 1,2% a 1,9% para o ganho de sólidos na desidratação de banana nanica. Na desidratação de mamão formosa, os intervalos de ω e δ foram de 3,0% a 6,9% e de 12% a 14%, respectivamente.

Park et al. (2002) obtiveram valores de erro relativo de 43% na avaliação do modelo que apresentou melhor ajuste entre os valores experimentais e os valores estimados durante a desidratação osmótica de pêra D'Anjou. Eler et al.

(2009), trabalhando com desidratação de fatias de maçã verde, constataram que tanto o modelo de Azuara quanto o de Page modificado conseguiram descrever satisfatoriamente a perda de água e o ganho de sólidos, apresentando valores de R^2 maiores que 98% e desvios relativos médios inferiores a 10%.

Sendo assim, devido aos valores elevados de η , verificados no presente trabalho, conclui-se que as variações experimentais de ω e δ ao longo da desidratação osmótica de amostras de melão, para as condições avaliadas, não podem ser descritas com o grau de acurácia desejável para fins de engenharia pelos modelos avaliados. Esse resultado sugere que a utilização exclusiva do R^2 para a comparação de modelos pode não ser um procedimento adequado. De qualquer forma, apesar do valor elevado do parâmetro de erro avaliado (η), considerou-se que a análise da dispersão dos resíduos pudesse ser útil na estimativa da confiabilidade dos modelos estudados. Dionello et al. (2009) afirmaram que os modelos podem ser considerados satisfatórios se, na descrição das curvas experimentais, os resíduos obtidos deverem-se, exclusivamente, a erros aleatórios de medição das variáveis envolvidas.

Apresentam-se, nas Figuras 35 a 38, a dispersão dos resíduos, em função dos valores estimados da perda de água (ω_{est}) e ganho de sólidos (δ_{est}), referentes aos modelos de Azuara e Page modificado, respectivamente. Observa-se que a dispersão dos resíduos foi aleatória em ambos os casos, indicando que não houve influência de eventuais variáveis não-controladas durante o processo.

Tendo em vista a similaridade dos modelos quanto à predição da cinética da perda de água e do ganho de sólidos, como também na magnitude dos erros e na dispersão dos resíduos, considera-se que qualquer dos modelos testados podem ser utilizados para descrição da transferência de massa na desidratação osmótica das amostras de melão, em soluções de sacarose e sorbitol, para as temperaturas e concentrações avaliadas neste trabalho.

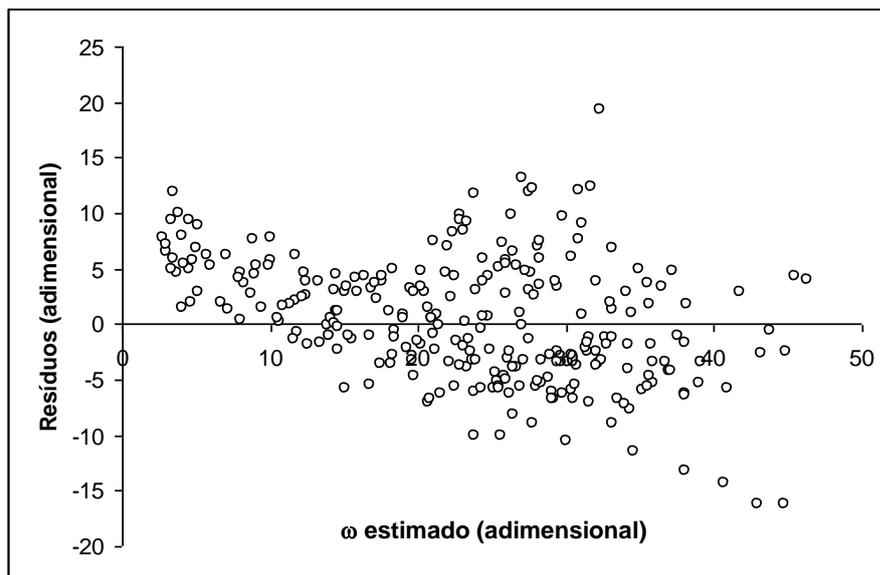


Figura 35. Dispersão dos resíduos ($\omega_{\text{exp}} - \omega_{\text{est}}$) obtidos a partir da utilização do modelo de Azuara, na estimativa dos valores de perda de água, durante a desidratação osmótica de melão em soluções de sacarose e sorbitol.

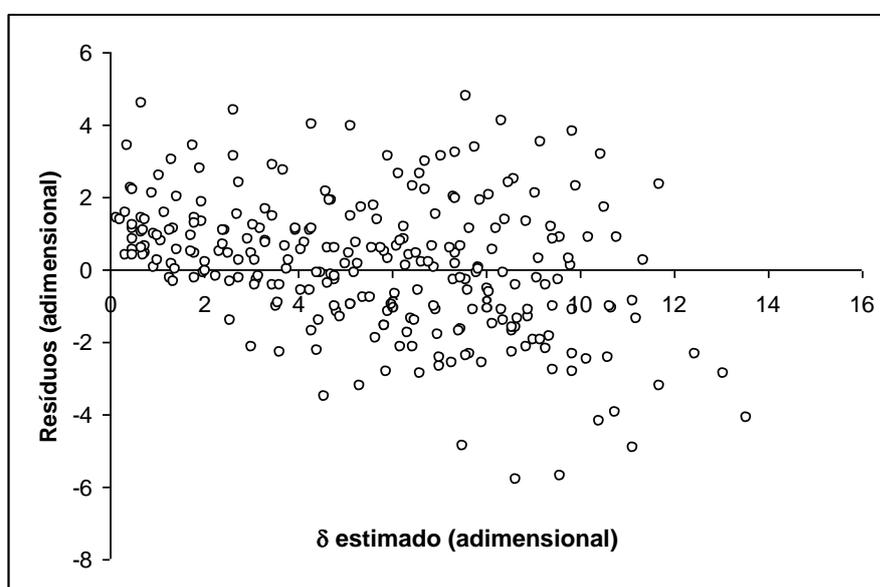


Figura 36. Dispersão dos resíduos ($\delta_{\text{exp}} - \delta_{\text{est}}$) obtidos a partir da utilização do modelo de Azuara, na estimativa dos valores de ganho de sólidos, durante a desidratação osmótica de melão em soluções de sacarose e sorbitol.

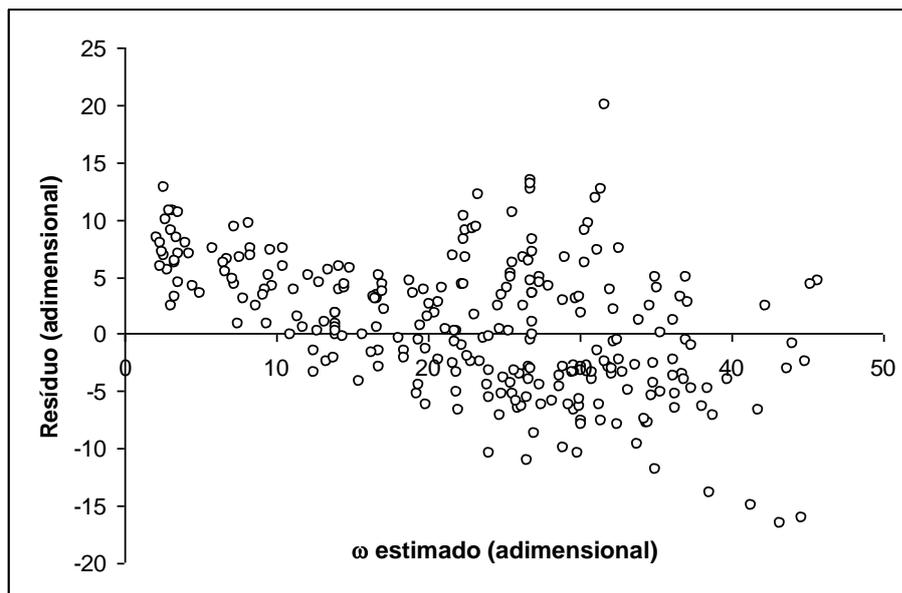


Figura 37. Dispersão dos resíduos ($\omega_{\text{exp}} - \omega_{\text{est}}$) obtidos a partir da utilização do modelo de Page modificado, na estimativa dos valores de perda de água, durante a desidratação osmótica de melão em soluções de sacarose e sorbitol.

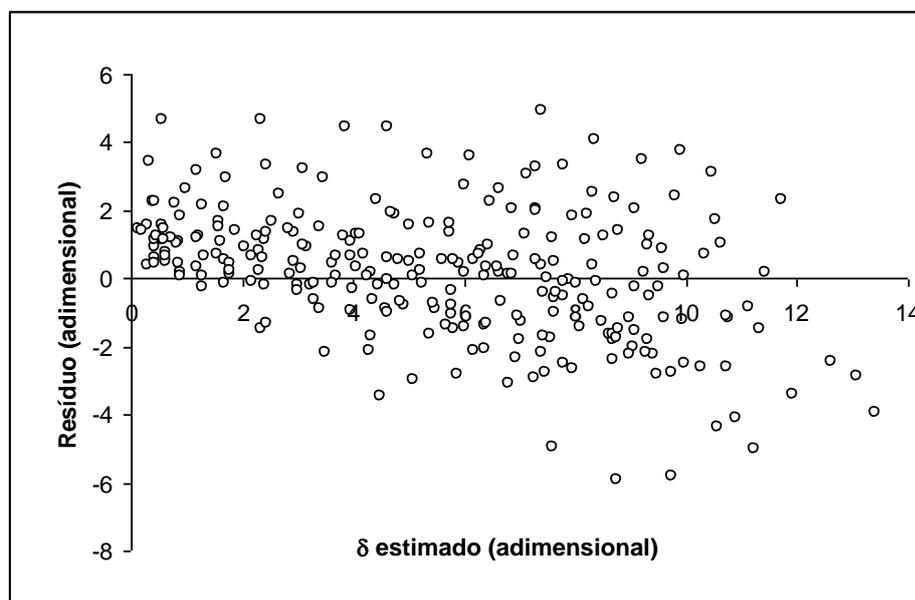


Figura 38. Dispersão dos resíduos ($\delta_{\text{exp}} - \delta_{\text{est}}$) obtidos a partir da utilização do modelo de Page modificado, na estimativa dos valores de ganho de sólidos, durante a desidratação osmótica de melão em soluções de sacarose e sorbitol.

