



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA – UESB  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
ENGENHARIA DE ALIMENTOS**

## **DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA DE CARAMBOLAS**

**LARA COVRE**

**ITAPETINGA – BAHIA - BRASIL**

**MARÇO – 2013**

**LARA COVRE**

## **DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA DE CARAMBOLAS**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação de Mestrado em Engenharia de Alimentos, Área de Concentração em Engenharia de Processos de Alimentos, para obtenção do título de “Mestre”.

**Orientador:** Jadir Nogueira da Silva

**Co-orientador:** Modesto Antonio Chaves

**Co-orientadora:** Silmara Almeida de Carvalho

**ITAPETINGA – BAHIA - BRASIL**

**MARÇO – 2013**

C914d      Covre, Lara.  
Desidratação osmótica de carambolas / Lara Covre, 2013.  
53f.: il.; algumas color.  
Orientador (a): Jadir Nogueira da Silva.  
Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual do  
Sudoeste da Bahia, Programa de Pós-Graduação de Mestrado  
em Engenharia de Alimentos, Itapetinga, 2013.  
Referências: f. 47-53.  
1. Frutas – Desidratação osmótica. 2. Carambolas –  
Desidratação osmótica. I. Silva, Jadir Nogueira da. II.  
Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Programa de  
Pós-Graduação de Mestrado em Engenharia de Alimentos. III.  
T.

CDD: 664.02842



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA – UESB  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE ALIMENTOS



Área de Concentração: Engenharia de Processos de Alimentos

Campus de Itapetinga-BA

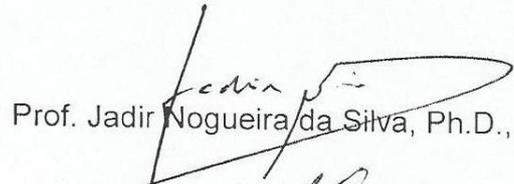
## DECLARAÇÃO DE APROVAÇÃO

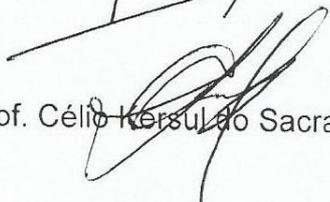
**Título:** “DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA DE CARAMBOLAS.”

**Autor:** LARA COVRE

**Orientador:** Prof. JADIR NOGUEIRA DA SILVA, Ph.D., UFV

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM ENGENHARIA DE ALIMENTOS, ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: ENGENHARIA DE PROCESSOS DE ALIMENTOS, pela Banca Examinadora.

  
Prof. Jadir Nogueira da Silva, Ph.D., UFV

  
Prof. Célio Kersul do Sacramento, DSc., UESC

  
Prof. Genivaldo Sales Nunes, DSc., UESB

Data da Realização: 21 de Março de 2013.

*Aos guerreiros João Luiz Covre e Maria Helena Rui Covre  
que Deus me deu o privilégio de chamar de papai e de mamãe.*

*Dedico!*

## AGRADECIMENTOS

Ao meu grande Deus, a quem reservo toda honra e toda glória!

Aos meus queridos pais João e Helena pelo esforço, carinho e amor incondicional. Agradecê-los é muito pouco e subjetivo diante do que sempre fizeram e farão por mim. Amo super!

À minha querida irmã Tati que sempre me deu muita força e coragem para enfrentar os momentos atribulados. Queria tê-la mais pertinho de mim...

Ao meu amado irmão Joel que me concedeu a indescritível alegria de ser tia do lindo Gui.

Aos meus familiares pelos ensinamentos e orações, em especial, meus avós.

À amiga Jucianne que foi meu alicerce nesses anos e provou que a amizade verdadeira surge quando menos se espera e que de fato existe. Amiguinhas para sempre! (risos)

Ao meu Marcus pelo amor, companheirismo, incentivo e paciência. Por me buscar nas madrugadas de experimento e compreender a ausência. E acima de tudo, por me mostrar que ainda é possível acreditar e viver um grande amor.

À amiga e companheira de laboratório Bel por todos os ensinamentos e pelas longas horas de conversas. Saudades!

Às queridas estagiárias Déa, Maíra, Lorena e Aída. Vocês são parte disso daqui! Obrigada pela ajuda e por tornarem os momentos de trabalho mais agradáveis.

À amiga Virgínia pela ajuda e incontáveis cafezinhos. Sempre ouvindo meus desabafos e aconselhando da melhor forma possível.

Ao casal legal Dani e Fábio. Sempre dispostos em me ajudar e aconselhar. Pessoas maravilhosas!

À família Terra Mar e Chico que me mostraram que vizinhos podem ser legais! E também por transformarem um bar e uma pizzaria nos meus segundos lares.

À amiga Mirelle por me dar força e ajudar nos estudos no primeiro ano dessa trajetória.

Ao amigo Tico que mesmo distante sempre me desejou sucesso e torceu pelo meu bem.

À amiga Crisna pelas incontáveis vezes que disse que eu iria conseguir.

À querida Bruna por ter sempre uma palavra amiga e por não me deixar desistir.  
Finalmente somos mestras!

Aos colegas de mestrado William e Carol pelo apoio e constante incentivo.

Ao Professor Celio Kersul pela ajuda, atenção, disponibilidade e por gentilmente ceder as carambolas.

Ao Claudionor por coletar com tanto carinho as tão esperadas carambolas.

À co-orientadora Silmara pela grande ajuda e ensinamentos tão necessários em todas as etapas dessa pesquisa. Foram incontáveis as risadas e teorias que surgiram nos momentos de descontração. Tenho certeza que nasceu uma bela amizade.

Ao co-orientador Modesto pela ajuda, disponibilidade e confiança. Por ter colocado à minha disposição as instalações e equipamentos necessários para que eu pudesse desempenhar meu trabalho. Meus sinceros agradecimentos e reconhecimento!

Ao Professor Jadir pela orientação, por confiar em mim e no meu trabalho e me fazer acreditar que sou capaz. Você me ensinou o verdadeiro valor de se tentar andar com as próprias pernas. Isso não tem preço!

Ao Professor Paulo Bonomo pela simplicidade de sempre e pela grande ajuda no tratamento dos dados.

À Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia pela oportunidade, aprendizado e por ter sido o cenário dos melhores anos da minha vida.

Ao CEDETEC por me proporcionar os momentos mais árduos, enriquecedores e produtivos dos últimos tempos.

Aos funcionários da UESB, em especial Virginia, Aristides e Dona Fátima.

À Fapesb pelo apoio financeiro parcial.

À CAPES pela bolsa concedida.

Aos componentes da banca examinadora.

À todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram na realização dessa pesquisa.

Muitíssimo obrigada!

*“Mais um passo  
Nesse espaço  
Tanto espaço  
E ainda assim  
O mundo é pequeno pra mim  
A janela  
Forma uma tela  
O mundo todo dentro dela  
É pequeno pra mim...”*

*(A Janela - O Círculo)*

## RESUMO

COVRE, L. **Desidratação osmótica de carambolas**. Itapetinga, BA: UESB, 2013. 52 p. (Dissertação – Mestrado em Engenharia de Alimentos – Engenharia de Processos de Alimentos).\*

A desidratação osmótica é uma etapa de pré-tratamento de conservação que tem sido muito utilizada para reduzir a atividade de água e aumentar a estabilidade química e microbiológica de frutas. A realização dessa pesquisa objetivou estudar o efeito das condições de desidratação osmótica de carambolas. Foram utilizadas como matéria-prima carambolas da cultivar Twaian produzidas na Fazenda Ouro Verde em Una, Bahia, Brasil. O experimento foi conduzido em dois níveis de temperatura da solução de desidratação osmótica (40 e 50°C), no qual a concentração da solução de sacarose (40, 50 e 60%) e o tempo de imersão nessa (1 a 8 horas) foram as variáveis estudadas para as respostas: atividade de água ( $a_w$ ), umidade, perda de massa (PM), perda de água (PA), incorporação de sólidos (IS) e teor de sólidos solúveis da carambola (SS). Utilizou-se uma proporção de fruta:solução de 1:10. Através de análise de regressão múltipla foram ajustados modelos que explicaram o efeito das variáveis independentes em cada resposta. Nas duas temperaturas estudadas, a concentração da solução de sacarose utilizada e o tempo de desidratação osmótica aumentaram significativamente ( $p < 0,05$ ) a PA, PM e SS e diminuíram significativamente ( $p < 0,05$ ) a  $a_w$  e umidade. Na IS, somente o tempo de desidratação osmótica exerceu efeito significativo, havendo aumento do ganho de soluto ao logo do tempo de exposição à solução desidratante. As principais alterações esperadas nesse tipo de processo, maior perda de água com menor incorporação de sólidos, ocorreram nas primeiras 4 horas de desidratação osmótica nas duas temperaturas de estudo, sendo este considerado o tempo máximo de processamento nas condições avaliadas. Foram obtidos na concentração de 60% de sacarose e na temperatura de 50°C da solução osmótica valores mais desejáveis em todos os parâmetros avaliados, principalmente maior perda de massa e perda de água e menor atividade de água e teor de umidade. Portanto, indicando serem estas a concentração e a temperatura da solução desidratante mais indicadas para a desidratação osmótica de carambolas dentre as condições estudadas.

**Palavras-chave:** *Averrhoa carambola*, sacarose, perda de água, ganho de sólidos.

---

\*Orientador: Jadir Nogueira da Silva, *Ph.D.*, UFV e Co-orientadores: Modesto Antonio Chaves, *D.Sc.*, UESB e Silmara Almeida de Carvalho, *D.Sc.*, UESB.

## ABSTRACT

COVRE, L. **Osmotic dehydration of star-fruits**. Itapetinga, BA: UESB, 2013. 52 p. (Dissertation – Master's degree in Food Engineering – Food Process Engineering).\*

Osmotic dehydration is a stage of pre-conservation treatment that has been widely used to reduce the water activity and to increase chemical and microbiological stability of fruit. This research was made aiming to study some effects of osmotic dehydration conditions on star-fruits. The star-fruits (*Averrhoa carambola*) from the variety Twaian were produced at Ouro Verde farm, located in Una town, Bahia, Brazil (15° 17' 36" S and -39° 04' 31"W). The experiment was conducted with the solutions at two temperatures (40 to 50°C), three concentrations (40, 50 and 60%) and eight immersion times (1 to 8 hours) which were taken as independent variables seeking by multiple regressions analysis for responses of the following dependent variables: water activity ( $a_w$ ), moisture content, weight reduction (WR), water loss (WL), solid gain (SG) and soluble solids concentration (SSC) of the star-fruits. Fruit: solution ratio was 1:10. Regression models that explain the effect of the independent variables on each independent one were adjusted. Temperatures, sucrose concentration and time of osmotic dehydration significantly increased ( $p < 0.05$ ) WL, WR and SSC and significantly decreased ( $p < 0.05$ )  $a_w$  and moisture content. Regarding SG, only osmotic dehydration time presented a significant effect increasing solid gain. The main changes expected in this type of process, greater water loss with lower solid gain, rushed in the first 4 hours of osmotic dehydration of study at the two temperatures, which are considered the maximum processing time for the evaluated conditions. It was obtained with 60% sucrose and 50°C values more desirable in all parameters, mainly greater mass reduction and water loss and lower water activity and moisture content. Thus indicating that these are the concentration and the solution temperature more suitable for the osmotic dehydration of star fruits among the conditions studied.

