

UNIVERSIDADE DO ALGARVE

FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA



Otimização de um processo combinado de impregnação por vácuo e calor na produção de uma compota de groselha

Dissertação de Mestrado do curso de Engenharia Biológica

Elisabeth Vieira Pereira

Faro, 2012

UNIVERSIDADE DO ALGARVE

FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA



Otimização de um processo combinado de impregnação por vácuo e calor na produção de uma compota de groselha

Dissertação de Mestrado do curso de Engenharia Biológica

Elisabeth Vieira Pereira

Dissertação orientada pela Professora Doutora Maria Margarida Cortez Vieira

Faro, 2012

Agradecimentos

Agradeço à Prof^a. Doutora Margarida Vieira pela orientação, ensinamentos e paciência na realização deste trabalho.

Obrigada Eng^a. Clarisse Ramalho, Eng^a. Teresa Cavaco e Eng^a. Teresa Soeiro pela vossa amizade e colaboração neste trabalho.

Agradeço a todos os funcionários e professores do departamento de Engenharia Alimentar por me acolherem tão bem.

Um obrigado muito especial aos meus pais por toda a preocupação, carinho e dedicação que tiveram comigo.

Obrigada Vítor, pelo apoio, pela enorme paciência, compreensão e força que me deste ao longo destes anos. Sem ti teria sido bem mais difícil!

Obrigada Tânia Martins por todos aqueles momentos que dão um aconchego no coração independentemente da distância, pelas infinitas conversas com os dramas da vida e pela coragem que me deste para seguir sempre em frente!

Obrigada Paulo Pereira por todas as gargalhadas que me roubas nas nossas conversas mais ou menos serias e por estares “cá” nos momentos menos bons oferecendo sempre essa tua calma e serenidade!

Obrigada César e Márcio por toda a boa disposição e incentivo. A vocês devo esta vida mais saudável onde encontrei o equilíbrio que tanto precisava para ter força etapa atrás de etapa!

A todos os que se cruzaram comigo ao longo destes tempos e me fizeram sorrir, obrigada!

Muito obrigada a todos!

Resumo

Este trabalho teve como objetivo a otimização dum processo de impregnação por vácuo combinado com calor e com aplicação de ultrassons na produção de uma compota de groselha usando uma metodologia de resposta de superfície.

A composição nutricional da groselha proporciona umas séries de benefícios à saúde, devido a sua riqueza em vitaminas A e C, potássio, fibra e compostos fenólicos. Este fruto é comercializado pelo Mundo inteiro quer congelado ou fresco e tem diversas aplicações desde sumos, xaropes, vinhos, purés e compotas.

A impregnação a vácuo (IV) consiste numa troca do gás e líquido encontrado nos poros do fruto por uma solução osmótica exterior, devido a uma diferença de pressões provocada pelo vácuo.

Ao longo de 13 ensaios estudaram-se vários fatores de maneira a perceber qual o seu efeito no °Brix dos frutos, na perda de massa, compostos fenólicos totais e parâmetros de cor de maneira a se conseguir obter um processo otimizado para a compota.

As variáveis independentes, tempo de ultrassons (US) e a sua percentagem, pressão de vácuo, temperatura e °Brix das soluções osmóticas foram estudadas de maneira a estudar a sua influência no °Brix, perda de massa, compostos fenólicos totais e parâmetros de cor.

Variou-se o tempo de US (de 45 a 600 segundos) e a sua percentagem de potência (0, 25 e 50%). Usaram-se várias pressões de vácuo na impregnação (10 a 29 inHg) e várias temperaturas (de 25 a 64,1 °C). O efeito da concentração da solução osmótica também foi analisado (33,8 a 76,2 °Bx) usando sacarose e/ou frutose, tal como o efeito do ácido cítrico antes e depois dos tratamentos.

A otimização final foi obtida com uma solução osmótica de frutose com uma concentração de sólidos de 40 °Bx, usando uma temperatura de 60 °C. A pressão usada na impregnação a vácuo foi de 25 inHg com dois pulsos de 5 minutos cada. Os ultrassons foram de 45 segundos com uma percentagem de 25%. O ácido cítrico foi adicionado antes dos tratamentos de US e IV.

A otimização do processo na impregnação deste fruto, possibilita num futuro a produção de novos produtos com melhores características nutricionais.

Palavras-chave: Groselhas, impregnação a vácuo, ultrassons, °Brix, temperatura

Abstract

This work had as main objective the optimization of a vacuum impregnation process combined with heat and ultrasounds in a red currant jam as a response surface methodology.

Its nutritional composition allows several health benefits due to its abundance in vitamins (A and C), potassium, fiber and phenolic compounds. This fruit is commercialized in all world frozen or fresh and it has several applications as juice, syrup, wine and jam.

Vacuum impregnation (IV) consists in an exchange through the fruit pores of the gas and liquid inside for an exterior osmotic solution. This is due to the pressure variation caused by the vacuum.