Os gráficos apresentados nas Figuras 39 a 42 são referentes à correspondência entre valores de perda de água e ganho de sólidos obtidos experimentalmente e através dos modelos matemáticos de Azuara e Page

modificado. Nestas figuras, a linha contínua representa a correspondência ideal entre estes dois valores.

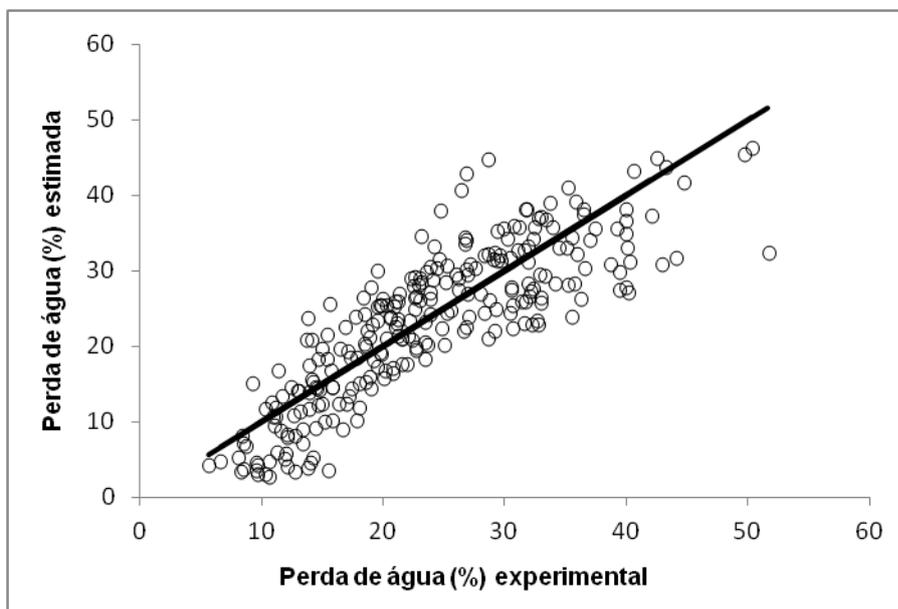


Figura 39. Gráfico de correspondência entre os valores de perda de água determinados experimentalmente e aqueles estimados a partir da utilização do modelo de Azuara, para amostras de melão desidratadas osmoticamente em soluções de sacarose e sorbitol.

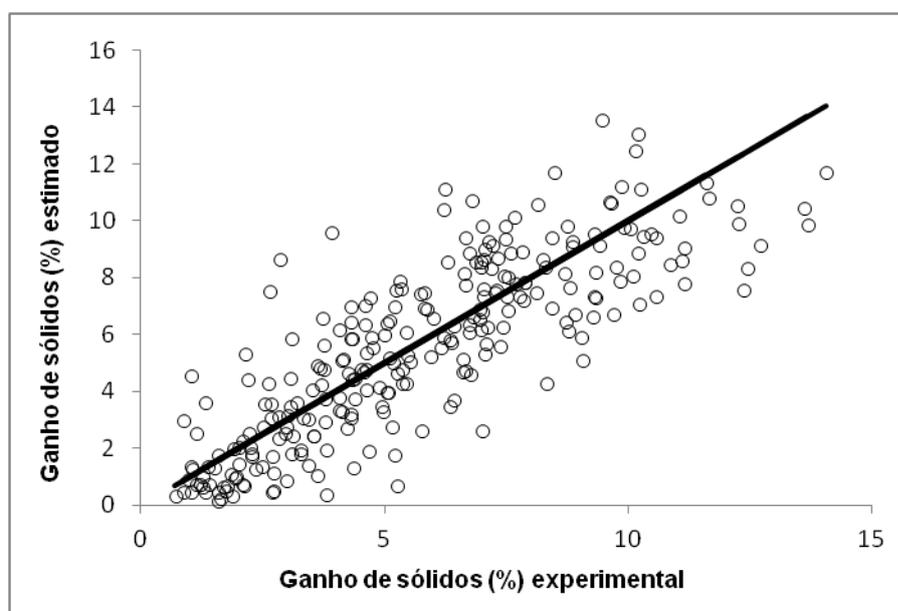


Figura 40. Gráfico de correspondência entre os valores de ganho de sólidos determinados experimentalmente e aqueles estimados a partir da utilização do modelo de Azuara, para amostras de melão desidratadas osmoticamente em soluções de sacarose e sorbitol.

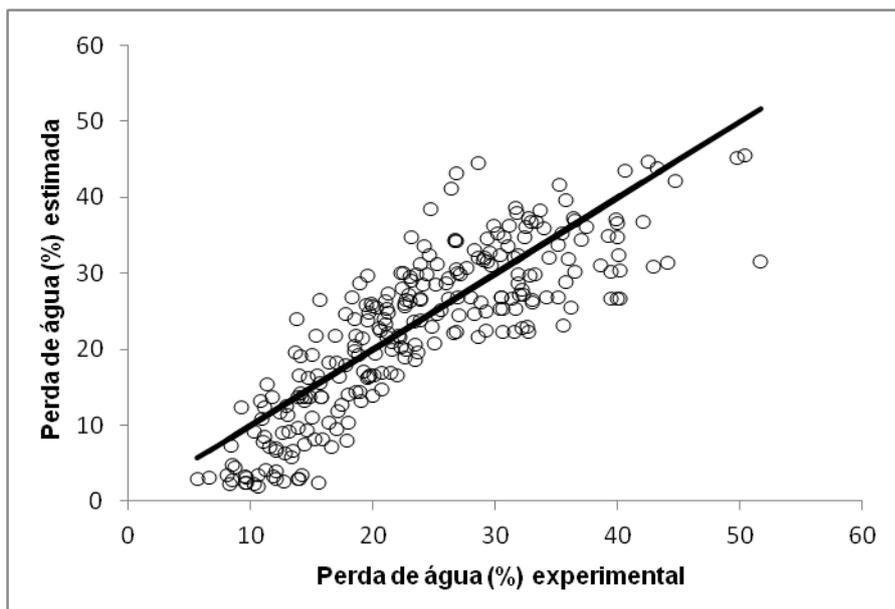


Figura 41. Gráfico de correspondência entre os valores de perda de água determinados experimentalmente e aqueles estimados a partir da utilização do modelo de Page modificado, para amostras de melão desidratadas osmoticamente em soluções de sacarose e sorbitol.

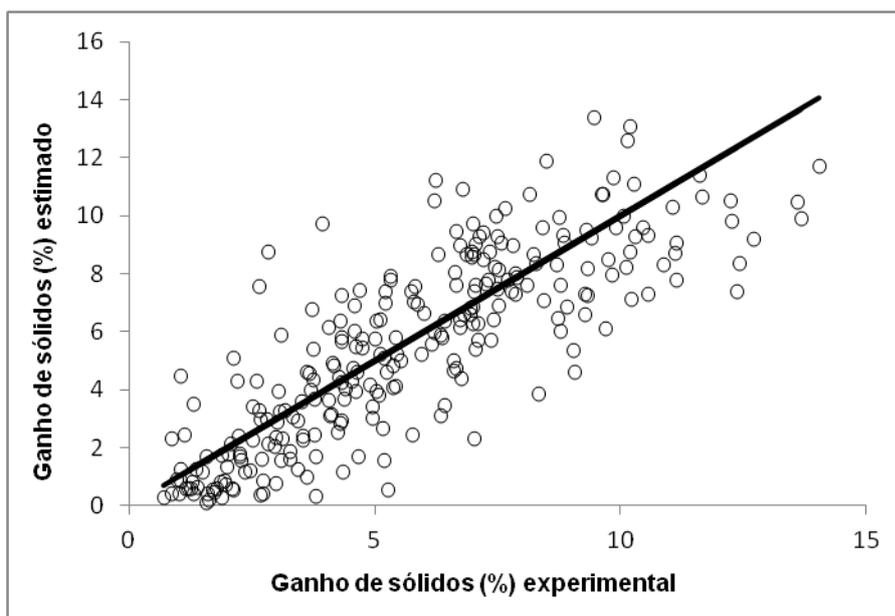


Figura 42. Gráfico de correspondência entre os valores de ganho de sólidos determinados experimentalmente e aqueles estimados a partir da utilização do modelo de Page modificado, para amostras de melão desidratadas osmoticamente em soluções de sacarose e sorbitol.

4.4. Análise de textura instrumental de melão

A análise de variância evidenciou que os tratamentos tiveram efeito significativo sobre os valores de textura (força de corte) observados, como apresentado nas Figuras 43 e 44.

Observa-se, portanto, que houve aumento significativo da força requerida para cortar os pedaços de melão depois da secagem em estufa, passando de 32,4 N, para o produto *in natura*, para 57,5 N, para o produto depois da secagem em estufa. Cano-Chauca et al. (2002) afirmam que a dureza é modificada em função do teor de água e que a textura de um produto é suave no início do processo de secagem, mas, ao final do processo, torna-se firme em razão de o produto estar com teor de água mais baixo. Essa justificativa é comprovada pelos valores de teor de água inicial para o produto *in natura*, como aqueles obtidos depois de cada tratamento, mostrados na Tabela 7.