**Keywords:** *Averrhoa carambola*, sucrose, water loss, solid gain.

---

\* Adviser: Jadir Nogueira da Silva, *Ph.D.*, UFV and Co-Advisers: Modesto Antonio Chaves, *D.sc.*, UESB and Silmara Almeida de Carvalho, *D.Sc.*, UESB.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b>	Seleção de carambolas <i>in natura</i> .....	23
<b>Figura 2.</b>	Desidratação osmótica de carambolas.....	25
<b>Figura 3.</b>	Fluxograma das etapas do processamento de carambolas desidratadas osmoticamente.....	25
<b>Figura 4.</b>	Refratômetro digital de bancada DSA E-Scan (The Electron Machine Corporation) do Laboratório de Propriedades Físicas de Alimentos do CEDETEC/UESB .....	26
<b>Figura 5.</b>	Aqualab digital de bancada 4TEV (DecagonDevices) do Laboratório de Propriedades Físicas de Alimentos do CEDETEC/UESB .....	27
<b>Figura 6.</b>	Efeito do tempo de imersão e da concentração da solução osmótica na atividade de água de carambolas desidratadas osmoticamente nas temperaturas de 40°C (a) e 50°C (b) .....	31
<b>Figura 7.</b>	Efeito do tempo de imersão e da concentração da solução osmótica na umidade de carambolas desidratadas osmoticamente nas temperaturas de 40°C (a) e 50°C (b).....	32
<b>Figura 8.</b>	Efeito do tempo de imersão e da concentração da solução osmótica na perda de massa de carambolas desidratadas osmoticamente nas temperaturas de 40°C (a) e 50°C (b) .....	35
<b>Figura 9.</b>	Efeito do tempo de imersão e da concentração da solução osmótica na perda de água de carambolas desidratadas osmoticamente nas temperaturas de 40°C (a) e 50°C (b) .....	36

**Figura 10.** Efeito do tempo de imersão e da concentração da solução osmótica na incorporação de sólidos em carambolas desidratadas osmoticamente nas temperaturas de 40°C (a) e 50°C (b).....38

**Figura 11.** Efeito do tempo de imersão e da concentração da solução osmótica no teor de sólidos solúveis de carambolas desidratadas osmoticamente nas temperaturas de 40°C (a) e 50°C (b) .....41

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Valores médios da atividade de água e umidade de carambolas desidratadas osmoticamente nas temperaturas de 40 e 50°C, ao longo de tempo de imersão.....33
- Tabela 2.** Valores médios das perdas de massa, perdas de água e incorporação de sólidos de carambolas desidratadas osmoticamente nas temperaturas de 40 e 50°C, ao longo do tempo de imersão .....39
- Tabela 3.** Valores médios dos teores de sólidos solúveis de carambolas desidratadas osmoticamente e das soluções osmóticas nas temperaturas de 40 e 50°C, ao longo do tempo de imersão .....42

## LISTA DE SÍMBOLOS E SIGLAS

°Brix	Grau Brix
°C	Grau Celsius
%	Porcentagem
<	Menor que
$a_w$	Atividade de água
ANOVA	Análise de Variância
BA	Bahia
C	Concentração
CEDETEC	Centro de Desenvolvimento e Difusão de Tecnologias
cm	Centímetro
h	Hora
IAL	Instituto Adolfo Lutz
IS	Incorporação de sólidos
kg	Quilogramas
$m_i$	Massa total inicial
$m_f$	Massa total final
min	Minuto
mL	Mililitro
p	Probabilidade
PA	Perda de água
PM	Perda de massa
ppm	Partes por milhão
$R^2$	Coefficiente de determinação
rpm	Rotações por minuto
SS	Sólidos solúveis
SSO	Sólidos solúveis da solução osmótica
$ST_i$	Teor inicial de sólidos totais
$ST_f$	Teor final de sólidos totais
t	Tempo
$U_i$	Teor inicial de umidade
$U_f$	Teor final de umidade
UESB	Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
UMID	Umidade
W	Watts

## SUMÁRIO

RESUMO

ABSTRACT

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

LISTA DE SÍMBOLOS E SIGLAS

1 INTRODUÇÃO .....	15
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	16
2.1 Carambola.....	16
2.2 Atividade de água.....	17
2.3 Desidratação osmótica.....	18
2.4 Sacarose .....	20
3 OBJETIVOS.....	22
3.1 Objetivo geral.....	22
3.2 Objetivos específicos.....	22
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	23
4.1 Obtenção e seleção da matéria-prima.....	23
4.2 Preparo das soluções osmóticas .....	24
4.3 Preparo das amostras .....	24
4.4 Desidratação osmótica das frutas .....	24
4.5 Análises físicas.....	26
4.5.1 Sólidos solúveis (SS) .....	26
4.5.2 Atividade de água ( $a_w$ ) .....	27
4.5.3 Umidade .....	27
4.5.4 Perda de massa (PM), perda de água (PA) e incorporação de sólidos (IS) .....	27
4.6 Delineamento experimental e análise estatística.....	28
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	30
5.1 Atividade de água ( $a_w$ ) e umidade.....	30
5.2 Perda de massa (PM), perda de água (PA) e incorporação de sólidos (IS) .....	34
5.6 Sólidos solúveis da carambola (SS) e sólidos solúveis da solução osmótica (SSO) .....	40
6 CONCLUSÕES .....	44
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	46

# 1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, em função da diversificação e do interesse por frutas exóticas, a produção da carambola tem atingido volume expressivo no Brasil, principalmente no Estado de São Paulo (DONADIO et al., 2001). É uma fruta que necessita cuidados na colheita, transporte e armazenamento por ser muito frágil e com alto teor de água. Apresenta vida de prateleira curta, mesmo em condições de temperatura e umidade controladas (SHIGUEMATSU et al., 2005).

A utilização da carambola, seja para o consumo interno ou para a exportação, tem sido sempre limitada pela natureza perecível do fruto e pelas perdas ocasionadas pela indisponibilidade de instalações adequadas em alguns pontos da produção. Tendo em vista esses problemas, o desenvolvimento de um processo simples e pouco dispendioso de preservação dessa fruta torna-se desejável (ABD KARIM e CHEE WAI, 1999).

A desidratação osmótica tem sido considerada uma ferramenta tecnológica importante para se desenvolver novos produtos derivados de frutas, com valor agregado e com propriedades funcionais. Estudos tem revelado a eficiência da utilização dessa técnica como etapa preliminar ou adicional aos processos de secagem e congelamento, obtendo-se produtos de alta qualidade sensorial e nutricional e mais estáveis à contaminação microbiológica e à deterioração química (TORREGGIANI e BERTOLO, 2001).

Essa técnica baseia-se na imersão de alimentos, inteiros ou em pedaços, em soluções hipertônicas de um ou mais solutos, originando dois fluxos simultâneos e em contracorrente: uma saída de água do produto para a solução e uma migração de solutos da solução para o alimento (TORREGGIANI, 1993).

Nesse tipo de processo o fenômeno de transferência de massa que acontece entre o alimento e o meio osmótico é amplamente afetado pelas variáveis do processo, as quais estão associadas tanto à natureza da matéria-prima quanto às condições operacionais empregadas (DHINGRA et al., 2008).

A realização desta pesquisa objetivou avaliar o efeito do tempo de imersão e da concentração da solução de sacarose, submetida a diferentes temperaturas, no processo de desidratação osmótica de carambolas.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Carambola

A caramboleira (*Averrhoa carambola* L.) é uma frutífera pertencente à família Oxalidaceae, originária do Sudoeste Asiático, que encontra-se dispersa em regiões tropicais e em áreas quentes de regiões subtropicais de todos os continentes (LENNOX e RAGOONATH, 1990; NAKASONE e PAULL, 1998).

Acredita-se que a carambola tenha sido originada no Ceilão e nas ilhas Molucas, mas essa tem sido cultivada no sudeste da Ásia e Malásia por muitos séculos. É comumente cultivada no sul da China, Taiwan e Índia. É bastante popular na Flórida, nas Filipinas e Queensland (Austrália) e moderadamente em algumas ilhas do Pacífico Sul, existindo também algumas subespécies nas ilhas do Caribe, na América Central e no oeste tropical da África (MORTON, 1987; MARGEN, 1992).

No Brasil, a caramboleira foi introduzida no século XIX e atualmente é cultivada em pomares domésticos em praticamente todo o país, exceto em regiões frias ou sujeitas a geadas, havendo, entretanto, poucas plantações comerciais (ARAÚJO et al., 2000; DONADIO et al., 2001). O país é um dos maiores produtores de carambola do mundo, sendo que no Estado de São Paulo essa cultura está em franca expansão com pomares formados por plantas nativas e/ou cultivares originárias da Flórida (TEIXEIRA et al., 2001; NATALE et al., 2008).

É uma árvore de porte pequeno (3 a 5 m) a médio (8 a 9 m), mas pode chegar a 15 m de altura aos 25 anos de idade, que é geralmente considerado o seu período de vida econômica útil. A planta é perene, de crescimento lento, com tronco encurtado, torcido e áspero, ramos numerosos e flexíveis, com porte piramidal quando jovem e copa densa e arredondada quando adulta, com 6 a 7 m de diâmetro. O fruto é muito valorizado devido à sua aparência e formato pouco usuais, geralmente com cinco saliências longitudinais, raramente quatro ou seis, ainda que alguns autores citem de duas a oito. O fruto da caramboleira é baga oblonga, amarelo-brilhante e glabro quando maduro; quando fatiado, transversalmente, apresenta o formato singular de uma estrela (GALÁN SAÚCO et al., 1993; CRANE, 1994; EPSTEIN, 2000; DONADIO et al., 2001; LORENZI e MATOS, 2002; JORGE et al., 2006).

É considerada uma fruteira com potencial de exploração, devido ao rápido desenvolvimento, à alta produtividade, à possibilidade de contornar fatores limitantes ao cultivo, à baixa exigência quanto aos tratos culturais e ao fato de produzir frutos com aparência e sabor únicos (GALÁN SAÚCO et al., 1993).

Segundo Araújo e Minami (2001), a crescente demanda de informações, o apelo mercadológico quanto ao formato e sabor exóticos, as possibilidades quanto à utilização do fruto, a adaptabilidade da planta às condições climáticas brasileira, a precocidade, a alta produtividade, regularidade e vida útil de produção, são parâmetros que induzem a viabilidade de cultivo na maioria do território nacional, exceto nas regiões submetidas a geadas e baixas temperaturas durante longo período.

Os frutos da caramboleira destacam-se por sua beleza exótica e única na natureza, tornando-os bastante atrativos ao consumidor. Possuem sabor variável indo do levemente azedo ao doce e são ricos em vitaminas, como a vitamina A e C, com mais do que 25 mg por 100 g de fruta fresca (SIONG, 1985; ROZANE et al., 2011). Eles são normalmente consumidos *in natura* e também servidos como sucos frescos ou industrializados, usados como ingredientes de geléias, compotas, doces caseiros, saladas e aromatizantes de misturas de suco. No entanto, para melhorar e ampliar a sua comercialização, especialmente para o mercado de exportação, tem sido feitos esforços para produzir produtos de maior valor agregado (LIEW ABDULLAH et al., 2007).

## ***2.2 Atividade de água***

A atividade de água ( $a_w$ ) é definida como a razão entre a pressão parcial de vapor de água em um alimento e a pressão de vapor de saturação da água pura, ambas na mesma temperatura (GONÇALVES, 2006). O termo atividade de água foi desenvolvido para indicar a intensidade com a qual a água está associada aos constituintes não aquosos, designando o quanto de água está disponível no alimento (REID e FENNEMA, 2010).

A estabilidade e a segurança de um alimento, além de outras propriedades, são mais previsíveis pela medida da atividade de água do que pelo teor de umidade. A  $a_w$  correlaciona-se suficientemente bem com as velocidades de crescimento microbiano e de outras reações de deterioração, sendo um indicador útil quanto à estabilidade de um produto e sua segurança microbiológica (RIBEIRO e SERAVALLI, 2007).

Através da atividade de água torna-se possível calcular a estabilidade de muitos alimentos, melhorar o processo de conservação e de desidratação e desenvolver novos produtos mais estáveis (ORDÓÑEZ, 2005).

Segundo Ribeiro e Seravalli (2007), a  $a_w$  de um alimento pode ser reduzida pelo aumento da concentração de solutos na fase aquosa do alimento, tanto pela remoção de água como pela adição de sólidos como, por exemplo, sal ou açúcar.

Cada microrganismo tem uma atividade de água máxima, ótima e mínima na qual se desenvolve mais rapidamente. Em geral, as bactérias são mais exigentes do que bolores e leveduras, desenvolvendo-se apenas em meios com elevada  $a_w$  (EIROA, 1981; SILVA, 2000).

Sabe-se que os microrganismos não podem crescer em sistemas de alimentos desidratados quando a faixa de atividade de água é menor ou igual a 0,6-0,7; entretanto, outras reações químicas, enzimáticas ou não enzimáticas, que causam mudanças na cor, *flavor* e estabilidade continuam atuando durante o processo de armazenamento dos alimentos. A  $a_w$  tem sido um dos parâmetros mais utilizados para prever a deterioração de alimentos ou para determinar o ponto final da secagem (JAYARAMAN e DAS GUPTA, 2006).

