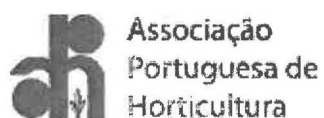




3º Simpósio Nacional de Fruticultura

Vila Real, 4 e 5 de dezembro de 2014



Associação
Portuguesa de
Horticultura



Ficha Técnica:

Título: 2º Simpósio Nacional de Fruticultura

Colecção: Actas Portuguesas de Horticultura, nº 23

Editor: ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA DE HORTICULTURA

Rua da Junqueira, 299 – 1300-338 Lisboa

Coordenação: Raúl Rodrigues e Ana Paula Silva

Autores: vários

Edição e Coordenação: Raúl Rodrigues e Ana Paula Silva

Tiragem: 200 exemplares

ISBN: 978-972-8936-16-7

3º Simpósio nacional de Fruticultura

Organização:

- Associação Portuguesa de Horticultura (APH)
- Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro (UTAD)
- Centro de Investigação e Tecnologias Agroambientais e Biológicas (CITAB)
- Centro Operativo e Tecnológico de Hortofrutícola Nacional (COTHN)

Comissão organizadora:

- Ana Paula Silva (UTAD/CITAB) (Presidente)
- Ana Alexandra Oliveira (UTAD/CITAB)
- Ana Paula Nunes (COTHN)
- Berta Gonçalves (UTAD/CITAB-APH)
- Carlos Ribeiro (UTAD/CITAB)
- Eduardo Rosa (UTAD/CITAB)
- M^a Carmo Martins (COTHN)
- Raúl Rodrigues (ESA-IPVC/APH/CIMO)

Comissão Científica:

- Prof. Doutor Alberto Santos – UTAD
- Prof. Doutor Amílcar Duarte – UAlg
- Prof. Doutor António Ramos – ESA-IPCB
- Prof.^a Doutora Cristina Oliveira – ISA
- Prof. Doutor David Horta Lopes – UAçores
- Prof. Doutor Domingos Almeida – ISA
- Prof. Doutor Eduardo Rosa – UTAD
- Doutora Graça Barreiro – INIAV
- Prof.^a Doutora Isabel Mourão – ESA-IPVC
- Prof. Doutor José Alberto Pereira – ESA-IPB
- Prof.^a Doutora Justina Franco – ESAC
- Prof.^a Doutora Laura Torres – UTAD
- Prof. Doutor Miguel Brito – ESA-IPVC

Efeito da desidratação osmótica nas propriedades físico-químicas de castanha fatiada

Teresa Delgado^{1,2}, Bruna Paim³, José Alberto Pereira¹, Susana Casal² & Elsa Ramalhosa¹

¹Centro de Investigação de Montanha (CIMO) – Escola Superior Agrária, Instituto Politécnico de Bragança, Campus de Stª Apolónia, Apartado 1172, 5301-855 Bragança, Portugal

²REQUIMTE, Serviço de Bromatologia e Hidrologia, Faculdade de Farmácia da Universidade do Porto, Rua de Jorge Viterbo Ferreira n.º 228, 4050-313 PORTO, Portugal

³Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Farroupilha Alegrete, Campus Alegrete, Alegrete, Brasil

Resumo

O objetivo do presente trabalho foi o de avaliar o papel da temperatura (30; 45 e 60 °C), tempo (2,5; 5,0 e 7,5 h) e concentração da solução osmótica (sacarose) (60, 70 e 80%, m/v) sobre algumas propriedades físico-químicas da castanha, variedade Longal, (variação de cor, redução de peso, ganho de sólidos, perda de água, teor de humidade e teor de humidade normalizado), utilizando a Metodologia de Superfície de Resposta. Os modelos obtidos para estas propriedades apresentaram bons ajustes com coeficientes de determinação (R^2) entre 0,850 e 0,976 e um R^2 -ajustado entre 0,715 e 0,954, permitindo prever os dados experimentais com bastante rigor. Verificou-se que a temperatura e a concentração de soluto tiveram um papel importante em todas as propriedades analisadas. Contudo, a concentração de soluto não influenciou significativamente a variação de cor. Já o tempo foi um fator importante para a variação de cor, ganho de sólidos, teor de humidade e teor de humidade normalizado. Tal como previsto, foram observadas maiores variações de cor a temperaturas e tempos mais elevados. O teor de humidade e o teor de humidade normalizado foram menores para concentrações de soluto e temperaturas maiores. Observou-se também uma maior perda de peso e maior ganho de sólidos, a concentrações de soluto, temperaturas e tempos mais elevados. A maior perda de água foi observada para as concentrações de soluto e temperaturas mais elevadas, não sendo afetada pelo tempo.