Using 13 experiments several factors were studied in order to understand its action in brix, mass loss, total phenolic compounds and color parameters with the view to obtain an optimized process for jam production.

The independent variables US time exposure, its power, vacuum pressure, temperature and brix of the osmotic solution were studied in order to understand its action in the responses °Brix, mass loss, total phenolic compounds and color parameters.

The ultrasound (US) time exposure was assorted (from 45 to 600 seconds) as well as its percentage (25 and 50%). Several vacuum pressures were used in the impregnation process (10 to 29 inHg). Several temperatures were also used (from 25 to 64,1 °C).

The osmotic solution concentration was also studied (33,8 to 76,2 °Bx) using sucrose and fructose. The citric acid effect (before and after treatment) was also studied.

The final optimization was obtained using an osmotic solution of 100% fructose with a 40 °Bx solution at 60 °C. Vacuum impregnation was 25 inHg with two 5 minutes pulses each.

Ultrasounds at 25% lasted 45 seconds and the citric acid was added before US and IV treatments.

The optimization at the fruit impregnation process may allow, in a near future, the production of new products with better nutritional features.

Keywords: Red currant, vacuum impregnation, ultrasounds, °Brix, temperature.

Abreviaturas

% - Percentagem

°C – Graus Celsius

°Bx – Grau °Brix

g – Grama

mg – Miligrama

ml – Mililitro

R² – Coeficiente de correlação

inHg – Polegadas de mercúrio

Exp - Experiência

SO - Solução osmótica

US – Ultrassons

IV – Impregnação a vácuo

M G/P – Massa ganha ou perdida

PM – Peso molecular

DOE – Design de experiência

MHD – Mecanismo hidrodinâmico

RSM – Metodologia de resposta de superfície

DRP – Fenómeno de deformação-relaxação

L - Luminosidade

a - Coordenada *a*

b - Coordenada *b*

GL - Graus liberdade

SQ - Soma quadrática

MQ - Média quadrática

Lista de tabelas

Tabela	Título	Página
Tabela 1	Produção de groselhas do ano 2009.	3
Tabela 2	Composição nutricional por cada 100 g de groselhas vermelhas.	5
Tabela 3	Limites máximos e mínimos usados em cada um dos fatores em estudo, no ensaio 1.	18
Tabela 4	Limites impostos no <i>design</i> para obtenção de valores ótimos de cada uma das respostas em estudo.	20
Tabela 5	Limites máximos e mínimos usados em cada um dos fatores em estudo, no ensaio 3.	20
Tabela 6	Limites máximos e mínimos usados em cada um dos fatores em estudo, no ensaio 4.	21
Tabela 7	Limites máximos e mínimos usados em cada um dos fatores em estudo, no ensaio 5.	21
Tabela 8	Limites máximos e mínimos usados em cada um dos fatores em estudo no ensaio 6.	21
Tabela 9	Limites máximos e mínimos usados em cada um dos fatores em estudo no ensaio 8.	23
Tabela 10	Limites máximos e mínimos usados em cada um dos fatores em estudo no ensaio 11.	23
Tabela 11	Limites impostos no <i>design</i> para obtenção de valores ótimos de cada uma das respostas em estudo.	25
Tabela 12	Análise de variância do modelo ajustado para o °Brix do frutos, massa G/P e parâmetros de cor dos frutos e SO, <i>L</i> , <i>a</i> e <i>b</i> .	29
Tabela 13	Coefficientes de regressão, mostrando a relação entre as variáveis independentes e as respostas.	30
Tabela 14	Fatores em estudo no ensaio 3 para cada uma das experiências.	33
Tabela 15	Fatores em estudo no ensaio 4 para cada uma das experiências.	36
Tabela 16	Fatores em estudo no ensaio 5 para cada uma das experiências.	39
Tabela 17	Fatores em estudo no ensaio 6 para cada uma das experiências.	43
Tabela 18	Fatores em estudo no ensaio 8 para cada uma das experiências.	47
Tabela 19	Fatores em estudo no ensaio 9 para cada uma das experiências.	50
Tabela 20	Fatores em estudo no ensaio 10 para cada uma das experiências.	53

Tabela 21	Análise de variância do modelo ajustado para o °Brix dos frutos, massa G/P e compostos fenólicos totais dos frutos e SO.	62
Tabela 22	Análise de variância do modelo ajustado para os parâmetros de cor L, a e b dos frutos e SO.	63
Tabela 23	Coefficientes de regressão, mostrando a relação entre as variáveis independentes e as respostas, Massa G/P, °Brix fruto e compostos fenólicos totais dos frutos e SO.	64
Tabela 24	Coefficientes de regressão, mostrando a relação entre as variáveis independentes e as respostas dos parâmetros de cor dos frutos e SO.	64
Tabela 25	Resultados obtidos e previstos dos vários parâmetros em estudo.	66
Tabela 26	Resultados obtidos da análise da compota feita de groselhas frescas sem tratamento.	66
Tabela 27	Comparação dos valores dos parâmetros de cor analisados da compota tradicional e compota com impregnação.	67