### **2.3 Desidratação osmótica**

A desidratação osmótica, também conhecida por desidratação por imersão-impregnação em soluções concentradas, tem sido utilizada como pré-tratamento no processamento de frutas pelo fato de reduzir a atividade de água, aumentar a estabilidade e melhorar algumas propriedades sensoriais, funcionais e nutricionais (TORREGGIANI, 1993; TORREGGIANI e BERTOLO, 2001).

A desidratação osmótica é uma técnica que consiste na remoção parcial de água de um alimento sólido, inteiro ou em pedaços, enquanto este é imerso em uma solução aquosa concentrada com agentes de alta pressão osmótica. O gradiente de concentração que existe entre a solução e o alimento promove a remoção de água deste para o meio osmótico, enquanto ocorre simultaneamente uma transferência do soluto da solução para o alimento (TORREGGIANI, 1993).

Segundo Raoult-Wack (1994), ainda ocorre um terceiro tipo de transferência de massa, a saída de solutos do próprio produto para a solução, que embora seja

quantitativamente desperzível quando comparado aos outros dois tipos de transferência, desperta interesse devido à possibilidade de eventualmente afetar a composição do produto final.

O fenômeno de transferência de massa que acontece entre o produto e o meio osmótico é amplamente afetado pelas variáveis do processo, as quais estão associadas tanto à natureza da matéria-prima quanto às condições operacionais empregadas. Interferem no desempenho da desidratação a espécie utilizada, a variedade, o grau de maturação, a forma e o tamanho do alimento a ser desidratado, assim como, a composição, a concentração e a temperatura da solução osmótica; o tempo de contato da fração sólida com o xarope, a razão entre a massa do produto e a massa do meio e a utilização ou não de pré-tratamentos. O resultado é a redução do teor de água com concomitante aumento da massa seca e mudança na composição química. A composição e a concentração da solução osmótica são as principais variáveis que afetam o processo de transferência de massa na desidratação osmótica de frutas (DHINGRA et al., 2008).

De acordo com Raoult-Wack et al. (1989), a agitação também é uma variável que exerce um efeito significativo sobre a perda de água na desidratação osmótica. Ela garante que a solução concentrada seja renovada ao redor da partícula e, portanto, uma diferença favorável de concentração à transferência de massa é criada. Em alguns casos, a agitação intermitente pode ser suficiente.

A desidratação osmótica é um processo parcial de desidratação, sendo aplicado como um pré-tratamento por não resultar um produto estável. Um método complementar como, por exemplo, a secagem convencional, o congelamento, a liofilização, a apertização ou a pasteurização deve ser utilizado a fim de se obter um produto com boas características de conservação no que diz respeito à estabilidade química e microbiológica (RAOULT-WACK, 1994).

Segundo Rastogi et al. (2002), uma aplicação importante da desidratação osmótica é a utilização para a redução da atividade de água dos alimentos, o que implica na inibição do crescimento microbiano com conseqüente aumento da vida de prateleira dos produtos.

A desidratação osmótica tem sido utilizada para minimizar os efeitos adversos, como dureza excessiva, encolhimento e degradação da cor, aroma e sabor, que geralmente aparecem quando o produto é submetido somente à secagem a ar quente (DEL VALLE et al., 1998; RATTI, 2001). Essa combinação de métodos tem sido apontada como alternativa econômica e segura para a conservação de produtos alimentícios, além de possibilitar a obtenção de produtos desidratados com melhores características sensoriais e nutricionais

quando comparados aos produtos desidratados convencionalmente (BRANDÃO et al., 2003). A desidratação osmótica associada a outros fatores de conservação tem produzido alimentos de consumo imediato, alta aceitabilidade, fácil conservação e com estabilidade microbiológica e sensorial (LOPÉZ-MALO et al., 1994).

Segundo Torreggiani (1993), a utilização de uma menor temperatura em relação à secagem convencional minimiza a injúria térmica para a cor e o sabor do produto, sendo a preservação da textura e a retenção de vitaminas algumas vantagens desse processo. Em contrapartida, pode ocorrer a perda de alguns solutos naturais do alimento (açúcares, ácidos orgânicos e minerais) e ganho elevado de sólidos, podendo afetar o perfil nutricional do alimento (RAOULT-WACK, 1994).

Segundo Lenart e Lewicki (1990), a conservação de frutas pelo método de desidratação osmótica seguida de secagem convectiva pode implicar numa redução do consumo de energia de até 25% em relação à secagem exclusivamente convectiva. Além disso, a desidratação osmótica propicia ao alimento com alto teor de água melhores condições de transporte, embalagem e armazenamento (PARK et al., 2001).

## **2.4 Sacarose**

A sacarose é um dissacarídeo não redutor formado por uma unidade de glicose unida a uma unidade de frutose através de uma ligação O-glicosídica proveniente da reação entre a hidroxila de uma glicose com o carbono anomérico de outra (LEHNINGER et al., 2006).

A sacarose é um carboidrato com fórmula química representada por  $C_{12}H_{22}O_{11}$ , peso molecular de 342 u, muito solúvel em água por possuir característica polar e grupamentos que facilitam as ligações de hidrogênio, higroscópico e facilmente hidrolisado em soluções ácidas levando à formação de glicose e frutose (GONÇALVES, 2006).

O conhecimento da existência da sacarose data de milênios, havendo citações de sua fabricação na Índia já ao redor do ano 300 a.C. Devido à frequência e quantidade com que é encontrada na natureza, assim como pela sua importância na alimentação humana, é considerada o açúcar mais importante (BOBBIO e BOBBIO, 1992).

A sacarose pode ser extraída da cana-de-açúcar (gênero *Saccharum* e de suas variedades), da beterraba açucareira (*Beta vulgaris* L., variedade *rapa*), do sorgo

açucareiro (*Sorghum saccharatum* Pers.) e do bordo do Canadá (*Acer saccharinum* Wang). A principal fonte é a cana-de-açúcar e em segundo lugar está a beterraba açucareira, enquanto que as outras fontes são de emprego muito escasso, especialmente a que é extraída do bordo do Canadá (SALINAS, 2002).

Dentre todas as substâncias orgânicas preparadas industrialmente a sacarose é o açúcar obtido em maior quantidade. É conhecida por um grande número de nomes comerciais (cristal, refinado, mascavo, demerara, dentre outros), no qual essas denominações se referem à sua classificação, que pode estar relacionada, por exemplo, ao grau de pureza, ao tamanho e forma do grânulo e ao emprego industrial ou comercial (BELITZ e GROSCH, 1988).

É considerada o produto mais popular da indústria de alimentos, sendo o edulcorante mais utilizado universalmente em todas as classes de produtos alimentícios. A doçura é uma de suas propriedades funcionais mais reconhecida e mais agradável. Devido ao seu caráter osmótico, também é empregada como uma substância conservante, com função semelhante ao sal, sendo muito utilizada em alimentos para reduzir a atividade de água e aumentar a vida de prateleira (SALINAS, 2002; GONÇALVES, 2006; RIBEIRO e SERAVALLI, 2007).

A sacarose tem sido o açúcar mais utilizado na maioria dos estudos que utilizam a técnica de desidração osmótica. Nesse tipo de processo, características do agente osmótico usado, como o seu peso molecular e seu comportamento iônico, afetam fortemente a cinética de transferência de massa, tanto na quantidade de água removida quanto no ganho de sólidos. Ainda devem ser considerados o custo do processo e as mudanças no valor nutritivo e nas propriedades sensoriais do produto final. Diante disso, a sacarose tem sido o soluto mais utilizado, principalmente em frutas, em virtude de sua eficiência, peso molecular adequado, disponibilidade, baixo custo e aroma desejável provocado na fruta (VIAL et al., 1991; ERTEKIN e CAKALOZ, 1996; LENART, 1996).

A utilização da sacarose como agente osmótico contribui na prevenção do escurecimento enzimático, na estabilidade de pigmentos e na retenção de compostos voláteis e de nutrientes durante a secagem convectiva de alimentos. Essa prevenção ocorre devido à formação de uma camada deste dissacarídeo na superfície do produto desidratado, constituindo um obstáculo ao contato com o oxigênio, o que minimiza ou impede o escurecimento enzimático, além da influência positiva sobre a manutenção de substâncias aromatizantes (MAURO e MENEGALLI, 1995; LENART, 1996; QI et al., 1998; FERRANDO e SPIESS, 2001).

## 3 OBJETIVOS

### *3.1 Objetivo geral*

Avaliar o efeito do tempo de imersão e da concentração da solução de sacarose no processo de desidratação osmótica de carambolas da cultivar Taiwan submetidas a diferentes temperaturas.

### *3.2 Objetivos específicos*

- Estudar o processo de desidratação osmótica de carambolas nas temperaturas de 40 e 50°C;
- Verificar a influência da concentração da solução de sacarose e do tempo de imersão da carambola na solução sobre a perda de água, perda de massa, incorporação de sólidos, atividade de água, umidade e teor de sólidos solúveis durante o processo de transferência de massa;
- Identificar as melhores condições para a desidratação osmótica dessa cultivar de carambola;
- Avaliar as respostas dos tratamentos utilizados conforme o delineamento experimental.

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Laboratório de Propriedades Físicas de Alimentos do Centro de Desenvolvimento e Difusão de Tecnologias (CEDETEC) da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, UESB, Campus Juvino Oliveira, cidade de Itapetinga, BA.

### 4.1 Obtenção e seleção da matéria-prima

Carambolas da cultivar Taiwan, produzidas na Fazenda Ouro Verde, Una, BA, foram utilizadas como matéria-prima. Após recepção, as frutas foram selecionadas de acordo com tamanho, formato, estágio de maturação (amarelo com extremidade verde) e ausência de injúrias, sendo utilizadas somente aquelas com teor de sólidos solúveis entre 5 e 7 °Brix (Figura 1). Posteriormente, as carambolas foram armazenadas em refrigerador a temperatura de aproximadamente 4°C, em embalagens de filme plástico, por até 6 dias.

O agente osmótico utilizado neste experimento foi a sacarose comercial (açúcar tipo refinado, marca União), adquirido no comércio varejista da cidade de Itapetinga, BA.



**Figura 1.** Seleção de carambolas *in natura*.

#### ***4.2 Preparo das soluções osmóticas***

Foram preparadas três concentrações das soluções de sacarose (40, 50 e 60%). A sacarose foi diluída em água destilada sob aquecimento e agitação manual.

A quantidade total de solução preparada foi de 6 kg para cada concentração. As soluções foram acondicionadas em galões plásticos, armazenados em refrigerador a 4°C para posterior utilização.

#### ***4.3 Preparo das amostras***

As carambolas foram lavadas em água corrente utilizando-se detergente comercial neutro e sanitizadas em água clorada (10 ppm de cloro ativo) por imersão durante 15 min. Em seguida, as frutas foram secas em papel toalha e cortadas no sentido transversal, através de utensílio composto por duas facas de aço inoxidável, numa espessura de aproximadamente 1 cm. Todas as sementes foram cuidadosamente retiradas e cada fatia de carambola foi pesada em balança analítica antes de ser submetida à desidratação osmótica.

#### ***4.4 Desidratação osmótica das frutas***

As soluções osmóticas foram transferidas para recipientes de vidro de 500 mL, providos de tampas rosqueáveis, devidamente identificados. Estes foram acondicionados em banho termostático, com resistência de 3500 W e sistema de agitação, com 70 rpm de rotação. A agitação era acionada em cada intervalo de tempo de 2 min de forma a manter a temperatura da água homogeneizada. Esse equipamento foi construído na UESB, conforme descrito por Souza (2007).