Palavras-chave: *Castanea sativa* Miller; Longal; Metodologia de Superfície de Resposta; Cor; Ganho de sólidos; Teor de Humidade.

Abstract

Effect of osmotic dehydration on physico-chemical properties of chestnut slices. The aim of this study was to evaluate the role of temperature (30, 45 and 60 °C), time (2.5, 5.0 and 7.5 h) and osmotic solution concentration (sucrose) (60, 70 and 80% w/v) on some physicochemical properties of chestnut (colour variation, weight reduction, solid gain, water loss, moisture content and normalized moisture content) using the Response Surface Methodology. The models obtained for these properties showed good fits with determination coefficients (R^2) between 0.850 and 0.976, and R^2 -adjusted between 0.715 and 0.954, allowing the prediction of experimental data with great accuracy. It was found that temperature and solute concentration had an important role in all properties analyzed; however, the solute concentration did not significantly influence the color variation. On the other hand, time was an important factor for the color variation, solid gain, moisture content and normalized moisture content. As expected, higher color variations were observed at higher temperatures and time. The lowest moisture and normalized moisture contents were obtained at high solute concentrations and temperatures. A higher weight loss and solids gain were observed at higher

solute concentrations, temperatures and time. Nevertheless, the highest water loss was observed for the highest solute concentration and temperature, not being affected by time.

Keywords: *Castanea sativa* Miller; Longal; Response Surface Methodology; Colour; Solid Gain; Moisture Content.

Introdução

A produção de castanha é uma atividade económica importante para alguns países da Europa. Este continente contribui com 6,4% da produção mundial de castanha, sendo Portugal responsável por cerca de 15% da produção europeia (FAO, 2014). A região de Trás-os-Montes contribui com 80,5% da produção nacional (INE, 2014).

A castanha é um fruto sazonal e pouco estável ao armazenamento prolongado, ocorrendo algumas alterações, tais como, significativa perda de peso e desenvolvimento de fungos. Com vista a retardar este tipo de alterações e permitir o seu consumo mais alargado é importante encontrar alternativas para a conservação deste produto. A desidratação osmótica (DO) tem-se mostrado uma tecnologia promissora na preservação de produtos perecíveis (Rastogi et al., 2002; Shi & Le Maguer, 2002) e na sua disponibilização para regiões distantes da área de produção, além de ser um método simples e de baixo custo (Shi & Le Maguer, 2002). A DO consiste na imersão do alimento numa solução osmótica. A estrutura celular do tecido permite que a perda de água e o ganho de solutos ocorra simultaneamente até um ponto de equilíbrio (Rastogi et al., 1997). Ambos os fluxos de massa são afetados por muitos fatores, tais como temperatura, tempo e concentração de solutos da solução osmótica, entre outros (Lazarides, 1994; Torreggiani, 1993).

A maioria dos estudos de DO realizados até ao momento em castanha têm-se centrado em variedades espanholas utilizando diferentes agentes osmóticos e temperaturas. Os agentes osmóticos estudados têm incluído o cloreto de sódio, glucose e soluções de sacarose, com concentrações usuais entre os 40 e 60%, sendo em alguns casos mais baixas para o cloreto de sódio (17 a 26,5%). A gama de temperatura estudada tem variado de 25 a 65 °C (Chenlo et al., 2006a, 2006b, 2007; Moreira et al., 2007, 2008, 2011a, 2011b).