O aumento na força de corte em função da desidratação osmótica de goiabas, com posterior secagem por convecção, foi também observada por Sousa et al. (2003), em que a força de corte aumentou de 23,4 para 221,1 N após a secagem. Germer et al. (2011), ao desidratar osmoticamente pêssego em solução de sacarose, também observaram variação da textura instrumental, com aumento de três vezes na força de corte para o produto seco em relação aquele *in natura*.

No presente trabalho, para as amostras submetidas à desidratação osmótica em soluções de sacarose, não foi observada diferença significativa nos valores de textura. Porém, quando comparados com os valores obtidos para amostras que foram posteriormente secadas em estufa, houve diferença significativa nos valores de textura (força de corte) (Figura 43). O mesmo ocorreu para as amostras desidratadas osmoticamente em soluções de sorbitol e posteriormente secadas (Figura 44).

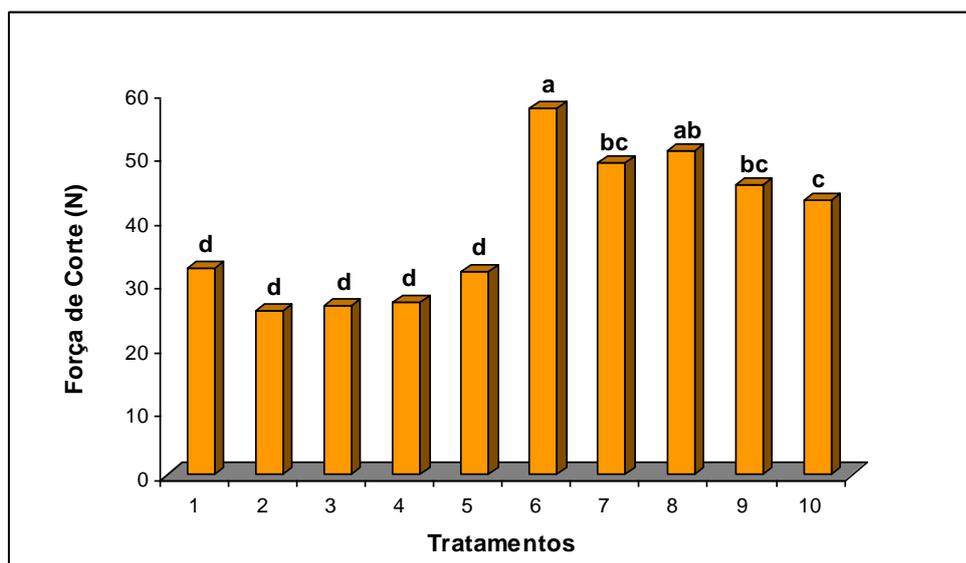


Figura 43. Análise de textura instrumental de pedaços de melão *in natura* e desidratados osmoticamente em soluções de sacarose, sob os tratamentos indicados. 1. *in natura*; 2. Desidratado a 40 °Brix; 3. Desidratado a 50 °Brix; 4. Desidratado a 60 °Brix; 5. Desidratado a 70 °Brix; 6. *in natura* com posterior secagem; 7. Desidratado a 40 °Brix com posterior secagem; 8. Desidratado a 50 °Brix com posterior secagem; 9. Desidratado a 60 °Brix com posterior secagem; 10. Desidratado a 70 °Brix com posterior secagem. Médias com letras iguais na mesma coluna não diferem significativamente a $p < 0,05$, segundo o teste de Tukey.

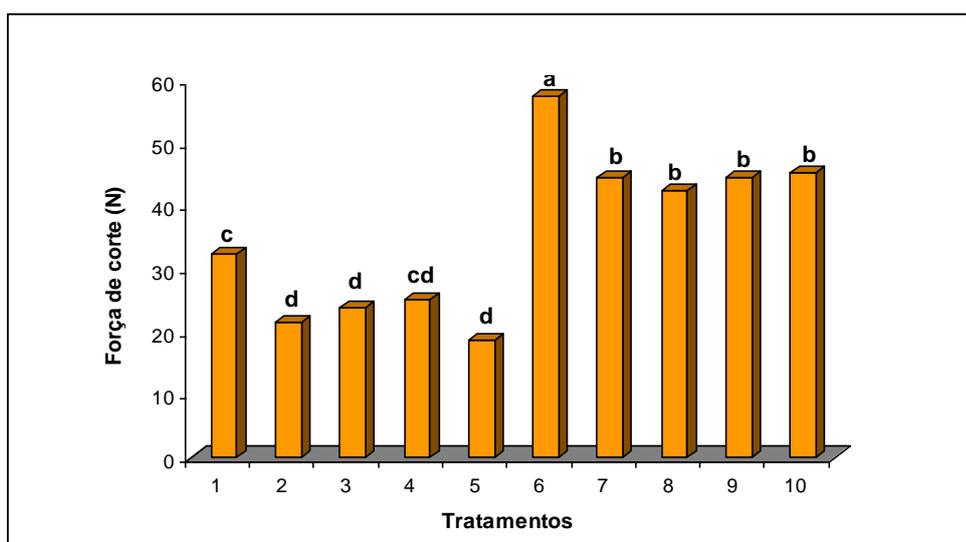


Figura 44. Análise de textura instrumental de pedaços de melão *in natura* e desidratados osmoticamente em soluções de sorbitol, sob os tratamentos indicados. 1. *in natura*; 2. Desidratado a 40 °Brix; 3. Desidratado a 50 °Brix; 4. Desidratado a 60 °Brix; 5. Desidratado a 70 °Brix; 6. *in natura* com posterior secagem; 7. Desidratado a 40 °Brix com posterior secagem; 8. Desidratado a 50 °Brix com posterior secagem; 9. Desidratado a 60 °Brix com posterior secagem; 10. Desidratado a 70 °Brix com posterior secagem. Médias com letras iguais na mesma coluna não diferem significativamente a $p < 0,05$, segundo o teste de Tukey.

Tabela 7. Teor de água inicial de amostras de melão *in natura*, desidratadas osmoticamente soluções de sacarose e sorbitol, com e sem secagem posterior.

Tratamento	Teor de água inicial (% b.u)	
	Sacarose	Sorbitol
<i>in natura</i>	88,2	88,2
Desidratado a 40° Brix	72,4	76,4
Desidratado a 50° Brix	69,2	74,5
Desidratado a 60° Brix	65,7	69,3
Desidratado a 70° Brix	62,6	64,0
<i>in natura</i> , com posterior secagem	18,2	18,2
Desidratado a 40° Brix com posterior secagem	13,3	21,9
Desidratado a 50° Brix com posterior secagem	12,3	14,0
Desidratado a 60° Brix com posterior secagem	25,2	26,2
Desidratado a 70° Brix com posterior secagem	18,3	16,0

Resultados similares foram mencionados por Ferrari et al. (2011) ao desidratarem melão em solução de sacarose ou maltose com adição de lactato de cálcio. No processo osmótico realizado apenas com sacarose houve redução significativa da textura das frutas. Tal ocorrência também foi relatada por Prinzivalli et al. (2006) em morangos desidratados osmoticamente.

As mudanças estruturais no alimento durante o processo osmótico provocam diferenças nas propriedades óticas e mecânicas, que estão relacionadas com a aparência (Figura 45 e 46) e com a textura, respectivamente. Essas mudanças se devem, principalmente, aos fluxos de perda de água e ganho de sólidos e a fatores químicos e enzimáticos, como decomposição da pectina presente na parede celular (Torreggiani e Bertolo, 2001; Talens et al., 2002).

Durante o processamento, a utilização de aquecimento também provoca a perda de turgor e compromete a integridade da membrana, além de provocar a dissolução da parede celular e da lamela média, o que aumenta ainda mais o amolecimento do alimento processado (Stolle-Smithes et al., 2000), como ficou evidenciado pelos menores valores de força de corte obtidos com os pedaços de melão que foram apenas desidratados osmoticamente.

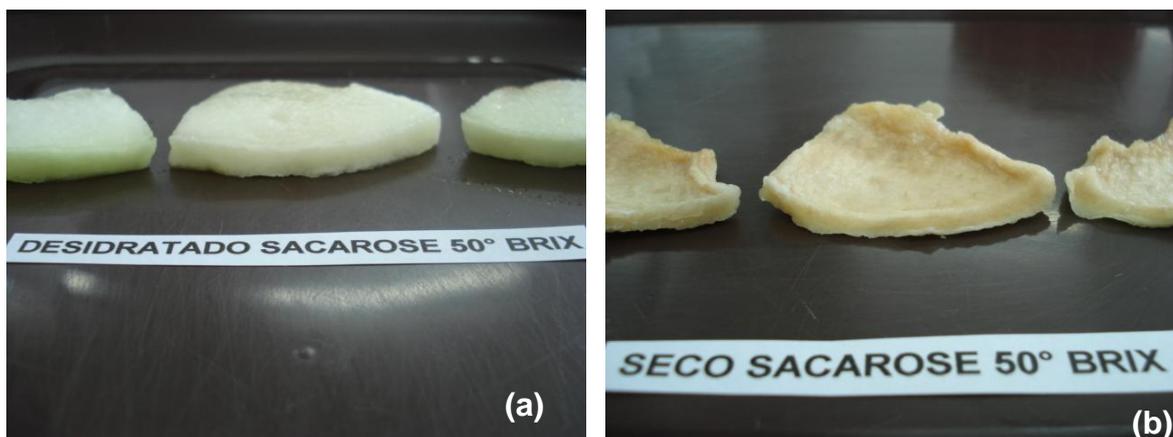


Figura 45. Amostras de melão desidratadas em solução de sacarose a 50° Brix (a) e desidratadas em solução de sacarose a 50° Brix com posterior secagem em estufa (b).