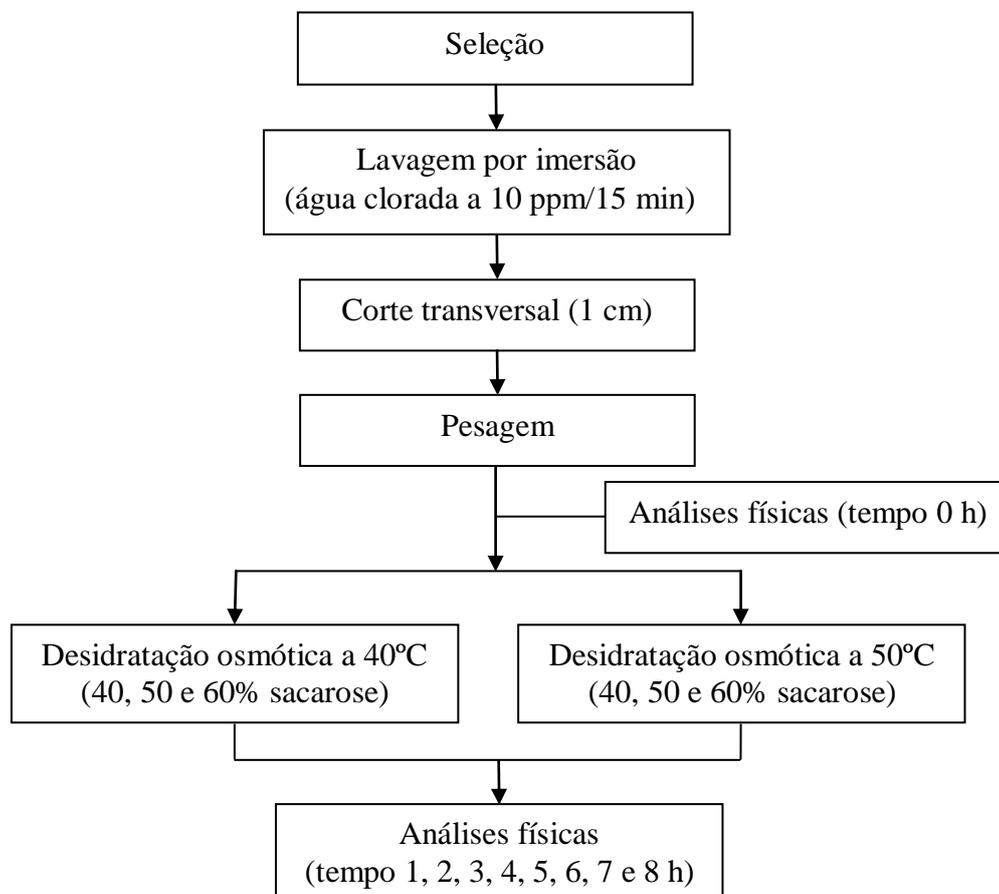
Os recipientes de vidro com as soluções foram mantidos no banho termostático até suas soluções atingirem as temperaturas de estudo (40 e 50°C). Em seguida, as fatias de carambolas foram adicionadas às soluções desidratantes, individualmente em cada frasco, numa proporção de fruta:solução de 1:10 e conservadas nesse sistema (Figura 2) durante o tempo de experimento previamente estabelecido (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8 h). Decorrido os intervalos de tempo programados, os potes foram removidos e as amostras drenadas,

lavadas com água destilada, para remover a solução aderida, e secas cuidadosamente com papel toalha a fim de remover o excesso de água superficial.



**Figura 2.** Desidratação osmótica de carambolas.

As etapas do processo de desidratação osmótica de carambola estão ilustradas na Figura 3.



**Figura 3.** Fluxograma das etapas do processamento de carambolas desidratadas osmoticamente.

## 4.5 Análises físicas

As amostras de carambola desidratada osmoticamente foram pesadas e, em seguida, para cada intervalo de tempo, determinados a perda de massa, perda de água, incorporação de sólidos, atividade de água, umidade e teor de sólidos solúveis. Ainda foram obtidos o teor de sólidos solúveis, umidade e atividade de água da fruta antes do início da desidratação, sendo considerado como tempo 0 h. Todas as análises foram realizadas em triplicata em cada repetição com o objetivo de minimizar o erro experimental.

### 4.5.1 Sólidos solúveis (SS)

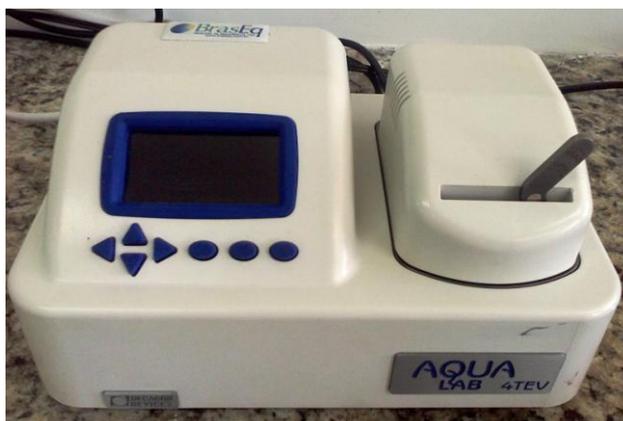
O teor de sólidos solúveis, expresso em °Brix, foi determinado por meio de leitura direta em refratômetro digital de bancada (Figura 4) DSA E-Scan (The ElectronMachine Corporation), conforme método proposto pelo IAL (2004).



**Figura 4.** Refratômetro digital de bancada DSA E-Scan (The Electron Machine Corporation) do Laboratório de Propriedades Físicas de Alimentos do CEDETEC/UESB.

#### 4.5.2 Atividade de água ( $a_w$ )

A  $a_w$  foi realizada por medida direta em aparelho digital de bancada AquaLab 4TEV (DecagonDevices, Inc.), com controle de temperatura a 25°C e precisão de  $\pm 0,003$  (Figura 5).



**Figura 5.** Aqualab digital de bancada 4TEV (DecagonDevices) do Laboratório de Propriedades Físicas de Alimentos do CEDETEC/UESB.

#### 4.5.3 Umidade

O teor de umidade foi determinado por meio de secagem direta em estufa a 105°C até massa constante, conforme metodologia proposta pelo IAL (2004).

#### 4.5.4 Perda de massa (PM), perda de água (PA) e incorporação de sólidos (IS)

Para calcular a perda de massa, perda de água e incorporação de sólidos foram utilizadas, respectivamente, as Equações 1, 2 e 3 conforme descrito por Carvalho et al. (2006).

$$PM(\%) = 100 \times \left(1 - \frac{m_f}{m_i}\right) \quad (1)$$

em que:

PM(%) = perda de massa do material desidratado;

$m_i$  = massa total inicial do material (g);

$m_f$  = massa total final do material (g).

$$PA(\%) = 100 \times \frac{U_i.m_i - U_f.m_f}{U_i.m_i} \quad (2)$$

sendo:

PA(%) = perda de água com base na massa inicial do material;

$U_i$  = teor inicial de umidade do material (%);

$U_f$  = teor final de umidade do material (%);

$m_i$  = massa total inicial do material (g);

$m_f$  = massa total final do material (g).

$$IS(\%) = 100 \times \frac{ST_f.m_f - ST_i.m_i}{ST_i.m_i} \quad (3)$$

em que:

IS(%) = incorporação de sólidos com base na massa inicial do material;

$ST_i$  = teor inicial de sólidos totais do material (%);

$ST_f$  = teor final de sólidos totais do material (%);

$m_i$  = massa total inicial do material (g);

$m_f$  = massa total final do material (g).

#### **4.6 Delineamento experimental e análise estatística**

Utilizou-se no experimento o delineamento em blocos casualizados com 3 repetições para cada tratamento. O esquema fatorial utilizado foi 3x8, sendo 3 concentrações de solução osmótica de sacarose (40, 50 e 60%) e 8 tempos de imersão (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8 h) para as variáveis dependentes perda de massa, perda de água e incorporação de sólidos. Para as variáveis dependentes atividade de água, umidade e sólidos solúveis da fruta o experimento foi conduzido em esquema fatorial 3x9, sendo 3 concentrações de solução osmótica de sacarose (40, 50 e 60%) e 9 tempos de imersão (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8 h).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de regressão múltipla. A significância dos modelos foi testada pela análise de variância (ANOVA) e teste F ( $p < 0,05$ ), sendo os coeficientes estimados testados pelo teste t de *Student*. Utilizou-se como medida auxiliar o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) calculado em relação à soma de quadrado dos

tratamentos. Com a obtenção das equações de regressão foram plotados os gráficos de superfície de resposta utilizando o software SigmaPlot versão 1.0. O pacote estatístico SAS versão 8.0 (SAS Institute Inc., North Carolina, USA, 1995) foi utilizado para o tratamento dos dados.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

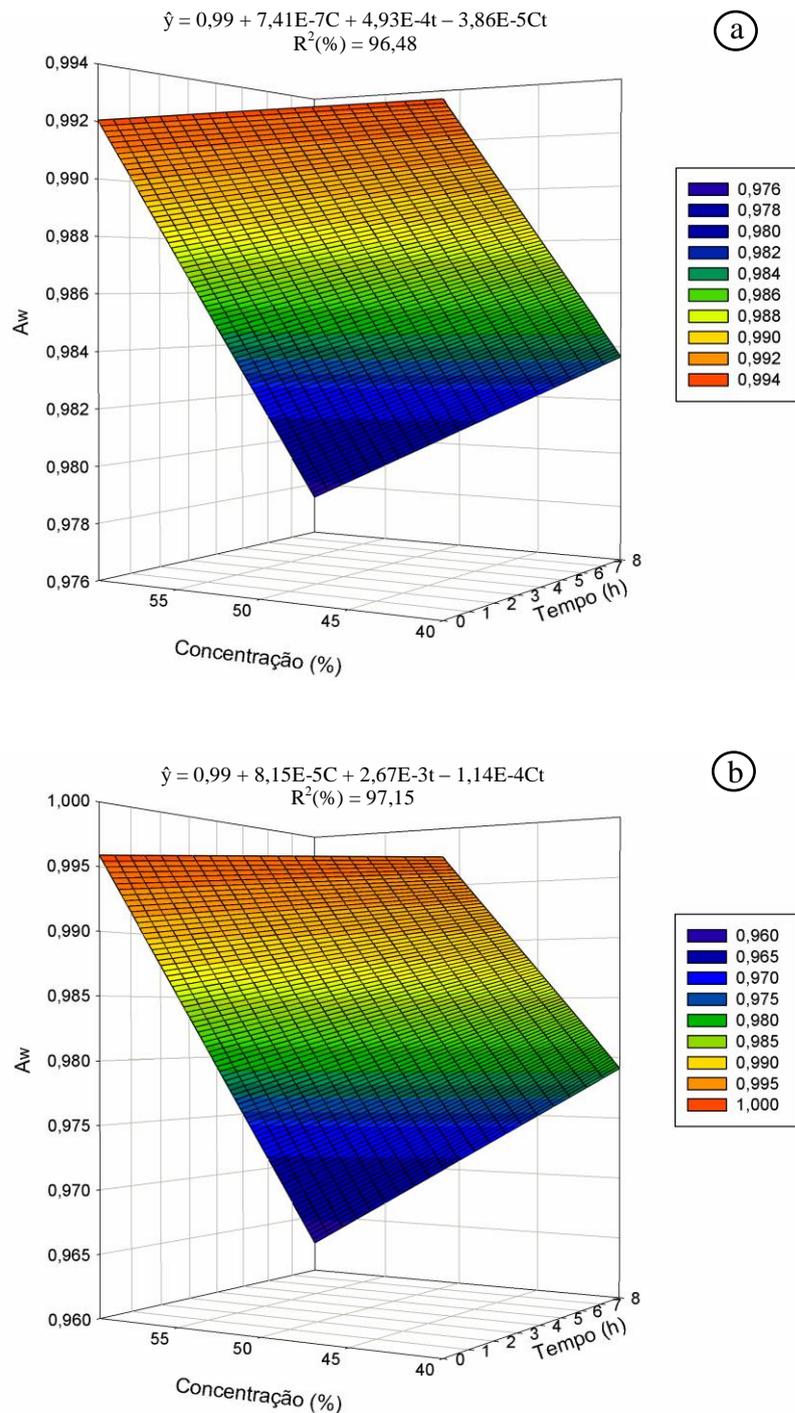
Observou-se nos frutos *in natura* média de 93,46% de umidade, teor de sólidos solúveis de 5,60 °Brix e atividade de água de 0,9945. Trata-se de uma fruta com alto teor de água, portanto, com curta vida de prateleira. Devido ao alto valor de atividade de água encontrado, pode-se observar que grande parte do teor de água desse alimento possivelmente encontra-se distribuído na forma de água livre, caracterizando menor estabilidade química e menor segurança microbiológica. O teor de sólidos solúveis encontrado fornece um indicativo de uma menor quantidade de açúcares presentes nas carambolas *in natura*, o que evidencia de forma positiva a utilização das soluções de sacarose do processo de desidratação osmótica para conferir também um sabor mais palatável ao produto.