A fim de melhorar e otimizar processos pela combinação e análise do papel dos diferentes fatores (e.g. temperatura, concentração de soluto, tempo, etc.) e minimizar análise de erros, têm sido desenvolvidas técnicas estatísticas. A Metodologia de Superfície de Resposta (*Response Surface Methodology*) é uma dessas técnicas onde se conjuga a influência de variáveis independentes (fatores) nas variáveis de interesse. Além de ter a vantagem de analisar os efeitos das variáveis independentes e da sua interação, esta metodologia gera um modelo matemático que descreve os processos químicos ou bioquímicos a estudar (Anjum et al., 1997).

Deste modo, o objetivo do presente trabalho foi o de avaliar o papel da temperatura (30; 45 e 60 °C), tempo (2,5; 5,0 e 7,5 h) e concentração da solução osmótica (sacarose) (60, 70 e 80%) sobre algumas propriedades físico-químicas da castanha (variação de cor, perda de peso, ganho de sólidos, perda de água, teor de humidade e teor de humidade normalizado), recorrendo à Metodologia de Superfície de Resposta.

Material e Métodos

Material Biológico

As castanhas utilizadas neste estudo foram adquiridas em Bragança, em Novembro de 2013, e armazenadas em câmaras frigoríficas (4±1 °C) até à realização dos ensaios de desidratação osmótica. A variedade de castanha utilizada neste estudo foi a Longal. As castanhas usadas nos ensaios foram obtidas após remoção cuidadosa da casca exterior e laminagem em fatias com uma espessura de 4 a 6 mm.

Desidratação Osmótica

As soluções osmóticas foram preparadas a partir de açúcar comercial (sacarose) e água destilada. As concentrações de sacarose utilizadas foram 60, 70 e 80% (m/v), a três temperaturas diferentes (30, 45 e 60 °C) e tempos de contacto (2,5; 5,0 e 7,5 h).

A desidratação foi realizada em copos de 1 L onde se colocavam 70 g de castanha fresca fatiada e 700 mL de solução de açúcar, com agitação constante a 310 rpm. Em cada uma das experiências foram usadas soluções osmóticas frescas. Após a remoção da solução de sacarose, as amostras foram escorridas e secas com papel absorvente para remover o excesso de solução. Os ensaios foram realizados em duplicado.

A fim de acompanhar adequadamente a cinética de desidratação osmótica, foram analisados vários parâmetros, tais como: a redução de peso (*WR*), ganho de sólidos (*SG*), a perda de água (*WL*) e teor de humidade normalizado (*NMC*), determinados de acordo com as seguintes expressões (1-4) (Lerici et al., 1985):

$$WR = \frac{M_0 - M}{M_0} \quad (\text{Eq. 1)}$$

$$SG = \frac{m - m_0}{M_0} \quad (\text{Eq. 2)}$$

$$WL = WR + SG \quad (\text{Eq. 3)}$$

$$NMC = \frac{1 - \frac{m}{M}}{1 - \frac{m_0}{M_0}} = \frac{X}{X_0} \quad (\text{Eq. 4)}$$

onde M_0 e M representa a massa total da amostra antes e após a desidratação osmótica, respetivamente. m_0 e m são o peso inicial de sólidos (matéria seca) da castanha laminada (g) e o peso de sólidos (matéria seca) da castanha laminada após a desidratação osmótica, respetivamente.

Cor

A análise da cor foi realizada na castanha laminada antes e após a desidratação osmótica, usando o colorímetro Minolta CR-400 no espaço de cores *CIELab*, através das coordenadas: L^* , a^* e b^* , usando o software *Spectra Magic Nx* (versão CM-S100W 2.03.0006). A fim de analisar as mudanças de cor devidas ao processo de desidratação osmótica, a diferença total de cor (ΔE^*) foi calculada de acordo com a seguinte equação:

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (\text{Eq. 5)}$$

Desenho Experimental e Análise Estatística

A fim de determinar o efeito de algumas variáveis da desidratação osmótica sobre certas propriedades físico-químicas de castanha, foi utilizada a metodologia de superfície de resposta (RSM) através do software Minitab®. Foram testados três fatores independentes: concentração de sacarose (60, 70 e 80%, m/v), temperatura (30, 45 e 65 °C) e tempo (2,5; 5,0 e 7,5 h).