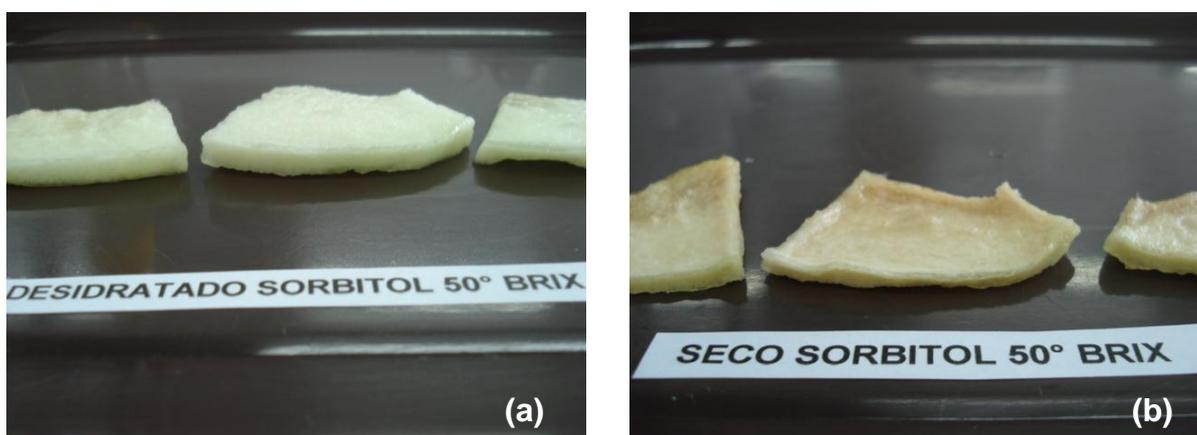


Figura 46. Amostras de melão desidratadas em solução de sorbitol a 50° Brix (a) e desidratadas em solução de sorbitol a 50° Brix com posterior secagem em estufa (b).

Os resultados obtidos para as amostras de melão desidratados e depois secados em estufa também podem ser justificados pela descrição feita por Canochauca et al. (2002), que relacionaram a dureza com o teor de água do produto, ou seja, quanto menor o teor de água, mais firme é a textura do produto. Esse fato foi observado com as amostras de melão desidratadas e posteriormente secadas, que apresentaram teor de água inicial menor do que as amostras de melão que foram apenas desidratadas (Tabela 7).

Para a amostra *in natura* e secada posteriormente, foi observado o maior valor de força de corte, mesmo esta apresentando teor de água maior do que das amostras que foram desidratadas e posteriormente secadas. Neste caso, pode-se

considerar que alimentos são sistemas complexos, pois não são compostos puros, mas sim uma combinação de uma grande variedade de componentes, tais como carboidratos, lipídeos, proteínas, fibras e água. De acordo com Roos (1995), o estado físico dos alimentos, geralmente, é governado pela transição de fase dos seus principais componentes. Uma vez que a água é o principal componente e diluente na grande maioria dos alimentos, ela deve afetar, significativamente, o estado físico e as propriedades dos demais compostos (Leite et al., 2005).

5. CONCLUSÕES

- Em geral, o aumento da concentração da solução e da temperatura do processo proporcionou maior perda de água e redução de massa, porém aumentou também o ganho de sólidos.
- O melão desidratado osmoticamente em solução de sorbitol apresentou maior perda de água em relação ao desidratado em solução de sacarose.
- Os menores índices δ/ω foram obtidos na desidratação osmótica a 40 °C, em solução de sacarose a 50 e 60 °Brix e na desidratação em solução de sorbitol, a 30 e 40 °C, a 70 °Brix.
- Os modelos matemáticos de Azuara e Page Modificado mostraram-se razoavelmente adequados para prever a perda de água e o ganho de sólidos nas amostras de melão ao fim de 4 h de desidratação.
- A força de corte (textura instrumental) foi afetada significativamente durante o tratamento osmótico e na secagem em estufa, sofrendo alterações por influência do teor de água final da amostra de melão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agnelli, M. E., Marani, C. M., Mascheroni, R. H. (2005) Modeling of heat and mass transfer during (osmo) dehydrofreezing of fruits. *Journal of Food Engineering*, Oxford, n.69, p. 415-424.
- Agrianual 2010 – *Anuário da Agricultura Brasileira* (2010). AgraFNP Pesquisas Ltda, São Paulo, 520p.
- Alam, M. S., Amarjit, S., Sawhney, B. K. (2010) Response surface optimization of osmotic dehydration process for aonla slices. *Journal Food Science Technology*, v.47, n.1, p. 47–54.
- Almeida, F. C. A., Ribeiro, C. F. A., Tobinaga, S., Gomes, J. P. (2005) Otimização do processo de secagem osmótica na obtenção de produtos secos da manga Tommy Atkins. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.9, n. 4, p. 576-584.
- Alves, D. G., Barbosa, J. L., Antonio, G. C., Murr, F. E. X. (2005) Osmotic dehydration of acerola fruit (*Malpighia puniceifolia* L.). *Journal of Food Engineering*, v.68, p. 99-103.
- Alves, D. G. (2003) *Obtenção de acerola (Malpighia puniceifolia L.) em passa utilizando processos combinados de desidratação osmótica e secagem*. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas - SP, 186p.
- Amami, E., Khezami, L., Vorobiev, E., Kechaou, N. (2008) Effect of pulsed electricfield and osmotic dehydration pretreatment on the convective drying of carrot tissue. *Drying Technology*, London, v.26, n.2, p. 231-238.
- Andrade, S. A. C., Neto, B. B., Nóbrega, A. C., Azoubel, P. M., Guerra, N. B. (2007) Evaluation of water and sucrose diffusion coefficients during osmotic dehydration of jenipapo (*Genipa americana* L.). *Journal of Food Engineering*, v.78, n.1, p. 551-555.

- Andrade, S. A. C., Metri, J. C., Neto, B. B., Guerra, N. B. (2003) Desidratação osmótica do jenipapo (*Genipa americana* L.). *Ciência Tecnologia de Alimentos*, Campinas, n.2, v.23 p. 276-281.
- Angelini, R. (2002) *Desidratação osmótica de kiwi (Actinidia deliciosa L.): estudo da reutilização da solução osmótica*. Dissertação de mestrado em Engenharia de Alimentos, UNICAMP. Campinas, 106p.
- Antonio, G. C., Azoubel, P. M., Murr, F. E. X., Park, K. J. (2008) Osmotic dehydration of sweet potato (*Ipomoea batatas*) in ternary solutions. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 28, n. 3, p. 696-701.
- Antonio, G. C., Kurozawa, L. E., Murr, F. E. X., Park, K. J. (2006) Otimização da desidratação osmótica de batata doce (*Ipomoea batatas*) utilizando metodologia de superfície de resposta. *Brazilian Journal of Food Technology*, v.9, n.2, p. 135-141.
- Antonio, G. C. (2002) *Influência da estrutura celular e da geometria da amostra na taxa de transferência de massa do processo de desidratação osmótica de banana nanica (Musa cavendishi) e de mamão formosa (Carica papaya L.)*. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 121p.
- Anuário Brasileiro da Fruticultura (2008). Editora Gazeta – Anuários Brasileiros de Agronegócio, www.anuarios.com.br, acessado em 05/11/2009.
- Araujo, L. C. (2009) *Otimização da desidratação osmótica de jambo-vermelho (Syrzygium malaccense)*. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos), Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 165p.
- Argandoña, E. J. S. A. (1999) *Desidratação-Impregnação de goiaba por imersão*. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 102p.
- Argandoña, E. J. S. A., Nishiyama, C., Hubinger, M. D. (2002) Qualidade final de melão osmoticamente desidratado em soluções de sacarose com adição de ácidos. *Pesquisa agropecuária brasileira*, 37, p. 1803-1810.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (1995) Teste de comparação múltipla em análise sensorial dos alimentos e bebidas: NBR 13.526. Rio de Janeiro, ABNT, 1995, 9p.
- Association of Official Analytical Chemists (1990a) Method 934.06: Moisture in dried fruits: Final action. Arlington, AOAC.
- Association of Official Analytical Chemists (1990b) Method 932.12: Solids (soluble) in fruits and fruit products: Refractometer method: Final Action 1980. Arlington, AOAC.

- Azeredo, H. M. C., Jardine, J. G. (2000) Desidratação osmótica de abacaxi aplicada à tecnologia de métodos combinados. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v.20, n.1, p. 74-82.
- Azoubel, P. M., Murr, F. E. X. (2004) Mass transfer kinetics of osmotic dehydration of cherry tomato. *Journal of Food Engineering*, v.61, p. 291-295.
- Azuara, E., Beristain, C. I., Garcia, H. S. (1992) Development of a mathematical model to predict kinetics of osmotic dehydration. *Journal Food Science Technology*, v.29, n.4, p. 239-242.
- Azuara, E., Beristain, C. I., Gutiérrez, G. F. (1998) A method for continuous kinetic evaluation of osmotic dehydration. *Food Science and Technology*, v.31, p. 317-321.
- Balbinot, A., Brusamarello, V. J. (2006) *Instrumentação e fundamentos de medidas*. v.1. Rio de Janeiro: LCT.
- Barbosa Jr., J. L., Alves, D. G., Azoubel, P. M., Murr, F. E. X. (2003) Estudo de desidratação osmótica de abóbora utilizando metodologia de superfície de resposta. *Horticultura Brasileira*, v.21, n.2, suplemento CD.
- Biswal, R. N., Bozorgmeher, K., Tompkins, F. D., Liu, X. (1991) Osmotic concentration of green beans prior to freezing. *Journal of Food Science*, v.56, p. 1008-1012.
- Borin, I, Frascareli, E. C., Mauro, M. A., Kimura, M. (2008) Efeito do tratamento osmótico com sacarose e cloreto de sódio sobre a secagem convectiva de abóbora. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, n.28, v.1, p. 39-50.
- Borsato, D., Andrade, C. G. T. J., Pacceola, P. P. A., Pina, M. V. R., Orives, J. R., Spacino, R. R. (2011) Modelagem e simulação da difusão multicomponente durante a desidratação osmótica de pedaços de melão. *Alim. Nutr.*, Araraquara, v.22, n.3, p. 379-389.
- Bourne, M. C. (1982) Food texture and viscosity: Concept and measurement. *New York: Academic Press*, 327p.
- Brandelero, R. P. H., Vieira, A. P., Telis, V. R. N., Telis-Romero, J., Yamashita, F. (2005) Aplicação de revestimento comestível em abacaxis processados por métodos combinados: isoterma de sorção e cinética de desidratação osmótica. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v.25, n.2, p. 285-290.
- Brennan, J. G. (1984) Texture perception and measurement. *Sensory Analysis of foods*. Ed. Piggott, J. R. Elsevier Applied Sci. Publ., p. 59-91.
- Cano-Chauca, M. N. (2000) *Avaliação dos parâmetros de qualidade envolvidos na desidratação da banana (Musa spp. Nanica (AAA))*. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 74p.