A elevada atividade de água e o baixo teor de sólidos solúveis da carambola utilizada nesse experimento confirmam e possibilitam a aplicação da técnica de desidratação osmótica como alternativa de pré-tratamento de conservação dessa fruta.

Os resultados encontrados estão próximos aos relatados por Carvalho et al. (2006) quando estudaram essa mesma fruta, cujos valores corresponderam à 90,01% de umidade, sólidos solúveis de 7,23 °Brix e 0,990 de atividade de água.

### 5.1 Atividade de água ( $a_w$ ) e umidade

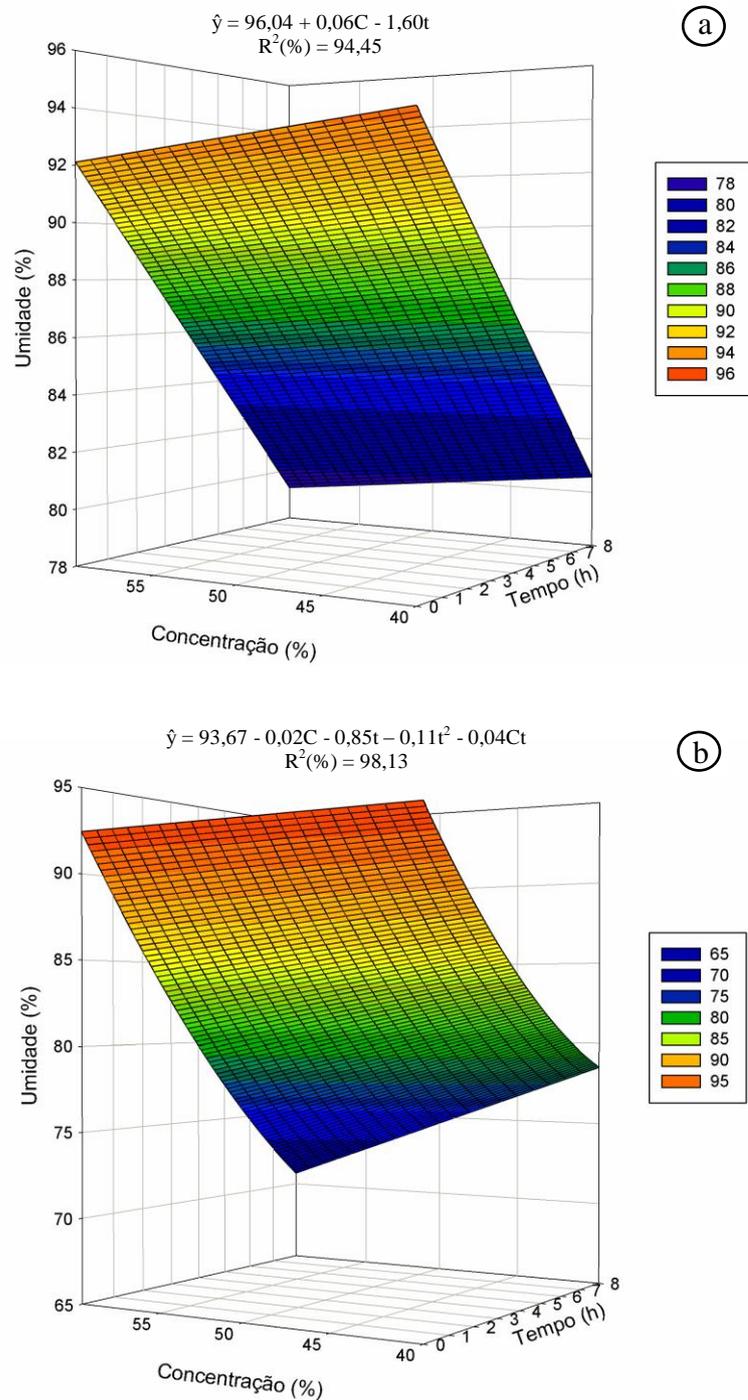
Nas duas temperaturas estudadas, a atividade de água das carambolas foi afetada significativamente ( $p < 0,05$ ) pelos efeitos lineares de tempo de imersão e concentração da solução osmótica, bem como pela sua interação. O modelo ajustado explicou 96,48% da variação total observada na variável estudada na temperatura de 40°C e 97,15% na temperatura de 50°C, caracterizando bons ajustes das equações (Figura 6). Observa-se que a  $a_w$  é menor à medida que aumenta-se o tempo de imersão e eleva-se a concentração da solução osmótica.



**Figura 6.** Efeito do tempo de imersão e da concentração da solução osmótica na atividade de água de carambolas desidratadas osmoticamente nas temperaturas de 40°C (a) e 50°C (b).

A umidade das carambolas foi afetada significativamente ( $p < 0,05$ ) pela concentração da solução de sacarose e pelo tempo de imersão dos frutos nesta. Apenas os efeitos lineares do tempo de desidratação osmótica e da concentração da solução osmótica foram significativos na temperatura de 40°C, com modelo ajustado que apresentou 94,45% da variação total observada na variável dependente. Na temperatura de 50°C, os efeitos lineares da concentração da solução e do tempo de imersão, efeito quadrático do tempo de

desidratação e interação entre concentração e tempo foram os mais importantes para essa variável (Figura 7).



**Figura 7.** Efeito do tempo de imersão e da concentração da solução osmótica na umidade de carambolas desidratadas osmoticamente nas temperaturas de 40°C (a) e 50°C (b).

Nas duas temperaturas estudadas a umidade da carambola foi afetada pela concentração da solução de sacarose e pelo tempo de imersão dos frutos na mesma. O aumento da concentração da solução e do tempo de desidratação ocasionou uma

diminuição da umidade dos frutos, fato que era esperado devido à elevação do gradiente de concentração osmótico que aumenta a transferência de parte do teor de água da carambola para a solução desidratante.

Os valores médios dos dados experimentais encontrados para as análises de atividade de água e umidade das carambolas estão apresentados na Tabela 1.

**Tabela 1.** Valores médios da atividade de água e umidade de carambolas desidratadas osmoticamente nas temperaturas de 40 e 50°C, ao longo de tempo de imersão.

Tempo de imersão (h)	40°C		50°C	
	a <sub>w</sub>	UMID (%)	a <sub>w</sub>	UMID (%)
<b>40% sacarose</b>				
0 ( <i>in natura</i> )	0,9933	93,27	0,9958	93,66
1	0,9913	90,42	0,9933	89,35
2	0,9895	90,23	0,9897	87,67
3	0,9890	88,80	0,9884	85,59
4	0,9877	88,48	0,9855	83,99
5	0,9865	86,53	0,9848	83,56
6	0,9856	83,54	0,9831	80,86
7	0,9851	82,86	0,9805	78,43
8	0,9850	80,85	0,9782	78,70
<b>50% sacarose</b>				
0 ( <i>in natura</i> )	0,9933	93,27	0,9958	93,66
1	0,9913	90,60	0,9934	89,11
2	0,9900	89,42	0,9889	85,42
3	0,9887	86,94	0,9854	84,55
4	0,9864	85,22	0,9825	82,11
5	0,9860	85,60	0,9808	80,84
6	0,9851	82,95	0,9788	77,89
7	0,9829	80,83	0,9777	75,70
8	0,9801	78,30	0,9740	75,64
<b>60% sacarose</b>				
0 ( <i>in natura</i> )	0,9933	93,27	0,9958	93,66
1	0,9898	90,23	0,9922	87,39
2	0,9881	88,83	0,9862	84,89
3	0,9868	86,21	0,9839	83,07
4	0,9839	87,19	0,9790	79,84
5	0,9828	85,92	0,9762	79,16
6	0,9818	80,08	0,9730	74,70
7	0,9817	81,68	0,9662	72,19
8	0,9771	79,76	0,9587	70,39

a<sub>w</sub>: atividade de água; UMID: umidade.

Nos tempos e concentrações máximos estudados, houve uma redução de 1,6% e 3,7% nos valores de atividade de água em relação ao valor inicial nas temperaturas de 40 e 50°C, respectivamente.

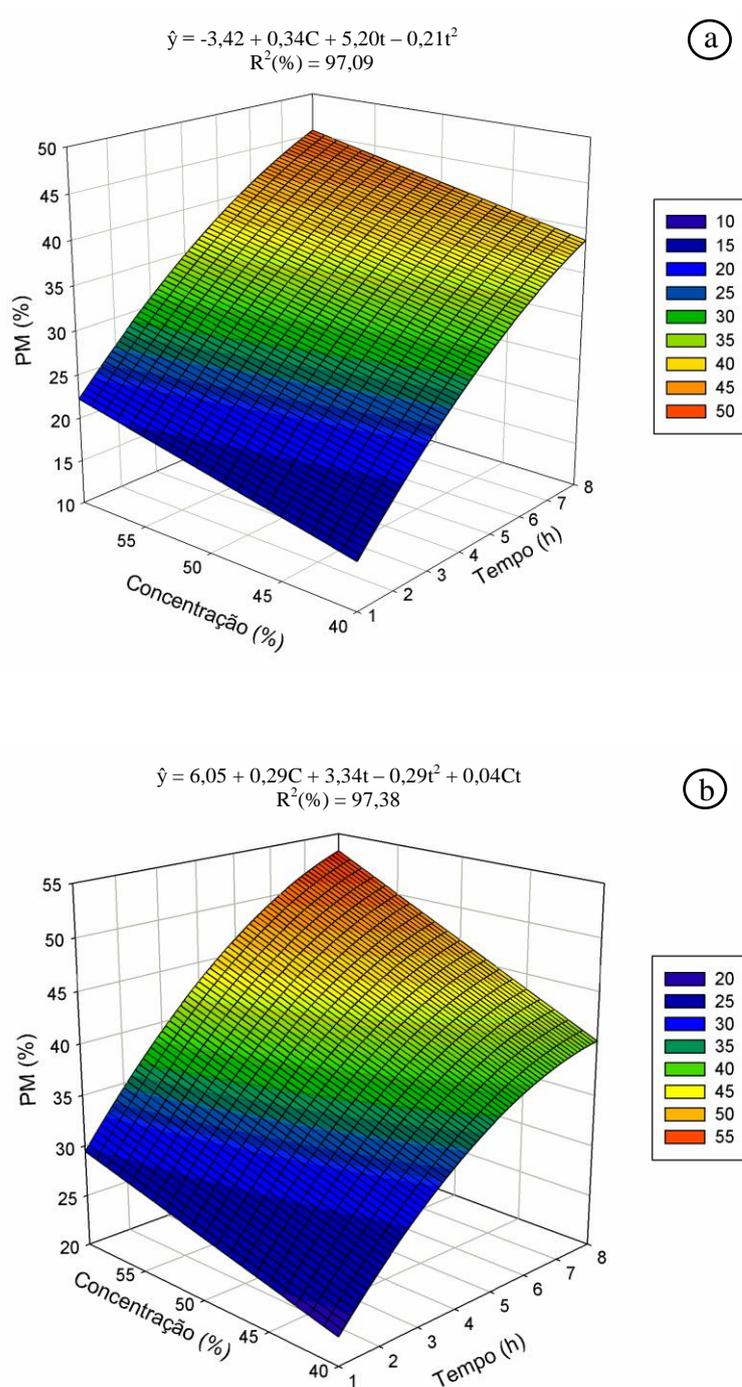
Comportamento semelhante foi observado por Campos et al. (2012) ao estudarem o efeito de diferentes variáveis no processo de desidratação osmótica em fatias de carambola. Porém, esses autores encontraram valores menores (0,934 a 0,940) em relação ao presente estudo ao final de 8 horas de processo. Essa diferença pode ser explicada pela utilização de agitação da solução desidratante, que segundo Dionello et al. (2011) proporciona maior perda de água quando comparada com amostras que não são submetidas a desidratação osmótica com agitação.

Apesar dos valores de  $a_w$  terem diminuído após a desidratação osmótica em relação à fruta *in natura*, ainda encontram-se muito acima da faixa de segurança recomendada (abaixo ou entre 0,6-0,7) para inibir o crescimento de qualquer tipo de microrganismo. Tal comportamento confirma o fato da desidratação osmótica ser considerada uma técnica de pré-tratamento, sendo necessário a utilização de um tratamento de conservação adicional para manter a estabilidade do produto final.