As variáveis de resposta foram: ΔE^* , *WR*, *SG*, *WL*, *NMC* e teor de humidade. Cada variável a ser otimizada foi codificada em três níveis: -1, 0, 1 (quadro 1). A correspondência entre variáveis codificadas e não codificadas encontra-se indicada no quadro 1. A relação

encontrada entre as variáveis dependentes (ΔE^* , WR , SG , WL , NMC e teor de humidade) e as variáveis operacionais foi estabelecida pelo seguinte modelo polinomial de segunda ordem:

$$Y = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i X_i + \sum_{i=1}^k \beta_{ii} X_i^2 + \sum_{i>j}^k \beta_{ij} X_i X_j \quad (\text{Eq. 6})$$

6)

em que Y é a variável dependente prevista; β_0 é uma constante que corrige a resposta no ponto central da experiência; β_i são os coeficientes de regressão para os termos lineares; β_{ii} são os coeficientes para os termos quadráticos; β_{ij} são os coeficientes relativos ao efeito de interação das variáveis i e j ; X_i e X_j são variáveis independentes, e k igual ao número de fatores independentes.

No total foram realizadas 20 experiências com seis repetições do ponto central (experiências 1, 5, 14, 15, 19 e 20). A fim de reduzir a influência de erros sistemáticos, a sequência das experiências foi estabelecida aleatoriamente. As experiências realizadas no ponto central permitiram estimar o erro experimental, enquanto as outras experiências permitiram o cálculo dos coeficientes de regressão do modelo. A adequação dos modelos foi prevista através do coeficiente de determinação (R^2) e análise de variância (ANOVA).

Resultados e Discussão

Os coeficientes dos polinômios de segunda ordem obtidos para as variáveis dependentes estudadas no presente trabalho encontram-se apresentados no quadro 2. Pela análise dos resultados podemos concluir que foram obtidos bons ajustes entre os dados experimentais e os previstos pelos modelos, originando coeficientes de determinação entre 0,850 e 0,976, e R^2 ajustados entre 0,715 e 0,954. Além disso a falta de ajuste (*lack of fit*) não foi significativa ($p > 0,05$), variando o valor de p entre 0,094 e 0,717.

Em relação à variação total de cor (ΔE^*), concluiu-se pela análise dos dados que a temperatura e o tempo tiveram um papel muito importante, com valores de p para os termos X_2 e X_3 inferiores a 0,001 (quadro 2). Por outro lado, a concentração de soluto não influenciou significativamente a variação de cor. Pela análise da fig. 1A, verificou-se que à medida que se aumentou a temperatura, a variação total de cor também aumentou. Este aumento foi mais significativo a tempos mais elevados (7,5 h) comparativamente com os mais baixos (tempo=2,5 h). Esta maior variação de cor com a temperatura e tempo pode estar relacionada com a ocorrência de reações de escurecimento devido à atividade enzimática da polifenoloxidase durante a desidratação osmótica, bem como reações de acastanhamento não enzimático, ou seja, reações de Maillard e caramelização, favorecidas por temperaturas elevadas.

Em termos do teor de humidade e do teor de humidade normalizado (NMC), foram encontrados comportamentos semelhantes. Neste caso, a concentração de soluto, a temperatura e o tempo foram fatores significativos (quadro 2). Pela análise dos gráficos de superfície de resposta, verificou-se que tanto a concentração de soluto como a temperatura apresentaram efeitos semelhantes. À medida que se aumentou uma destas variáveis, ocorreu uma diminuição do teor de humidade. Pela análise da fig. 1B, observou-se que o tempo influenciou mais acentuadamente a temperaturas baixas (30 °C) do que altas (60 °C), provocando também uma diminuição do teor de humidade.

Em relação à perda de água (WL) (fig. 1C), verificou-se que a concentração de sacarose e a temperatura foram fatores importantes neste parâmetro. Independentemente da temperatura testada, o aumento da concentração de açúcar promoveu a perda de água. A maior perda de água foi observada quando as concentrações de sacarose e as temperaturas foram mais elevadas. Em relação à redução de peso (WR), foi observado um comportamento semelhante ao da perda de água (resultados não apresentados).