- Cano-Chauca, M., Ramos, A. M., Shingheta, P. C. (2002) Color and texture evaluation during banana drying (*Musa spp.*). Servicio de información y documentación alimentaria. *Alimentaria*, Madrid, v.329, p. 153-158.
- Cardoso Andrade, S. A., Barros Neto, B., Nóbrega, A. C., Azoubel, P. M., Guerra, N. B. (2007) Evaluation of water and sucrose diffusion coefficients during osmotic dehydration of jenipapo (*Genipa americana L.*). *Journal of Food Engineering*, v.78, p. 551-555.
- Castelló, M. L., Igual, M., Fito, P. J., Chiralt, A. (2009) Influence of osmotic dehydration on texture, respiration and microbial stability of apple slices (Var. Granny Smith). *Journal of Food Engineering*, v.91, p. 1-9.
- CEAGESP – Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo. (2004) Programa Brasileiro para a Modernização da Horticultura. *Normas de Classificação de Melão*. São Paulo: CEAGESP, Centro de Qualidade em Horticultura, 6p.
- CEAGESP – Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo. (2008) Programa Brasileiro para a Modernização da Horticultura. *Normas de Classificação de Melão*. São Paulo: CEAGESP, Centro de Qualidade em Horticultura, 4p.
- Chavarro-Castrillón, L. M., Ochoa-Martinez, C. I., Ayalaaponte, A. (2006) Efecto de la madurez, geometría y presión sobre la cinética de transferencia de masa en la deshidratación osmótica de papaya (*Carica papaya L. var. Maradol*). *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, n.3, v. 26, p. 596-603.
- Chenlo, F., Moreira, R., Fernández-Herrero, C., Vázquez, G. (2007) Osmotic dehydration of chestnut with sucrose: Mass transfer processes and global kinetics modeling. *Journal of Food Engineering*, v.78, p. 765-774.
- Chiralt, A., Martínez-Navarrete, N., Martínez-Monzó, J., Talens, P., Moraga, G., Ayala, A., Fito, P. (2001) Changes in mechanical properties throughout osmotic process: Cryoprotectant effect. *Journal of Food Engineering*, v.49, p. 129-135.
- Córdova, K. R. V. (2006) *Desidratação osmótica e secagem convectiva de maçã fuji comercial e industrial*. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 167p.
- Costa, N. D., Dias, R. C. S., Faria, C. M. B., Tavares, S. C. C. H., Terão, D. (2000) Cultivo do Melão. Petrolina, Embrapa semi-árido, *Circular técnica*, v.59, 67p.
- Costa, R. A., Souza, C. A., Souza, M. S. S., Nunes, T. P., Chaves, A. C. S. D., Oliveira Júnior, A. M. (2010) Desidratação osmótica da jaca seguida de secagem convectiva. *Anais do 28º Congresso Brasileiro de Engenharia Química*, p. 4345-4354.
- Crank, J. (1975) *The Mathematics of Diffusion*. 2 ed. Clarendon Press, Oxford. 413p.

- Dalla Rosa, M., Giroux, F. (2001) Osmotic treatments (OT) and problems related to the solution management. *Journal of Food Engineering*, v.49, p. 223-236.
- Dermesonlouoglou, E. K., Taoukis, P. S. (2006) Osmodehydrofreezing of sensitive fruit and vegetables: Effect on quality characteristic and shelf life. *13th World Congress of Food Science & Technology*.
- Dermesonlouoglou, E. K., Pourgouri, S., Taoukis, P. S. (2008) Kinetic study of the effect of the osmotic dehydration pre-treatment to the shelf life of frozen cucumber. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, n.9, p. 542-549.
- Dionello, R. G., Berbert, P. A., Molina, M. A. B., Viana, A., Carlesso, V. O., Queiroz, V. A. (2007) Desidratação por imersão - impregnação de abacaxi em soluções de sacarose e em xarope de açúcar invertido. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v.27, n.4, p. 701-709.
- Dionello, R. G., Berbert, P. A., Molina, M. A. B., Pereira, R. C., Viana, A. P., Carlesso, V. O. (2009) Secagem de fatias de abacaxi in natura e pré-desidratadas por imersão-impregnação: cinética e avaliação de modelos. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v.29, n.1, p. 232-240.
- Ebra, M. L., Forni, E., Colonello, A., Giangiacomo, R. (1994) Influence os sugar composition and dehydration levels on the chemical-physical characteristics of osmodehydrofrozen fruit. *Food Chemistry*, v.50, n.1, p. 69-73.
- El-Aouar, Â. A., Azoubel, P. M., Barbosa Jr, J. L., Murr, F. E. X. (2006) Influence of the osmotic agent on the osmotic dehydration of papaya (*Carica papaya* L.). *Journal of Food Engineering*, v.75, n.2, p. 267-274.
- El-Aouar, Â. A. (2005) *Estudo do processo de secagem de mamão formosa (Carica papaya L.) fresco e pré-tratado osmoticamente*. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 215p.
- El-Aouar, Â. A., Murr, F. E. X. (2003) Estudo e modelagem de cinética de desidratação osmótica de mamão formosa (*Carica papaya* L.). *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v.23, n.1, p. 69-75.
- El-Aouar, Â. A. (2001) *Avaliação do processo combinado de desidratação osmótica e secagem na qualidade de cubos de mamão formosa (Carica papaya L.)*. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 113p.
- Eler, F. M., Silva, T. C., Souza, B. M., Mancini, M. C. (2009) Estudo da desidratação osmótica de fatias de maçã verde em batelada. *VIII Congresso Brasileiro de Engenharia Química em Iniciação Científica*, Uberlândia, Minas Gerais.

- Emam-Djomeh, Z., Djelveh, G., Gros, J. B. (2001) Osmotic dehydration of foods in a multicomponent solution Parte I. Lowering of solute uptake in agar gel: diffusion considerations. *Food Science and Technology*, v.34, p. 312-318.
- Eren, I., Kaymak-Ertekin, F. (2007) Optimization of osmotic dehydration of potato using response surface methodology. *Journal of Food Engineering*, v.79, p. 344–352.
- Ertekin, C., Yaldiz, O. (2004) Drying of eggplant and selection of a suitable thin layer drying model. *Journal of Food Engineering*, v.63, p. 349-59.
- Escobar, M. P, Galindo, F. G., Wadso, L., Nájera, J. R., Sjolholm, I. (2007) Effect of long-term storage and blanching pre-treatments on the osmotic kinetics of carrots (*Daucus carota* L. cv. Nerac). *Journal of Food Engineering*, v.81, p. 313-317.
- Falade, K. O., Adedokun, T. A. (2007) Effect of pre-freezing and solutes on mass transfer during osmotic dehydration and colour of oven-dried African star apple during storage. *International Journal of Food Science and Technology*, n.42, p. 394-402.
- Fernandes, F. A. N., Gallão, M. I., Rodrigues, S. (2008) Effect of osmotic dehydration and ultrasound pre-treatment on cell structure: Melon dehydration. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie*, v.41, p. 604-610.
- Ferrando, M., Spiess, W. E. L. (2001) Cellular response of plant tissue during the osmotic treatment with sucrose, maltose, and trehalose solutions. *Journal of Food Engineering*, v.49, p. 115-127.
- Ferrari, C. C., Rodrigues, L. K., Tonon, R. V., Hubinger, M. D. (2005) Cinética de transferência de massa de melão desidratado osmoticamente em soluções de sacarose e maltose. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v.25, n.3, p. 564-570.
- Ferrari, C. C. (2005) *Estudo da transferência de massa e qualidade do melão desidratado osmoticamente em soluções de sacarose e maltose*. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 89p.
- Ferrari, C. C. (2009) *Avaliação do emprego da desidratação osmótica e de cobertura comestível de pectina na estrutura celular e qualidade de melão minimamente processado*. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 164p.
- Ferrari, C. C., Yassui, P. Y., Carmello-Guerreiro, S. M., Hubinger, M. D. (2011) Propriedades mecânicas e estrutura celular de melão desidratado osmoticamente em soluções de sacarose ou maltose, com adição de lactato de cálcio. *Ciência Agrotécnica*, Lavras, v.35, n.4, p. 765-773.
- Ferreira, S. M. R. (2002) *Controle de qualidade em sistemas de alimentação coletiva I*. São Paulo, SP: Livraria Varela, 173p.