Variações mais expressivas nos valores de umidade final das carambolas foram observadas nas duas temperaturas para a solução de maior concentração de sacarose. Os resultados encontrados para a umidade corroboram o comportamento observado para a atividade de água, já que estas duas variáveis estão relacionadas.

## **5.2 Perda de massa (PM), perda de água (PA) e incorporação de sólidos (IS)**

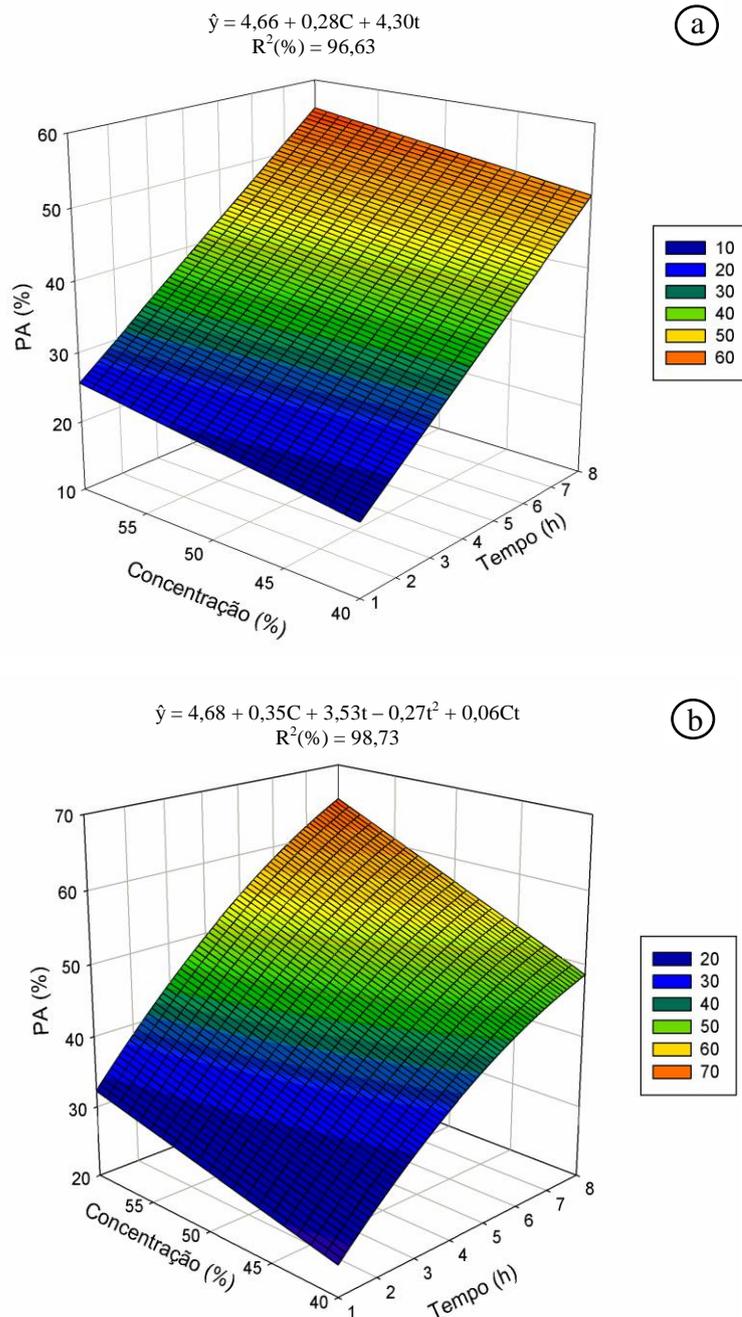
Na análise de perda de massa, os efeitos lineares da concentração da solução e do tempo de imersão e efeito quadrático do tempo de imersão na temperatura de 40°C, e os efeitos lineares da concentração da solução e do tempo de imersão, efeito quadrático do tempo de imersão e interação entre concentração e tempo para a temperatura de 50°C, foram os mais importantes para explicar essa resposta. Através dos coeficientes de determinação, nas duas temperaturas da solução de sacarose, observou-se que aproximadamente 97% da variação total nessa resposta foi explicada pelos modelos ajustados (Figura 8).



**Figura 8.** Efeito do tempo de imersão e da concentração da solução osmótica na perda de massa de carambolas desidratadas osmoticamente nas temperaturas de 40°C (a) e 50°C (b).

A concentração de sacarose da solução e o tempo de imersão dos frutos influenciaram a perda de massa das fatias de carambola. O aumento da concentração de sacarose seguida de maior exposição à solução desidratante acarretou um aumento da PM. Porém, os maiores incrementos na perda de massa ocorreram nas primeiras 4 horas do processo de desidratação osmótica para as duas temperaturas estudadas.

A perda de água foi afetada significativamente ( $p < 0,05$ ) pela concentração da solução osmótica e pelo tempo de exposição. O modelo completo apresentou 96,63% da variação e apenas o efeito linear foi significativo na temperatura de 40°C. Enquanto que na temperatura de 50°C, os efeitos lineares do tempo de imersão e da concentração da solução, efeito quadrático do tempo de imersão e interação entre concentração e tempo foram os mais importantes (Figura 9).

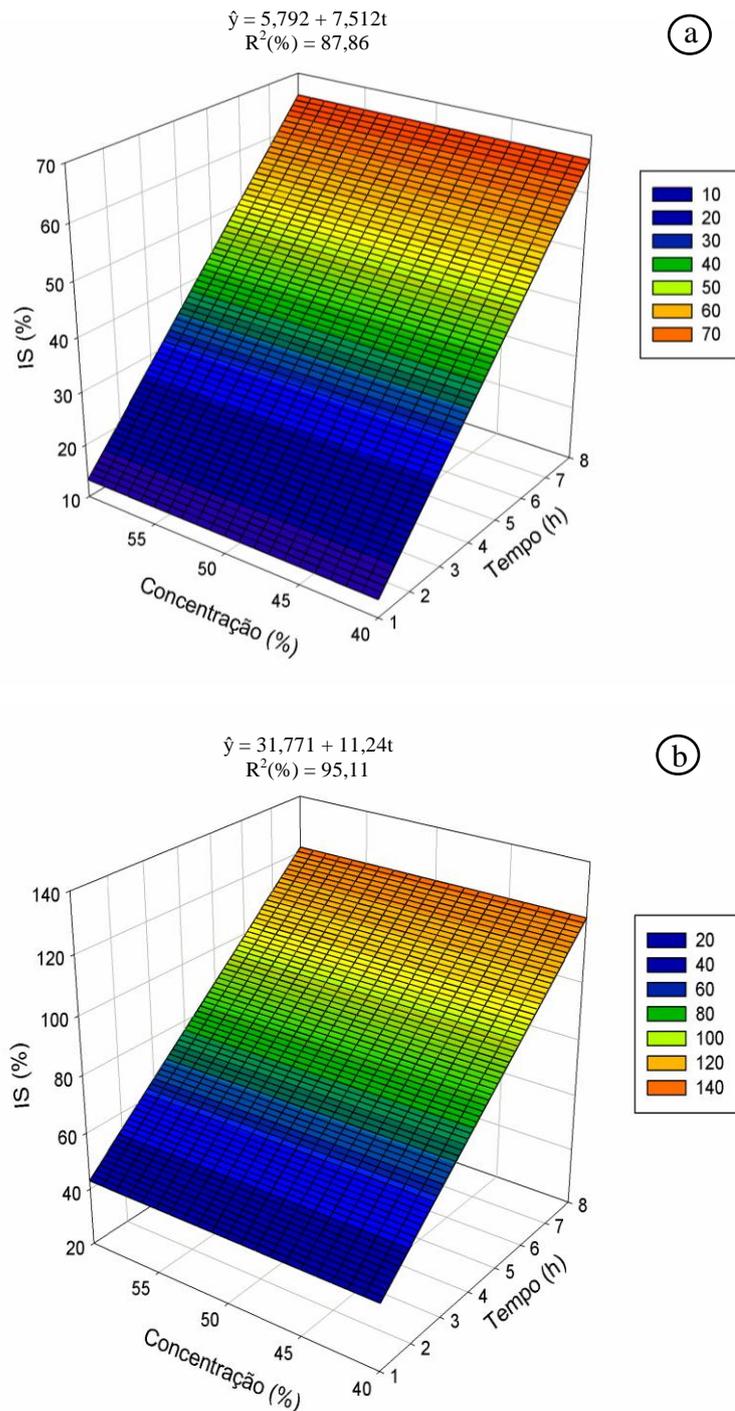


**Figura 9.** Efeito do tempo de imersão e da concentração da solução osmótica na perda de água de carambolas desidratadas osmoticamente nas temperaturas de 40°C (a) e 50°C (b).

Como observado nos valores de PM, houve um aumento na PA nas maiores concentrações de sacarose ao longo do tempo de imersão, visto que soluções mais concentradas facilitam a saída de água do alimento em função do maior gradiente de concentração osmótico. A elevação da concentração da solução osmótica induz o aumento na transferência de água da fruta para a solução devido ao aumento do gradiente de pressão (FERNANDES et al.; TELES et al., 2006).

Verificou-se maior taxa de perda de água no início da desidratação osmótica. Este comportamento também foi observado por Dionello et al. (2011) ao desidratarem osmoticamente abacaxi 'Pérola' em açúcar invertido nas mesmas temperaturas do presente trabalho. Segundo Raoult-Wack (1994), com o decorrer do tempo de desidratação osmótica as taxas de transferência de massa tornam-se progressivamente mais lentas até pararem a perda de água.

A incorporação de sólidos foi afetada significativamente ( $p < 0,05$ ) pelo tempo de imersão, sendo o efeito linear o mais importante em ambas as temperaturas. Os altos coeficientes de determinação de 87,86% e de 95,11% nas temperaturas de 40 e 50°C, respectivamente, indicam a adequação dos modelos propostos (Figura 10).



**Figura 10.** Efeito do tempo de imersão e da concentração da solução osmótica na incorporação de sólidos em carambolas desidratadas osmoticamente nas temperaturas de 40°C (a) e 50°C (b).

Verificou-se que houve aumento do ganho de sólidos em cada intervalo de tempo e em todas as concentrações estudadas. Resultado semelhante foi relatado por Rastogi e Raghavarao (2004), os quais observaram que a incorporação de sólidos em cubos de abacaxi aumentou em todos os intervalos de tempo analisados.

Na maioria dos casos, as taxas de remoção de água e de penetração de soluto são maiores na fase inicial do processo devido à maior força de desidratação entre o alimento e

a solução hipertônica (LENART, 1996). Tanto a impregnação de solutos quanto a perda de água promovem o aumento do teor de sólidos solúveis na fruta, o que pode ocasionar grandes alterações nas características sensoriais e nutricionais quando comparada à fruta *in natura*. O ideal é que ocorra a máxima perda de massa e de água com menor incorporação de soluto com conseqüente redução da atividade de água. Observou-se que esse comportamento ocorreu nas primeiras 4 horas de processamento, sendo este o tempo máximo para que as alterações desejáveis sejam alcançadas.

Os valores médios dos dados experimentais encontrados para as análises de perda de massa (PM), perda de água (PA) e incorporação de sólidos (IS) das carambolas, ao longo do tempo de estudo, estão apresentados na Tabela 2.

**Tabela 2.** Valores médios das perdas de massa, perdas de água e incorporação de sólidos de carambolas desidratadas osmoticamente nas temperaturas de 40 e 50°C, ao longo do tempo de imersão.