No que respeita ao ganho de sólidos (SG), verificou-se que os três fatores testados - concentração de soluto, temperatura e tempo - foram significativos (quadro 2). Contudo, a temperatura foi o fator que mais contribuiu para o ganho de sólidos (maior coeficiente). Pela análise do gráfico de superfície de resposta (fig. 1D), verificou-se que à medida que se

aumentou a concentração de sacarose e a temperatura, o ganho de sólidos aumentou. Foi também observado um comportamento idêntico entre a concentração de sacarose e o tempo (resultados não apresentados), tendo-se obtido um maior ganho de sólidos à medida que se aumentou a concentração do agente osmótico e o tempo.

Em termos gerais, a cor não foi influenciada pela concentração da solução osmótica, ao contrário da temperatura e tempo. Assim, temperaturas mais baixas originaram um produto com uma menor variação de cor, teor de humidade mais elevado e perda de água inferior, o que poderá acarretar um produto com um reduzido tempo de prateleira. Por outro lado, ao aumentar a concentração do agente osmótico e a temperatura consegue-se obter um produto mais estável durante um período de tempo maior, apesar de ocorrer um maior ganho de sólidos, o que poderá ser indesejável.

Conclusões

Em suma, verificou-se que os três fatores estudados - concentração de sacarose, temperatura e tempo - são fatores importantes a ter em conta no processo de desidratação osmótica de castanha laminada, influenciando significativamente algumas características deste produto. Foram obtidos bons ajustes entre os dados experimentais e os previstos pelos modelos, obtendo-se coeficientes de determinação entre 0,850 e 0,976, R^2 ajustados entre 0,715 e 0,954, e um *lack of fit* não significativo ($p > 0,05$). Para o teor de humidade, ganho de sólidos e teor de humidade normalizado, a concentração de sacarose, temperatura e tempo foram fatores significativos. Em relação à variação total de cor (ΔE^*), apenas a temperatura e o tempo foram significativos. Por outro lado, em relação à redução de peso (WR) e à perda de água (WL) o tempo não foi um fator significativo.

Agradecimentos:

A Teresa Delgado agradece à FCT pela bolsa de Doutoramento (SFRH/BD/82285/2011). Os autores agradecem ao CIMO (PEst-OE/AGR/UI0690/2011), ao REQUIMTE (PEst-C/EQB/LA0006/2013) e ao POCTEP - Programa Cooperação Transfronteiriça Espanha-Portugal pelo apoio financeiro através do Projeto "RED/AGROTEC - Red transfronteriza España Portugal de experimentación y transferencia para el desarrollo del sector agropecuario y agroindustrial".

Referências

- Anjum, M. F., Tasadduq, I., & Al-Sultan, K. 1997. Response surface methodology: A neural network approach. *European Journal of Operational Research* 101:65–73.
- Chenlo, F., Moreira, R., Fernández-Herrero, C. & Vázquez, G. 2006a. Mass transfer during osmotic dehydration of chestnut using sodium chloride solutions. *Journal of Food Engineering* 73:164-173.
- Chenlo, F., Moreira, R., Fernández-Herrero, C. & Vázquez, G. 2006b. Experimental results and modeling of the osmotic dehydration kinetics of chestnut with glucose solutions. *Journal of Food Engineering* 74:324-334.
- Chenlo, F., Moreira, R., Fernández-Herrero, C. & Vázquez, G. 2007. Osmotic dehydration of chestnut with sucrose: Mass transfer processes and global kinetics modelling. *Journal of Food Engineering* 78:765-774.
- FAO. 2014. www.faostat.fao.org. Production. Chestnut.
- INE. 2014. www.ine.pt. Dados estatísticas. Produção das principais culturas agrícolas.
- Lazarides, H.N. 1994. Osmotic preconcentration: developments and prospects. In: *Minimal Processing of Foods and Process Optimization. An Interface*. CRC Press, Boca Raton, FJ, pp. 73–85.