- Fizman, S. (1998) *Textura Aplicada a Pães, Biscoitos e Massas Alimentícias: Bases Teóricas de la Determinación de la Textura de Alimentos Sólidos*. (Apostila) CHOCOTEC – ITAL.
- Fito, P., Barat, J. M., Chiralt, A. (2001) Modeling of simultaneous mass transfer and structural changes in fruit tissues. *Journal of Food Engineering*, v.49, p. 77-85.
- Francischi, M. de L. P., Ormenese, R. de C. S., speranza, S. M. (1998) *Textura Aplicada a Pães, Biscoitos e Massas Alimentícias*. (Apostila) – Governo do Estado de São Paulo, Secretaria de agricultura e Abastecimento – ITAL, Campinas.
- Germer, S. P. M., Queiroz, M. R., Aguirre, J. M., Berbari, S. A. G., Anjos, V. D. (2011) Desidratação osmótica de pêssegos em função da temperatura e concentração do xarope de sacarose. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.15, n.2, p. 161–169.
- Gomes, A. T., Cereda, M. P., Vilpoux, O. (2007) Desidratação osmótica: uma tecnologia de baixo custo para o desenvolvimento da agricultura familiar. *Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional*. Taubaté, v.3, n.3, p. 212-226.
- Goularte, V. D. S., Antunes, E. C., Antunes, P. I. (2000) Qualidade da maçã Fuji osmoticamente concentrada e desidratada. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v.20, n.2, p. 160-163.
- Heng, K., Guilbert, S., Cuq, J. L. (1990) Osmotic dehydration of papaya: Influence of process variables on the product quality. *Science des Aliments*, v.10, p. 831-848.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2010) *Levantamento sistemático da produção agrícola*. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acessado em: 08/03/2012.
- IBRAF (2006) Instituto Brasileiro de Frutas. *Estatísticas*. Disponível em: <<http://www.ibraf.org.br>>. Acessado em: em 06/01/09.
- IBRAF (2010) Instituto Brasileiro de Frutas. *Estatísticas*. Disponível em: <<http://www.ibraf.org.br>>. Acessado em: 11/03/2012.
- Instituto Adolfo Lutz (1995) Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz: Métodos Químicos e físicos para análise de alimentos: 3 ed. São Paulo, v.1, 533p.
- Ispir, A., Togrul, I. T. (2009) Osmotic dehydration of apricot: Kinetics and the effect of process parameters. *Chemical Engineering Research and Design*, n.87, p. 166–180.

- Ito, A. P., Cavenachi, M., Bertoldo, C., Park, K. J., Hubinger, M. D. (2007) Efeito do processo de desidratação osmótica a pulso de vácuo na transferência de massa e nas propriedades reológicas e de cor de fatias de manga. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v.27, p. 54-63.
- Ito, A. P. (2007) *Estudo do processo de desidratação osmótica a pulso de vácuo (PVOD) para manga*. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 150p.
- Jena, S., Das, H. (2005) Modelling for moisture variation during osmo-concentration in apple and pineapple. *Journal of Food Engineering*, v.66, p. 425-432.
- Kaymak-Ertekin, F., Sultanoglu, M. (2000) Modelling of mass transfer during osmotic dehydration of apples. *Journal of Food Engineering*, v.46, p. 243-250.
- Khin, M. M., Zhou, W., Perez, C. O. (2007) Impact of process conditions and coatings on the dehydration efficiency and cellular structure of apple tissue during osmotic dehydration. *Journal of Food Engineering*, p. 817-827.
- Khoyi, M. R., Hesari, J. (2007) Osmotic dehydration kinetics of apricot using sucrose solution. *Journal of Food Engineering*, v.78, n.4, p. 1355-1360.
- Kowalska, H., Lenart, A. (2001) Mass exchange during osmotic pretreatment of vegetables. *Journal of Food Engineering*, n.49, p.137-140.
- Kowalski, M. B., Carr, L. G., Tadini, C. C. (2002) Parâmetros físicos e de textura de pão frances produzido na cidade de São Paulo. In: Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos, 18, Anais, Porto Alegre.
- Kluge, R. A., Nachtigal, J. C., Fachinello, J. C., Bilhalva, A. B. (2002) Fisiologia e Manejo Pós-colheita de Frutas de Clima Temperado. *Campinas: Livraria e Editora Rural*, 214p.
- Lazarides, H. N. (1994) Osmotic Preconcentration: Developments and Prospects. In: Singh, R. P. e Oliveira, F. A. R. (Eds.) *Minimal Processing of Foods and Process Optimisation*. An Interface. Boca Raton: CRC Press, p. 73-85.
- Lazarides, H. N. (2001) Reasons and possibilities to control solids uptake during osmotic treatment of fruits and vegetables. *Technomic Publishing Company*, p. 33-42.
- Leite, J. T. C., Murr, F. E. X., Park, K. J. (2005) Transições de fases em alimentos: Influência no processamento e na armazenagem. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, Campina Grande, v.7, n.1, p. 83-96.
- Lenart, A. (1996) Osmo-convective drying of fruits and vegetables: Technology and application. *Drying Technology*, v.14, p. 391-413.

- Li, H., Ramaswamy, H. S. (2006) Osmotic dehydration of apple cylinders: I. Conventional batch processing conditions. *Drying Technology*, v.24, p. 619-630.
- Lima, A. S., Figueiredo, R. W., Maia, G. A., Lima, J. R., Souza Neto, M. A., Souza, A. C. R. (2004) Estudo das variáveis de processo sobre a cinética de desidratação osmótica de melão. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v.24, p. 282-286.
- Machado, P. G. (2007) Cultivo de melão: manejo, colheita, pós-colheita e comercialização. Serviço Nacional de Aprendizagem Rural – SENAR, Brasília, 104p.
- Madamba, P. S., Driscoll, R. H., Buckle, K. A. (1996) Thin layer drying characteristics of garlic slices. *Journal of Food Engineering*, v.29, p. 75-97.
- Maldonado, S., Santapaola, J. E., Singh, J., Torrez, M., Garay, A. (2008) Cinética de la transferencia de masa durante la deshidratación osmótica de yacón (*Smallanthus sonchifolius*) *Ciencia Tecnologia de Alimentos*, n.28, v.1, p. 251-256.
- Mancini, M. C., Ferreira, J. A., Padar, S., Calçado, L. A., Scheid, C. D. (2005) Estudo da transferência de massa na desidratação osmótica de fatias de chuchu. *Rev. Univ. Rural*, Seropédica, v. 24, n. 2, p. 57-66.
- Martim, N. S. P. P. (2006) *Estudo das características de processamento da manga (Mangifera indica L.) variedade Tommy Atkins desidratada*. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Paraná, 76p.
- Martim, N. S. P. P., Waszczynskyj, N., Masson, M. L. (2007) Cálculo das variáveis na desidratação osmótica de manga cv. Tommy Atkins. *Ciência Agrotécnica*, v.31, p. 1755-1759.
- Martins, M. C. P., Cunha, T. L., Silva, M. R. (2008) Efeito das condições da desidratação osmótica na qualidade de passa de caju-do-cerrado. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v.28, p. 158-165.
- Maskan, M. (2001) Kinetics of colour change of kiwifruits during hot air and microwave drying. *Journal of Food Engineering*, v.48, p. 169-175.
- Mauro, M. A., Tavares, D. Q., Menegalli, F. C. (2003) Behavior of plant tissue in osmotic solutions. *Journal of Food Engineering*, v.56, p. 1-15.
- Mayor, L., Cunha, R. L., Sereno, A. M. (2007) Relation between mechanical properties and structural changes during osmotic dehydration of pumpkin. *Food Research International*, v.40, p. 448-460.
- Medeiros, C. D., Cavalcante, J. A., Alsina, O. L. S. (2006) Estudo da desidratação osmótica da fruta da palma (Figo da Índia). *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, Campina Grande, v.8, n.2, p. 153-162.

- Mendlinger, S., Pasternak, D. (1992) Screening for salt tolerance in melons. *HortScience*, v.27, p. 905-907.
- Menezes, J. B. (1996) *Qualidade pós-colheita de melão tipo galia durante a maturação e o armazenamento*. Tese (Doutor em Ciência de Alimentos) - Departamento de Ciência dos Alimentos, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 155p.
- Mercali, G. D. (2009) *Estudo da transferência de massa na desidratação osmótica de banana (Musa sapientum Shum)*. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 163p.
- Mercali, G. D., Kechinski, C. P., Coelho, J. A., Tessaro, I. C., Marczak, L. D. F. (2010) Estudo da transferência de massa durante a desidratação osmótica de mirtilo. *Brazilian Journal of Food Technology*, v.13, n.2, p. 91-97.
- Moreira, R., Sereno, A. M. (2003) Evaluation of mass transfer coefficients and volumetric shrinkage during dehydration of apple using sucrose solutions in static and non-static conditions. *Journal of Food Engineering*, v.57, p. 25-31.
- Moura, C. P. (2004) *Aplicação de redes neuronais para a predição e otimização do processo de secagem de yacon (Pilymnia sonchifolia) com pré-tratamento osmótico*. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia, Curitiba – PR, 98p.
- Mújica-Paz, H., Valdez-Fragoso, A., López-Malo, A., Palou, E., Weltichanes, J. (2003) Impregnation and osmotic dehydration of some fruits: Effects of the vacuum pressure and syrup concentration. *Journal of Food Engineering*, v.57, p. 305-314.
- Neto, B., Scarminio, I. S., Bruns, R. E. (1995) Planejamento e otimização de experimentos. *Campinas: Editora da Universidade Estadual de Campinas*, p. 239-271.
- Neto, M. A. S., Maia, G. A., Lima, J. R., Figueiredo, R. W., Souza Filho, M. S. M., Lima, A. S. (2005) Desidratação osmótica de manga seguida de secagem convencional: avaliação das variáveis de processo. *Revista Ciências Agrotecnológicas*, v.29, n.5, p. 1021-1028.
- Norte, A. R., Santos, I. P., Souza, V. B., Silva, F. J., Alves, K. A., Cano-Chauca, N. (2010) Determinação da textura instrumental em bananas desidratadas. *IX Seminário de Iniciação Científica*, setembro, Campus Universitário Professor Darcy – Unimontes.
- Pachione, R. (2003) Indústria do diet engorda as vendas. *Revista de Química*. Edição nº421 em; <http://www.quimica.com.br/revista/qd419/edulcorantes1.htm>. Acessado em: 18/03/2010.
- Panadés, G., Castro, D., Chiralt, A., Fito, P. Nuñez, M., Jimenez, R. (2009) Mass transfer mechanisms occurring in osmotic dehydration of guava. *Journal of Food Engineering*, n.87, p. 386-390.