Tempo de imersão (h)	40°C			50°C		
	PM (%)	PA (%)	IS (%)	PM (%)	PA (%)	IS (%)
<b>40% sacarose</b>						
1	17,88	18,48	19,63	20,30	23,81	35,38
2	20,06	22,04	16,86	27,22	29,38	47,75
3	24,78	29,32	23,36	30,77	34,48	63,25
4	27,52	33,03	28,08	34,79	38,73	74,04
5	30,06	35,58	38,90	34,29	39,32	77,16
6	32,05	43,58	51,23	37,18	44,26	97,13
7	36,36	45,13	53,27	38,76	46,22	108,65
8	36,91	49,39	64,86	40,37	48,70	115,19
<b>50% sacarose</b>						
1	17,91	21,97	12,22	25,71	26,00	34,21
2	22,28	27,89	18,14	33,87	36,30	62,23
3	27,30	33,32	38,72	36,63	39,83	64,10
4	31,32	39,68	43,58	39,67	44,33	80,72
5	35,88	40,89	37,57	42,02	46,93	86,25
6	37,25	44,86	55,30	42,33	50,57	108,63
7	42,06	48,79	67,68	45,55	54,77	115,66
8	44,47	55,00	67,89	47,95	57,49	115,56
<b>60% sacarose</b>						
1	19,40	23,71	14,45	28,59	32,56	44,78
2	28,64	28,37	24,82	35,78	39,27	61,16
3	32,02	38,21	32,39	37,19	42,91	72,49
4	34,45	40,54	23,97	40,93	50,73	84,55
5	36,20	41,34	32,92	46,44	51,38	90,96
6	41,75	46,08	63,31	48,84	58,78	105,59
7	44,10	50,83	52,84	51,34	63,44	107,47
8	44,04	52,00	68,30	53,15	63,67	123,62

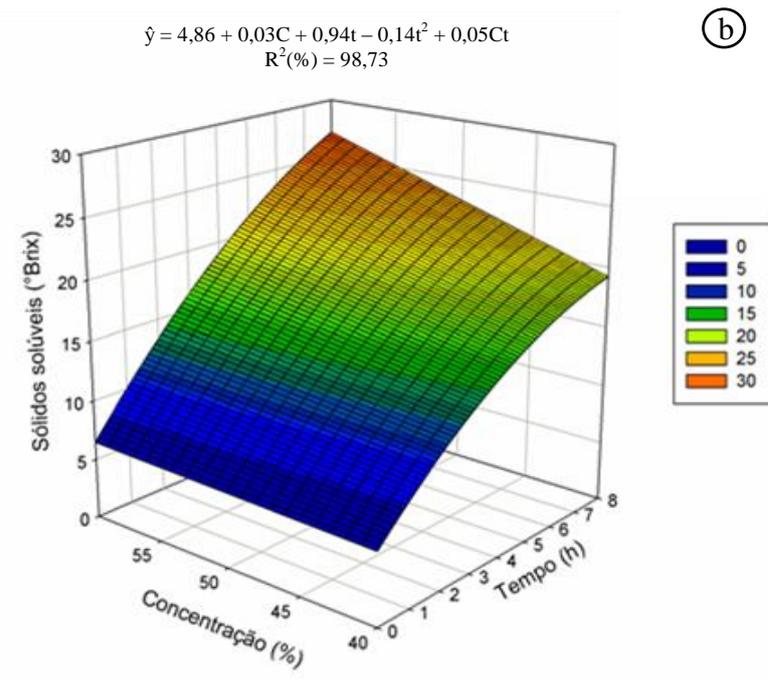
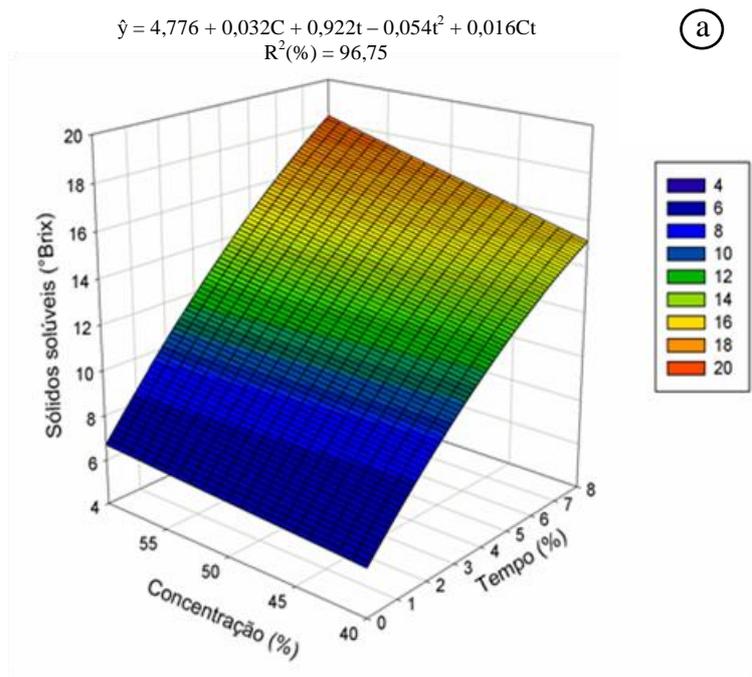
PM: perda de massa; PA: perda de água; IS: incorporação de sólidos.

Observou-se que as perdas de massa variaram entre 17 a 44% e de 20 a 53% para as temperaturas de 40 e 50°C, respectivamente. Os resultados encontrados estão próximos aos relatados por Shigematsu et al. (2005) e Kaymak-Ertekin e Sultanoğlu (2000) ao estudarem, respectivamente, a influência de pré-tratamentos sobre a desidratação osmótica de carambola e a transferência de massa durante a desidratação osmótica de maçã.

As perdas percentuais de água (PA%) variaram de aproximadamente 55 a 64% para os tempos e níveis de concentração máximos estudados, nas temperaturas de 40 e 50°C respectivamente. Esses valores encontram-se próximos das perdas de água de carambola estudada por Campos et al. (2012). Perdas de água mais expressivas, com mais de 80% para concentrações até 50 °Brix de sacarose, foram encontradas por Martins et al. (2008) ao estudarem as condições da desidratação osmótica na qualidade de passas de caju-do-cerrado.

#### ***5.6 Sólidos solúveis da carambola (SS) e sólidos solúveis da solução osmótica (SSO)***

O teor de sólidos solúveis da carambola foi afetado significativamente ( $p < 0,05$ ) pelos efeitos lineares do tempo de imersão e da concentração da solução, efeito quadrático do tempo de imersão e interação entre concentração e tempo nas duas temperaturas avaliadas (Figura 11).



**Figura 11.** Efeito do tempo de imersão e da concentração da solução osmótica no teor de sólidos solúveis de carambolas desidratadas osmoticamente nas temperaturas de 40°C (a) e 50°C (b).

Os sólidos solúveis da carambola aumentaram à medida que foram elevados os tempos de imersão e níveis de concentração da solução osmótica.

Os valores médios dos dados experimentais encontrados para as análises dos teores de sólidos solúveis da carambola e das soluções osmóticas estão apresentados na Tabela 3.

**Tabela 3.** Valores médios dos teores de sólidos solúveis de carambolas desidratadas osmoticamente e das soluções osmóticas nas temperaturas de 40 e 50°C, ao longo do tempo de imersão.

Tempo de imersão (h)	40°C		50°C	
	SS (°Brix)	SSO (°Brix)	SS (°Brix)	SSO (°Brix)
<b>40% sacarose</b>				
0 ( <i>in natura</i> )	5,67	40,10	5,53	40,34
1	8,67	39,63	9,01	39,81
2	9,20	39,54	11,75	39,70
3	10,21	39,40	12,80	39,48
4	11,11	39,24	14,93	39,19
5	11,97	39,16	15,82	39,10
6	12,59	39,05	17,65	39,02
7	14,97	38,93	19,23	38,93
8	14,90	38,87	19,95	38,89
<b>50% sacarose</b>				
0 ( <i>in natura</i> )	5,67	50,20	5,53	50,20
1	8,64	49,58	9,60	49,34
2	9,90	49,50	11,91	49,09
3	10,68	49,19	15,63	48,78
4	11,76	49,01	17,27	48,56
5	13,02	48,70	17,86	48,50
6	15,18	48,59	20,11	48,28
7	15,97	48,52	22,36	48,09
8	17,48	48,47	22,20	48,09
<b>60% sacarose</b>				
0 ( <i>in natura</i> )	5,67	60,49	5,52	60,78
1	9,37	59,81	11,11	59,61
2	10,54	59,29	14,33	59,14
3	12,53	59,21	15,68	59,03
4	13,26	58,98	19,51	58,58
5	14,58	58,80	21,54	58,24
6	16,56	58,53	22,97	57,98
7	15,73	58,42	25,72	57,91
8	18,17	58,33	28,52	57,89

SS: sólidos solúveis da carambola; SSO: sólidos solúveis da solução osmótica.

O teor de sólidos solúveis da solução osmótica diminuiu gradativamente em todos os níveis de concentração da solução e em todos os tempos de imersão avaliados, em ambas as temperaturas. Esse resultado confirma a transferência de massa, anteriormente observada nas outras análises físicas, que ocorreu entre as carambolas e a solução desidratante durante o processo de desidratação osmótica.

Observou-se que os maiores valores de perda de água, perda de massa, incorporação de sólidos, teor de sólidos solúveis da carambola e menores valores de atividade de água e umidade foram obtidos no final do processo de desidratação osmótica em todas as concentrações da solução desidratante nas duas temperaturas avaliadas, enquanto que as menores alterações ocorreram na desidratação com soluções menos concentradas. Porém, as maiores variações nas taxas de transferência de massa foram observadas no início da desidratação osmótica dos frutos. A maior temperatura da solução osmótica e maior concentração de sacarose, 50°C e 60% respectivamente, promoveram mudanças mais expressivas em todas as variáveis estudadas.

## 6 CONCLUSÕES

Considerando-se as condições em que o experimento foi conduzido, pode-se concluir que:

- Todas as variáveis estudadas, perda de massa (PM), perda de água (PA), atividade de água ( $a_w$ ), umidade (UMID) e teor de sólidos solúveis (SS) foram influenciadas pela concentração do meio osmótico e pelo tempo de imersão das carambolas, em ambas as temperaturas estudadas. A única exceção foi a incorporação de sólidos (IS) que foi afetada somente pelo tempo de desidratação osmótica;

- A perda de massa, perda de água e teor de sólidos solúveis dos frutos foram maiores quando se usou maior concentração de sacarose e maior tempo de imersão da carambola na solução osmótica;

- O teor de sólidos solúveis da solução osmótica e atividade de água e umidade da carambola diminuíram à medida que elevou-se a concentração da solução osmótica e o tempo de exposição a esta;

- A incorporação de sólidos (IS) por parte da carambola foi maior à medida que houve aumento no tempo de processamento;

- As principais alterações esperadas nesse tipo de processo, maior perda de água e de massa e menor incorporação de sólidos, aconteceram nas primeiras 4 horas de desidratação osmótica, sendo este considerado o tempo máximo de processamento nas condições avaliadas. Maior tempo de exposição das carambolas à solução desidratante pode ocasionar perdas de energia, maior custo e depreciação das características sensoriais do produto final devido à grande incorporação de solutos;

- Obteve-se com a maior concentração de solução osmótica, isto é, 60% de sacarose, valores mais desejáveis em todas as variáveis estudadas, nas duas temperaturas avaliadas, em relação às demais concentrações, indicando ser esta uma possível concentração para o processamento industrial. Todavia é preciso salientar que, apesar da maior transferência de massa observada, análises sensoriais devem ser realizadas para se confirmar a palatabilidade e aceitabilidade do produto;

- Na temperatura de 50°C foram obtidos os melhores resultados em todas as variáveis quando comparadas com a temperatura de 40°C, portanto, sendo esta a

temperatura da solução desidratante mais indicada para a desidratação osmótica dentre as condições estudadas;

- Os elevados coeficientes de determinação confirmam a adequação dos modelos ajustados para expressar a variação total observada nas respostas.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABD KARIM, A.; CHEE WAI, C. Foam-mat drying of starfruit (*Averrhoa carambola* L.) purée. Stability and air drying characteristics. **Food Chemistry**, v. 64, n. 3, p. 337-343, 1999.

ARAÚJO, P. S. R.; SCARPARE FILHO, J. A.; MINAMI, K. **Carambola**: fruto com formato e sabor únicos. Piracicaba: ESALQ/DIBD, 2000. 34 p.

ARAÚJO, P. S. R.; MINAMI, K. Seleção de caramboleiras pelas características biométricas e físico-químicas dos frutos. **Scientia Agricola**, v. 58, n. 1, p. 91-99, 2001.

BELITZ, H. D.; GROSCH, W. **Química de los alimentos**. Zaragoza: Editorial Acribia S.A., 1988. 813 p.