- Lerici, C.R., Pinnavaia, T.G., Dalla Rosa, M. & Bartolucci, L. 1985. Osmotic dehydration of fruit: Influence of osmotic agents on drying behavior and product quality. *Journal of Food Science* 50:1217–1226
- Moreira, R., Chenlo, F., Chaguri, L. & Mayor, L. 2011b. Analysis of Chestnut Cellular Tissue during Osmotic Dehydration, Air Drying, and Rehydration Processes. *Drying Technology* 29:10-18.
- Moreira, R., Chenlo, F., Chaguri, L. & Oliveira, H. 2007. Drying of Chestnuts (*Castanea sativa* Mill.) after Osmotic Dehydration with Sucrose and Glucose Solutions. *Drying Technology* 25:1837-1845.
- Moreira, R., Chenlo, F., Chaguri, L. & Vázquez, G. 2011a. Air drying and colour characteristics of chestnuts pre-submitted to osmotic dehydration with sodium chloride. *Food and Bioproducts Processing* 89:109-115.
- Moreira, R., Chenlo, F., Chaguri, L., Fernandes, C. 2008. Water absorption, texture, and color kinetics of air-dried chestnuts during rehydration. *Journal of Food Engineering* 86:584-594.
- Rastogi, N.K., Raghavarao, K.S.M.S. & Nirarjan, K. 1997. Mass transfer during osmotic dehydration of banana, Fickian diffusion in cylindrical configuration. *Journal of Food Engineering* 31:423–432.
- Rastogi, N.K., Raghavarao, K.S.M.S., Nirarjan, K. & Knorr, D. 2002 Recent developments in osmotic dehydration: Methods to enhance mass transfer. *Trends in Food Science and Technology* 13:48–59.
- Shi, J. & Le Maguer, M. 2002 Osmotic dehydration of foods: Mass transfer and modeling aspects. *Food Reviews International* 18:305–335.
- Torreggiani, D. 1993. Osmotic dehydration in fruit and vegetable processing. *Food Research International* 26:59–68.

Quadros e figuras

Quadro 1 - Variáveis independentes e os seus valores codificados e não codificados

Valor codificado	Concentração de sacarose (%, m/v)	Temperatura (°C)	Tempo (h)
-1	60	30	2,5
0	70	45	5,0
1	80	60	7,5

Quadro 2 – Parâmetros dos modelos polinomiais previstos para a ΔE^* , Teor de Humidade, WR , SG , WL e NMC segundo a RSM.

Termos	ΔE^*		Teor de Humidade		WR		SG		WL		NMC	
	Coefficiente	p	Coefficiente	p	Coefficiente	p	Coefficiente	p	Coefficiente	p	Coefficiente	p
Constante	10,3	0,000	20,4	0,000	0,0296	0,032	0,141	0,000	0,170	0,000	0,553	0,000
X ₁	-0,234	0,386	-7,28	0,000	0,0560	0,000	0,0288	0,010	0,0848	0,000	-0,198	0,000
X ₂	4,49	0,000	-3,26	0,011	-0,0178	0,049	0,0455	0,001	0,0277	0,037	-0,0885	0,011
X ₃	2,02	0,000	-2,73	0,026	-0,00985	0,242	0,0326	0,005	0,0227	0,077	-0,0741	0,026
X ₁ ²	0,0381	0,883	0,984	0,357	-0,00622	0,439	-0,00844	0,365	-0,0146	0,221	0,0267	0,357
X ₂ ²	1,26	0,001	1,07	0,318	-0,0134	0,112	-0,000023	0,998	-0,0134	0,259	0,0291	0,318
X ₃ ²	-0,185	0,479	1,14	0,291	-0,00255	0,748	-0,00896	0,338	-0,0115	0,330	0,0308	0,291
X ₁ X ₂	-0,595	0,109	0,562	0,690	0,0195	0,089	-0,0196	0,131	-0,000169	0,991	0,0153	0,690
X ₁ X ₃	-0,108	0,757	-0,0582	0,967	0,0341	0,008	-0,0258	0,056	0,00827	0,596	-0,00158	0,967
X ₂ X ₃	0,866	0,028	0,798	0,573	-0,0160	0,152	0,00310	0,801	-0,0129	0,411	0,0217	0,573
Lack of fit		0,717		0,094		0,589		0,260		0,094		0,094
R ²	0,976		0,872		0,885		0,850		0,872		0,872	
R ² (ajustado)	0,954		0,756		0,781		0,715		0,757		0,756	

X₁ – Concentração de açúcar (% m/v); X₂ – Temperatura (°C); X₃ – Tempo (horas).