- Panadés, G., Fito, P., Aguiar, Y., Villavicencio, M. N., Acosta, V. (2006) Osmotic dehydration of guava: Influence of operating parameters on process kinetics. *Journal of Food Engineering*, v.72, n.4, p.383-389.
- Panagiotou, N., Karathanos, V., Maroulis, Z. (1998) Mass transfer modeling of the osmotic dehydration of some fruits. *Int J Food Sci Technol*, v.33, p.267-284.
- Park, K. J., Bin, A., Brod, F. P. R., Park, T. H. K. B. (2002) Osmotic dehydration kinetics of pear D'anjou (*Pyrus communis* L.). *Journal of Food Engineering*, v.52, p. 293-298.
- Peiró, R., Dias, V. M. C., Camacho, M. M., Martínez-Navarrete, N. (2006) Micro nutrient flow to the osmotic solution during grapefruit osmotic dehydration. *Journal of Food Engineering*, v. 74, p.299-307.
- Peleg, M., (1988) An empirical model for the description of moisture sorption curves. *Journal of Food Science*, v.53, n.4, p. 1216-1219.
- Pereira, L. M. (2006) *Influência da desidratação osmótica com aditivos na estrutura celular e na manutenção da qualidade de goiabas minimamente processadas*. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 178p.
- Pereira, L. M., Ferrari, C. C., Mastrantonio, S. D. S., Rodrigues, A. C. C. (2006) Kinetic aspects, texture, and color evaluation of some tropical fruits during osmotic dehydration. *Drying Technology*, v.24, p. 475-484.
- Pons, M., Fiszman, S. M. (1996) Instrumental texture profile analysis with particular reference to gelled systems. *Journal of Texture Studies*, v.27, p. 597-694.
- Ponting, J. D. (1973) Osmotic dehydration of fruits – Recent modifications and applications. *Process Biochemistry*, v.8, p. 18-20.
- Prinzivalli, C. et al. (2006) Effect of osmosis time on structure, texture and pectin composition of strawberry tissue. *European Food Research and Technology*, v.224, n.1, p. 119-127.
- Queiroz, V. A. V., Berbert P. A., Molina M. A. B., Gravina G. A., Queiroz L. R. (2010) Mecanismos de transferência de massa na desidratação osmótica de goiaba em soluções de sacarose, sucralose e açúcar invertido. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.30, n.4, p. 715-725.
- Queiroz, V. A. V., Berbert P. A., Molina M. A. B., Gravina G. A., Queiroz L. R., Deliza, R. (2007) Desidratação por imersão-impregnação de abacaxi em soluções de sacarose e em xarope de açúcar invertido. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v.27, p. 701-709.

- Ramallo, L. A., Mascheroni, R. H. (2005) Rate of water loss and sugar uptake during the osmotic dehydration of pineapple. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, v.48, n.5, p. 761-770.
- Raoult-Wack, A. L. (1994) Recent advances in the osmotic dehydration of foods. *Trends in Food Science & Technology*, v.5, p. 225-260.
- Raoult-Wack, A. L., Botz, O., Guilbert, S., Rios, G. (1991) Simultaneous water and solute transport in shrinking media – Part 1. Application to dewatering and impregnation soaking process analysis (Osmotic Dehydration). *Drying Technology*, v.9, p. 589-612.
- Rastogi, N. K., Raghavarao, K. S. M. S., Niranjana, K., Knorr, D. (2002) Recent developments in osmotic dehydration: Methods to enhance mass transfer. *Trends in Food Science & Technology*, v.13, p. 48-59.
- Ribeiro, S. C. A., Park, K. J., Hubinger, M. D., Ribeiro, C. F. A., Araujo, E. A. F., Tobinaga, S. (2008) Otimização da desidratação osmótica de filés de mapará (*Hypophthalmus edentatus*) através da metodologia de superfície de resposta. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v.28, p. 485-492.
- Rizzolo, A., Gerli, F. M., Prinzivalli, C., Buratti, S., Torreggiani, D. (2007) Headspace volatile compounds during osmotic dehydration of strawberries (cv. Camarosa): Influence of osmotic solution composition and processing time. *Food Science and Technology*, v.40, p. 529-535.
- Rodrigues, A. E., Mauro, M. A. (2004) Water and sucrose diffusion coefficients in apple during osmotic dehydration. In: *Proceedings of the 14th International Drying Symposium*, São Paulo, v.C, p. 2097-2104.
- Rodrigues, M. G. V. (2004) - Produção e Mercado de Frutas Desidratadas; <http://www.todafruta.com.br/todafruta/mostra_conteudo.asp?conteudo=66> Acessado em: 11/01/10.
- Rodrigues, S., Fernandes, F. A. N. (2007) Dehydration of melons in a ternary system followed by air-drying. *Journal of Food Engineering*, v.80, p. 678- 687.
- Rodrigues, R. C. (2009) *Aproveitamento de xarope residual da desidratação osmótica de abacaxi para o cultivo de Bacillus thuringiensis var. israelensis*. Dissertação (Mestrado), Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 88p.
- Roos, Y. H. (1995) Phase transitions in foods. San Diego, *Califórnia: Academic Press*.
- Sanjines-Argadonã, E. J. (1999) *Desidratação osmótica de goiaba por imersão e secagem*. Dissertação (Mestre em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 102p.

- Sanjines-Argadonã, E. J., Nishiyama, C., Hubinger, M. D. (2002) Qualidade final de melão osmoticamente desidratado em soluções de sacarose com adição de ácidos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.37, n.17, p. 1803-1810.
- Santos, I. P. (2011) *Parâmetros de qualidade na produção de abacaxi desidratado*. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba - MG, 132p.
- Saputra, D. (2001) Osmotic dehydration of pineapple. *Drying Technology*, v.19, p. 415-425.
- Scott-Blair, G. (1958) Rheology in food research. *Advances in Foods Research*, n.8, p. 56.
- Shigematsu, E., Eik, N., Kimura, M., Mauro, M. A. (2005) Influência de pré-tratamentos sobre a desidratação osmótica de carambolas. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v.25, n.3, p. 536-545.
- Silva, H. R., Costa, N. D. (2002) Melão: produção – Aspectos Técnicos. Fortaleza: *Embrapa Agroindústria Tropical*, 146p. (Frutas do Brasil, 33).
- Silva, K. S., Caetano, L. C., Garcia, C. C., Romero, J. T., Santos, A. B., Mauro, M. A. (2011) Osmotic dehydration process for low temperature blanched pumpkin. *Journal of Food Engineering*, v.105, p. 56-64.
- Silva, M. A. C. (2007) *Análise inversa em problema de difusão transiente em acerola (Malpighia punicifolia): Estimação de difusividade mássica efetiva*. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 88p.
- Silva, F. D., Mata, M. E. E. M. C., Duarte, M. E. M., Souza, J. A., Costa e Silva, Y. (2003) Desidratação osmótica de banana da terra (*Musa sapientum*): aplicação de modelos matemáticos. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, n.1, p. 65-70.
- Silva, S., Tassara, H. (1996) *Frutas no Brasil*. São Paulo: Empresa das Artes, 4ª ed. 321p.
- Silveira, E. T. F., Rahman, M. S., Buckle, K. A. (1996) Osmotic dehydration of pineapple: kinetics and product quality. *Food Reseach International*, v.29, p. 227-233.
- Sodré, U. (2007) Modelos Matemáticos, Notas de aulas. Dep. de Matemática da UEL, 27p.
- Sousa, P. H. M., Maia, G. A., Souza Filho, M. S. M., Figueiredo, R. W., Souza, A. C. R. (2003) Goiabas desidratadas osmoticamente seguidas de secagem em estufa. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.25, p. 414-416.
- Sousa, S. (2008) *Obtenção de figos secos por desidratação osmótica e secagem convectiva*. Tese (Doutorado) - Campinas, Universidade Estadual de Campinas, 183p.

- Souza Neto, M. A., Maia, G. A., Lima, J. R., Figueiredo, R. W., Souza Filho, M. S. M., Lima, A. S. (2004) Cinética de desidratação osmótica de manga. *Ciência Agrotécnica*, n.10, v.2, p. 37-44.
- Souza Neto, M. A., Maia, G. A., Lima, J. R., Figueiredo, R. W., Souza Filho, M. S. M., Lima, A. S. (2005) Desidratação osmótica de manga seguida de secagem convencional: Avaliação das variáveis de processo. *Ciência Agrotécnica*, n.5, v.29, p. 1021-1028.
- Souza, A. C. M. et al. (2007) Características físicas, químicas e organolépticas de quiupá (*Tacinga inamoena*, Cactaceae). *Revista Brasileira de Fruticultura*, n.2, v.29, p. 501-509.
- Souza, P. H. M., Maia, G. A., Filho, M. S. M. S., Figueiredo, R. W., Nassu, R. T. Neto, M. A. S. (2003) Influência da concentração e da proporção fruto: xarope na desidratação osmótica de bananas processadas. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v.23, p. 126-130.
- Souza, T. S. (2007) *Desidratação osmótica de frutículos de jaca (Artocarpus integrifolia L.)*. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Estadual da Bahia, Itapetinga, 65p.
- Stolle-Smiths, T., Beekhuizen, J. G., Vorangen, A. G. J., Van Dijk, C. (2000) Preheating effects on the textural strength of canned green beans. 1. Cell wall chemistry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v.48, n.11, p. 5.269-5.277.
- Sun-Waterhouse, D., Teoh, A., Massarotto, C., Wibison, R., Wadhwa, S. (2010) Comparative analysis of fruit-based functional snack bars. *Food Chemistry*, v.119, p. 1369-1379.
- Szczesniak, A. S. (2002) Texture is a sensory property. *Food quality and Preference*, v.13, p. 215-225.
- Szczesniak, A. S. (1998) Sensory texture profiling: historical and scientific perspectives. *Food Technology*, v.52, p. 54-57.
- TACO - Tabela brasileira de composição de alimentos (2006) - Versão II. - 2.ed. - Campinas, SP: NEPA-UNICAMP, 104p.
- Talens, P., Martínez-Navarrete, N., Fito, P., Chiralt, A. (2002) Changes in optical and mechanical properties during osmodehydrofreezing of kiwi fruit. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, v.3, p. 191-199.
- Telis, V. R. N., Murari, R. C. B. D. L., Yamashita, F. (2003) Diffusion coefficients during osmotic dehydration of tomatoes in ternary solutions. *Journal of Food Engineering*, v.61, n.2, p. 253-259.
- Tonon, R. V., Baroni, A. F., Hubinger, M. D. (2006) Estudo da desidratação osmótica de tomate em soluções ternárias pela metodologia de superfície de resposta. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v.26, n.3, p. 715-723.