BOBBIO, F. O.; BOBBIO, P. A. **Introdução à química de alimentos**. 2. ed. São Paulo: Livraria Varela, 1992. 223 p.

BRANDÃO, M. C. C.; MAIA, G. A.; LIMA, D. P.; PARENTE, E. J. S.; CAMPELLO, C. C.; NASSU, R. T.; FEITOSA, T.; SOUSA, P. H. M. Análise físico-química, microbiológica e sensorial de frutos de manga submetidos à desidratação osmótico-solar. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 25, n. 1, p. 38-41, 2003.

CAMPOS, C. D. M.; SATO, A. C. K.; TONON, R. V.; HUBINGER, M. D.; CUNHA, R. L. Effect of process variables on the osmotic dehydration of star-fruit slices. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 32, n. 2, p. 357-365, 2012.

CARVALHO, A. V.; MOREIRA, D. K. T.; SOUZA, L. Q.; VASCONCELOS, M. A. M. **Desidratação osmótica de carambola (*Averrhoa carambola* L.) seguida de secagem em estufa**. Belém: Embrapa, 2006. 18 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento) Disponível em [http://www.cpatu.embrapa.br/publicacoes\\_online/boletim-de-](http://www.cpatu.embrapa.br/publicacoes_online/boletim-de-)

pesquisa/2006/desidracao-osmotica-de-carambola-averrhoa-carambola-l-seguida-de-secagem-em-estufa>. Acesso em: 26 mar. 2012.

CRANE, J. H. **The carambola (star fruit)**. Florida: University of Florida, 1994. 6p. (Fact Sheet HS-12, série do Departamento de Ciência de Horticultura). Disponível em <<http://university.uog.edu/cals/people/PUBS/Carambol/MG26900.pdf>>. Acesso em: 04 dez. 2012.

DEL VALLE, J. M.; CUADROS, T. R. M.; AGUILERA, J. M. Glass transitions and shrinkage during drying and storage of osmosed apple pieces. **Food Research International**, v. 31, n. 3, p. 191-204, 1998.

DHINGRA, D.; SINGH, J.; PATIL, R. T.; UPPAL, D. S. Osmotic dehydration of fruits and vegetables: a review. **Journal of Food Science and Technology**, v. 45, n. 3, p. 209-217, 2008.

DIONELLO, R. G.; BERBERT, P. A.; MOLINA, M. A. B.; CARLESSO, V. O.; PEREIRA, R. C. Desidratação osmótica de abacaxi pérola em açúcar invertido. **Revista Brasileira de Armazenamento**, v. 36, n. 1, p. 53-63, 2011.

DONADIO, L. C.; SILVA, J. A. A.; ARAÚJO, P. R. S.; PRADO, R. M. **Caramboleira (Averrhoa carambola L.)**. Jaboticabal: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 2001. 81p. (Série Frutas Potenciais).

EIROA, U. M. N. Atividade de água: influência sobre o desenvolvimento de microrganismos e métodos de determinação em alimentos. **Boletim do Ital**, v. 18, n. 3, p. 353-383, 1981.

EPSTEIN, L. Carambola e fruta-pão: comunicação. **Bahia Agrícola**, v. 4, n. 1, p. 14-18, 2000. Disponível em: <[http://www.seagri.ba.gov.br/RevBaAgr/rev\\_112000/carampao.htm](http://www.seagri.ba.gov.br/RevBaAgr/rev_112000/carampao.htm)>. Acesso em: 03 dez. 2012.

ERTEKIN, F. K.; ÇAKALOZ, T. Osmotic dehydration of peas: influence of process variables on mass transfer. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 20, n. 2, p. 87-104, 1996.

FERNANDES, F. A. N.; RODRIGUES, S.; GASPARETO, O. C. P.; OLIVEIRA, E. L. Optimization of osmotic dehydration of papaya followed by air-drying. **Food Research International**, v. 39, n. 4, p. 492-498, 2006.

FERRANDO, M.; SPIESS, W. E. L. Cellular response of plant tissue during the osmotic treatment with sucrose, maltose and trehalose solutions. **Journal of Food Engineering**, v. 49, n. 2-3, p. 115-127, 2001.

GALÁN SAÚCO, V.; MENINI, U. G.; TINDALL, H. D. **Carambola cultivation**. Rome: FAO, 1993. 74 p.

GONÇALVES, E. C. B. A. **Análise de alimentos**: uma visão química da nutrição. 2. ed. São Paulo: Livraria Varela, 2006. 274 p.

IAL – INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4. ed. São Paulo: IAL, 2004. 1004 p.

JAYARAMAN, K. S.; DAS GUPTA, D. K. Drying of fruits and vegetables. In: MUJUMDAR, A. S. **Handbook of Industrial Drying**. 3. ed. New York: CRC Press, 2006. cap. 25, p. 606-633.

JORGE, L. I. F.; SILVA, A. M.; GONZALES, E.; FIGUEIREDO, T. A. R. *Averrhoa carambola* L. (Oxalidaceae) e *Achras sapota* L. (Sapotaceae) – elementos morfo-anatômicos de orientação diagnóstica. **Revista do Instituto Florestal**, v. 18, n. único, p. 39-48, 2006.

KAYMAK-ERTEKIN, F.; SULTANOĞLU, M. Modelling of mass transfer during osmotic dehydration of apples. **Journal of Food Engineering**, v. 46, n. 4, p. 243-250, 2000.

LEHNINGER, A. L., NELSON, D. L.; COX, M. M. **Principles of biochemistry**. 4. ed. New York: Worth Publishers, 2006.

LENART, A. Osmo-convective drying of fruits and vegetables: technology and application. **Drying Technology**, v. 14, n. 2, p. 391-413, 1996.

LENART, A.; LEWICKI, P. P. Osmotic dehydration of apples at high temperature. In: MUJUMDAR, A. S.; ROQUES, M. **Drying `89**. New York: Hemisphere Publishing Corporation, 1990. cap. 10, p. 501-508.

LENNOX, A.; RAGOONATH, J. Carambola and bilimbi. **Fruits**, v. 45, n. 5, p. 497-501, 1990.

LIEW ABDULLAH, A. G.; SULAIMAN, N. M.; AROUA, M. K.; MEGAT MOHD NOOR, M. J. Response surface optimization of conditions for clarification of carambola fruit juice using a commercial enzyme. **Journal of Food Engineering**, v. 81, n. 1, p. 65-71, 2007.

LOPÉZ-MALO, A.; PALOU, E.; WELTI, J.; CORTE, P.; ARGAIZ, A. Shelf-stable high papaya minimally processed by combined methods. **Food Research International**, v. 27, n. 4, p. 545-553, 1994.

LORENZI, H.; MATOS, F. J. A. **Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas**. São Paulo: Instituto Plantarum de Estudos da Flora Ltda., 2002. 512 p.

MARGEN, S. **The wellness encyclopedia of food and nutrition**. New York: Random House, Inc., 1992. p. 271-282.

MARTINS, M. C. P.; CUNHA, T. L.; SILVA, M. R. Efeito das condições da desidratação osmótica na qualidade de passas de caju-do-cerrado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28 (supl.), p. 158-165, 2008.

MAURO, M. A.; MENEGALLI, F. C. Evaluation of diffusion coefficients in osmotic concentration of bananas (*Musa cavendish* Lambert). **International Journal of Food Science & Technology**, v. 30, n. 2, p. 199-213, 1995.

MORTON, J. F. **Fruits of warm climates**. Miami: Florida Flair Books, 1987. p. 125–128.

NAKASONE, H. K.; PAULL, R. E. **Tropical fruits**. Wallingford: CAB International, 1998. p. 132-148.

NATALE, W.; PRADO, R. M.; ROZANE, D. E.; ROMUALDO, L. M.; SOUZA, H. A.; HERNADES, A. Resposta da caramboleira à calagem. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, n. 4, p. 1136-1145, 2008.

ORDÓÑEZ, J. A. **Tecnologia de alimentos: componentes dos alimentos e processos**. Porto Alegre: Artmed, 2005. v 1. 294 p.

PARK, K. J.; BIN, A.; BROD, F. P. R. Obtenção das isotermas de sorção e modelagem matemática para a pêra bartlett (*Pyrus* sp.) com e sem desidratação osmótica. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 21, n 1, p. 73-77, 2001.

QI, H.; LeMAGUER, M.; SHARMA, S. K. Design and selection of processing conditions of a pilot scale contactor for continuous osmotic dehydration of carrots. **Journal of Food Process and Engineering**, v. 21, n. 1, p. 75-88, 1998.

RAOULT-WACK, A. L. Recent advances in the osmotic dehydration of foods. **Trends in Food Science & Technology**, v. 5, n. 8, p. 255-260, 1994.

RAOULT-WACK, A. L.; LAFONT, F.; RIOS, G.; GUILBERT, S. Osmotic dehydration: study of mass transfer in terms of engineering properties. In: MUJUMDAR, A. S.; ROQUES, M. **Drying '89**. New York: Hemisphere Publishing Corporation, 1989. cap. 10, p. 487-495.

RASTOGI, N. K.; RAGHAVARAO, K. S. M. S. Mass transfer during osmotic dehydration of pineapple: considering Fickian diffusion in cubical configuration. **LWT – Food Science and Technology**, v. 37, n. 1, p. 43-47, 2004.

RASTOGI, N. K.; RAGHAVARAO, K. S. M. S.; NIRANJAN, K.; KNORR, D. Recent developments in osmotic dehydration: methods to enhance mass transfer. **Trends in Food Science & Technology**, v. 13, n. 2, p. 48-59, 2002.

RATTI, C. Hot air and freeze-drying of high-value foods: a review. **Journal of Food Engineering**, v. 49, n. 4, p. 311-319, 2001.

REID, D. S.; FENNEMA, O. R. Água e gelo. In: DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. **Química de alimentos de Fennema**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010. cap. 2, p. 25-74.

RIBEIRO, E. P.; SERAVALLI, E. A. G. **Química de alimentos**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2007. 184 p.

ROZANE, D. E.; PRADO, R. M.; NATALE, W.; ROMUALDO, L. M.; SOUZA, H. A.; SILVA, S. H. M. G. Produção de mudas de caramboleiras ‘B-10’ e ‘Golden Star’: I – parâmetros biológicos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. 4, p. 1300-1310, 2011.

SALINAS, R. D. **Alimentos e nutrição: introdução à bromatologia**. 3 ed. Porto Alegre: Artmed, 2002. 278 p.

SAS. **User’s guide: basic and statistic**. Cary: SAS Institute, Inc., 1995.

SHIGUEMATSU, E.; EIK, N. M.; KIMURA, M.; MAURO, M. A. Influência de pré-tratamentos sobre a desidratação osmótica de carambolas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 3, p. 536-545, 2005.

SIONG, T. E. **Nutrient composition of Malaysia food** – a preliminary table (first update). Kuala Lumpur: Institute for Medical Research, 1985.

SILVA, J. A. **Tópicos da tecnologia de alimentos**. São Paulo: Varela, 2000. 227 p.

SOUZA, T. S. **Desidratação osmótica de frutículos de jaca (*Artocarpus integrifolia* L.): aplicação de modelos matemáticos**. Itapetinga, 2007, 65 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos), Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB).

TEIXEIRA, G. H. A.; DURIGAN, J. F.; DONADIO, L. C.; SILVA, J. A. A. Caracterização pós-colheita de seis cultivares de carambola (*Averrhoa carambola* L.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 23, n. 3, p. 546-550, 2001.

TELES, U. M.; FERNANDES, F. A. N.; RODRIGUES, S.; LIMA, A. S.; MAIA, G. A.; FIGUEIREDO, R. W. Optimization of osmotic dehydration of melons followed by air-drying. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 41, n. 6, p. 674-680, 2006.

TORREGGIANI, D. Osmotic dehydration in fruit and vegetable processing. **Food Research International**, v. 26, n. 1, p. 59-68, 1993.

TORREGGIANI, D.; BERTOLO, G. Osmotic pre-treatments in fruit processing: chemical, physical and structural effects. **Journal of Food Engineering**, v. 49, n. 2, p. 247-253, 2001.

VIAL, C.; GUILBERT, S.; CUQ, J. L. Osmotic dehydration of kiwi fruits: influence of process variables on the color and ascorbic acid content. **Sciences des Aliments**, v. 11, n. 1, p. 63-84, 1991.