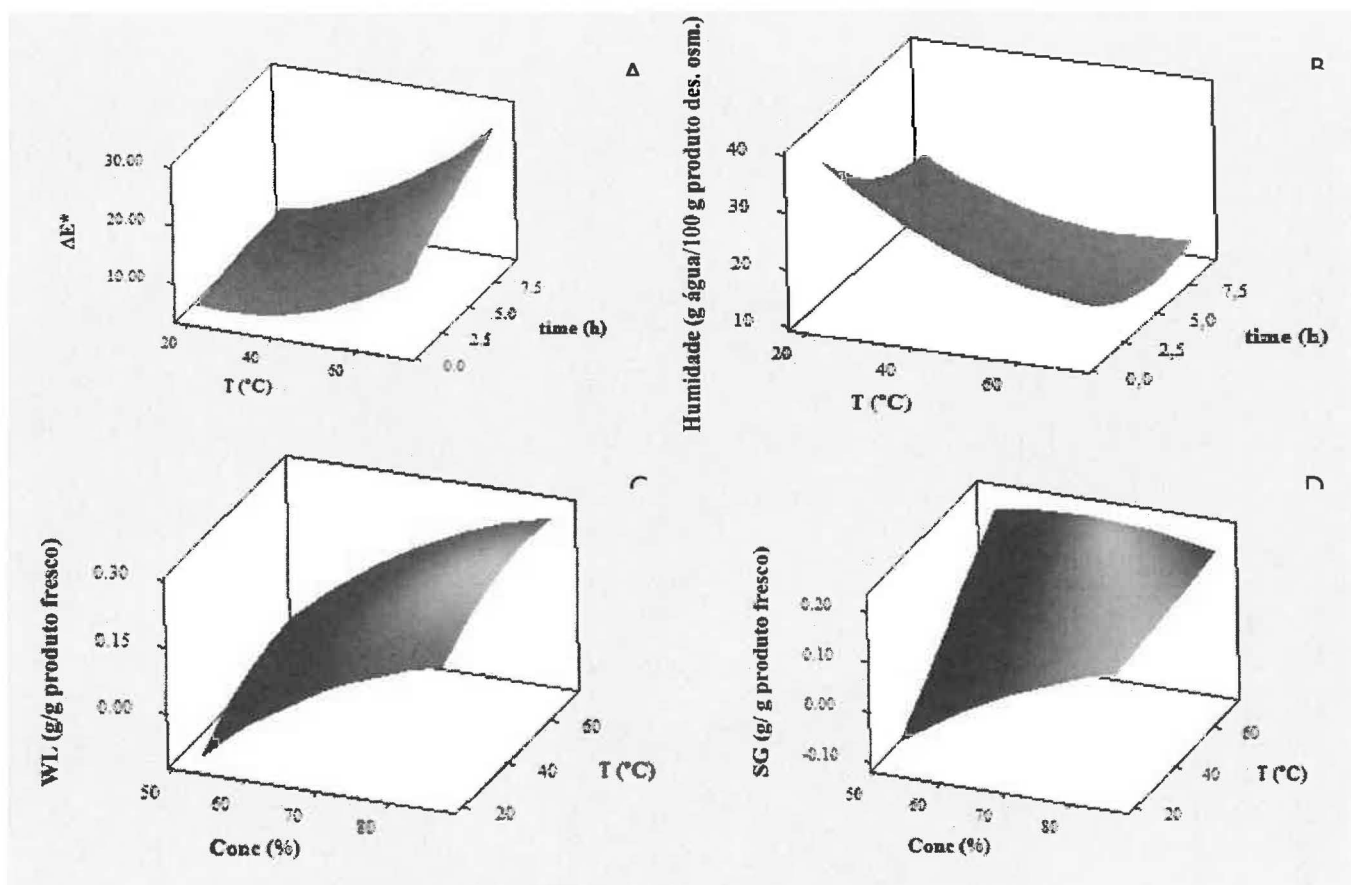


Figura 1 – Gráficos de Superfície de Resposta referentes a: A - Variação total de cor (ΔE^*); B – Teor de humidade; C – Perda de água (*WL*); e D – Ganho de sólidos (*SG*).