- Tonon, R. V. (2005) *Influência de variáveis de processo sobre a cinética de desidratação osmótica de tomate em soluções ternárias de cloreto de sódio e sacarose*. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 113p.
- Torreggiani, D. (1993) Osmotic dehydration in fruit and vegetable processing. *Food Research International*, v.26, p. 59-68.
- Torreggiani, D., Bertolo, G. (2001) Osmotic pre-treatments in fruit processing: Chemical, physical and structural effects. *Journal of Food Engineering*, v.49, p. 247-253.
- Tregunno, N. B., Goff, H. D. (1996) Osmodehydrofreezing of apples: Structural and textural effects. *Food Research International*, v.29, 471-479.
- Videv, K., Tanchev, S., Sharma, R. C., Joshi, V. K. (1990) Effect of sugar syrup concentration and temperature on the rate of osmotic dehydration of apples. *Journal of Food Science and Technology*, n.27, p. 307-308.
- Vasconcelos, J. I. L. A. (2010) *Desidratação osmótica de Figo da Índia (Opuntia ficus indica)*. Dissertação (Mestrado em ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal rural de Pernambuco, 76p.
- Ventura, F. C. (2004) *Desenvolvimento de doce de fruta em massa funcional de valor calórico reduzido, pela combinação de goiaba vermelha e yacon desidratados osmoticamente e acerola*. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 217p.

6. APÊNDICE

Tabela 1A – ANOVA do fatorial para perda de água (ω), ganho de sólidos (δ) e redução de massa (μ) dos pedaços de melão em função do tempo de processamento na desidratação por imersão-impregnação.

FV	G.L.	Quadrado médio		
		ω	δ	μ
Tempo	10	5020.180**	515.1874**	1978.408**
Temperatura	2	1541.841**	27.8547**	655.3519**
Soluto	3	2724.028**	116.4122**	167.542**
Concentração	1	1484.19**	98.8650**	127.5644**
Temp*Tcent	20	71.4987**	2.8332**	29.2528**
Temp*Conc	30	51.4133**	2.2857**	47.9793**
Temp*Sol	10	85.9355**	6.5854**	13.9308**
Tcent*Conc	6	152.1087**	33.6828**	265.1248**
Tcent*Sol	2	85.9654**	1.7383 ^{ns}	189.2300**
Conc*Sol	3	101.9172**	166.5626**	395.5644**
Temp*Tcent*Conc	60	8.3662**	2.1765**	23.5449**
Temp*Tcent*Sol	20	7.9441**	1.2568 ^{ns}	15.7646**
Temp*Conc*Sol	30	7.7832**	2.8866**	22.4619**
Tcent*Conc*Sol	6	102.9036**	41.8453**	856.4407**
Temp*Tcent*Conc*Sol	60	7.1617**	2.6021**	25.9870**
Resíduo		2.3389	1.0007	3.2886
CV (%)		6.4684	17.563	10.460

** significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Tabela 2A – Análise de regressão para perda de água dos pedaços de melão em função do tempo de processamento na desidratação por imersão-impregnação.

FV	G.L.	Quadrado médio			
		20°C-sac-40°Brix	20°C-sac-50°Brix	20°C-sac-60°Brix	20°C-sac-70°Brix
Devido à regressão	10	30.8949**	172.7697**	130.4756**	155.7670**
Independente	22	0.21221	1.765685	0.43124	2.505856
		20°C-sor-40°Brix	20°C-sor-50°Brix	20°C-sor-60°Brix	20°C-sor-70°Brix
Devido à regressão	10	87.9184**	121.0260**	265.7344**	179.1487**
Independente	22	0.96998	2.7420	3.6855	1.75026
		30°C-sac-40°Brix	30°C-sac-50°Brix	30°C-sac-60°Brix	30°C-sac-70°Brix
Devido à regressão	10	130.7442**	111.9602**	209.3731**	232.1592**
Independente	22	2.7484	2.7092	1.7982	2.6634
		30°C-sor-40°Brix	30°C-sor-50°Brix	30°C-sor-60°Brix	30°C-sor-70°Brix
Devido à regressão	10	183.6238**	247.5739**	327.7078**	510.7554**
Independente	22	2.7484	2.7092	1.7982	1.9977
		40°C-sac-40°Brix	40°C-sac-50°Brix	40°C-sac-60°Brix	40°C-sac-70°Brix
Devido à regressão	10	111.0615**	276.2154**	277.9354**	266.4366**
Independente	22	1.0435	1.0005	4.301511	2.6764
		40°C-sor-40°Brix	40°C-sor-50°Brix	40°C-sor-60°Brix	40°C-sor-70°Brix
Devido à regressão	10	216.3820**	333.2592**	506.4295**	490.4952**
Independente	22	1.607173	2.08417	1.2005	2.3838

** significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Tabela 3A – Análise de regressão para ganho de sólidos dos pedaços de melão em função do tempo de processamento na desidratação por imersão-impregnação.

FV	G.L.	Quadrado médio			
		20°C-sac-40°Brix	20°C-sac-50°Brix	20°C-sac-60°Brix	20°C-sac-70°Brix
Devido à regressão	10	13.42687**	12.95733**	22.96025**	10.27988**
Independente	22	0.162417	0.570264	0.39816	0.7277
		20°C-sor-40°Brix	20°C-sor-50°Brix	20°C-sor-60°Brix	20°C-sor-70°Brix
Devido à regressão	10	17.4664**	38.33138**	22.3136**	19.0541**
Independente	22	1.5005	0.6783	0.44839	1.3924
		30°C-sac-40°Brix	30°C-sac-50°Brix	30°C-sac-60°Brix	30°C-sac-70°Brix
Devido à regressão	10	18.2667**	22.7485**	23.3952**	24.0395**
Independente	22	0.5649	0.7309	0.9049	3.3167
		30°C-sor-40°Brix	30°C-sor-50°Brix	30°C-sor-60°Brix	30°C-sor-70°Brix
Devido à regressão	10	28.2843**	32.2530**	43.9237**	27.4648**
Independente	22	0.5672	1.4710	1.7016	1.0635
		40°C-sac-40°Brix	40°C-sac-50°Brix	40°C-sac-60°Brix	40°C-sac-70°Brix
Devido à regressão	10	14.8891**	12.5449**	22.0368**	34.8943**
Independente	22	0.3667	1.2778	1.619502	2.1933
		40°C-sor-40°Brix	40°C-sor-50°Brix	40°C-sor-60°Brix	40°C-sor-70°Brix
Devido à regressão	10	31.3903**	24.3998**	49.1235**	9.0389**
Independente	22	0.8143	0.79452	0.83979	1.1181

** significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Tabela 4A – Análise de regressão para redução de massa dos pedaços de melão em função do tempo de processamento na desidratação por imersão-impregnação.

FV	G.L.	Quadrado médio			
		20°C-sac-40°Brix	20°C-sac-50°Brix	20°C-sac-60°Brix	20°C-sac-70°Brix
Devido à regressão	10	5.761011**	97.2219**	47.3726**	90.68859**
Independente	22	1.19658	2.23249	1.57944	4.81178
		20°C-sor-40°Brix	20°C-sor-50°Brix	20°C-sor-60°Brix	20°C-sor-70°Brix
Devido à regressão	10	27.3528**	28.8853**	132.8582**	93.4353**
Independente	22	1.5714	4.0043	4.7874	3.5859
		30°C-sac-40°Brix	30°C-sac-50°Brix	30°C-sac-60°Brix	30°C-sac-70°Brix
Devido à regressão	10	58.3439**	40.1721**	99.3883**	117.2193**
Independente	22	2.6487	3.2427	2.6181	3.6787
		30°C-sor-40°Brix	30°C-sor-50°Brix	30°C-sor-60°Brix	30°C-sor-70°Brix
Devido à regressão	10	72.0878**	102.3734**	146.0829**	3.219.779
Independente	22	0.5672	1.4710	1.7016	1.8630
		40°C-sac-40°Brix	40°C-sac-50°Brix	40°C-sac-60°Brix	40°C-sac-70°Brix
Devido à regressão	10	49.2510**	179.8620**	164.0882**	108.6366**
Independente	22	1.9186	3.3982	2.7863	5.5418
		40°C-sor-40°Brix	40°C-sor-50°Brix	40°C-sor-60°Brix	40°C-sor-70°Brix
Devido à regressão	10	93.2929**	179.2673**	6.864121**	357.5150**
Independente	22	2.0678	4.819855	0.42576	3.11137

** significativo ao nível de 1% de probabilidade.