Lista de figuras

Figura	Título	Página
Figura 1	Groselheira vermelha com frutos.	2
Figura 2	Produção anual de groselhas dos principais produtores mundiais, ao longo dos anos.	3
Figura 3	Esquema representativo duma célula vegetal.	6
Figura 4	Representação dos fenómenos de transferência de massa no processo de desidratação osmótica com vácuo.	9
Figura 5	Sistema de rede para manter as groselhas dentro de solução durante os tratamentos.	13
Figura 6	Esquema dos parâmetros de cor, L , a e b .	15
Figura 7	Esquema resumo de todos os ensaios realizados neste trabalho.	17
Figura 8	Gráfico Standard error do design em estudo no ensaio 1.	19
Figura 9	Gráfico Standard error do design em estudo no ensaio 6.	22
Figura 10	Gráfico Standard error do design em estudo no ensaio 11.	24
Figura 11	Resultados obtidos no ensaio 1 para: 1) concentração de sólidos nos frutos; 2) percentagem de massa G/P nos frutos com interação da temperatura e concentração das SO.	26
Figura 12	Resultados obtidos no ensaio 1 para a interação do: 1) parâmetro L da groselha; 2) parâmetro a da groselha; 3) parâmetro b da groselha com a temperatura e concentração das SO.	27
Figura 13	Resultados obtidos no ensaio 1 para a interação do: 1) parâmetro L das SO; 2) parâmetro a das SO; e 3) parâmetro b das SO com a temperatura e concentração das SO.	28
Figura 14	Rampas de desejabilidade para os parâmetros considerados e respetiva desejabilidade final.	30
Figura 15	Gráficos das médias dos resultados com desvio padrão das experiências realizadas no ensaio, sendo a Exp 0 de groselhas frescas e as Exp 1 e 2 de groselhas tratadas: 1) °Brix obtido nas groselhas; 2) Massa G/P nas groselhas ; 3) Compostos fenólicos totais presentes nas groselhas; 4) Compostos fenólicos totais presentes nas SO.	31
Figura 16	Gráficos das médias dos resultados com desvio padrão dos parâmetros de cor do ensaio 2, sendo Exp 0 para groselhas frescas e as Exp 1 e 2 para groselhas tratadas: 1) Resultados dos valores de L ; 2) Resultados dos valores de a ; 3) Resultados dos valores de b .	32

Figura 17	Gráficos das médias dos resultados com desvio padrão dos parâmetros de cor do ensaio 2, sendo Exp 0 para SO fresca e as Exp 1 e 2 para SO tratadas: 1) Resultados dos valores de <i>L</i> ; 2) Resultados dos valores de <i>a</i> ; 3) Resultados dos valores de <i>b</i> .	32
Figura 18	Gráficos das médias dos resultados com desvio padrão das experiências realizadas no ensaio 3, sendo a Exp 0 de groselhas frescas e as restantes Exp de groselhas tratadas: 1) °Brix obtido nas groselhas; 2) Massa G/P nas groselhas; 3) Compostos fenólicos totais presentes nas groselhas; 4) Compostos fenólicos totais presentes nas SO.	34
Figura 19	Gráficos das médias dos resultados com desvio padrão dos parâmetros de cor do ensaio 3, sendo Exp 0 para groselhas frescas e as restantes Exp para groselhas tratadas: 1) Resultados dos valores de <i>L</i> ; 2) Resultados dos valores de <i>a</i> ; 3) Resultados dos valores de <i>b</i> .	35
Figura 20	Gráficos das médias dos resultados com desvio padrão dos parâmetros de cor do ensaio 3, sendo Exp 0 para SO fresca e as restantes Exp para SO tratadas: 1) Resultados dos valores de <i>L</i> ; 2) Resultados dos valores de <i>a</i> ; 3) Resultados dos valores de <i>b</i> .	35
Figura 21	Gráficos das médias dos resultados com desvio padrão das experiências realizadas no ensaio 4, sendo a Exp 0 de groselhas frescas e as restantes Exp de groselhas tratadas: 1) °Brix obtido nas groselhas; 2) Massa G/P nas groselhas; 3) Compostos fenólicos totais presentes nas groselhas; 4) Compostos fenólicos totais presentes nas SO.	37
Figura 22	Gráficos das médias dos resultados com desvio padrão dos parâmetros de cor do ensaio 4, sendo Exp 0 para groselhas frescas e as restantes Exp para groselhas tratadas: 1) Resultados dos valores de <i>L</i> ; 2) Resultados dos valores de <i>a</i> ; 3) Resultados dos valores de <i>b</i> .	38
Figura 23	Gráficos das médias dos resultados com desvio padrão dos parâmetros de cor do ensaio, sendo Exp 0 para SO fresca e as restantes Exp para SO tratadas: 1) Resultados dos valores de <i>L</i> ; 2) Resultados dos valores de <i>a</i> ; 3) Resultados dos valores de <i>b</i> .	38
Figura 24	Gráficos das médias dos resultados com desvio padrão das experiências realizadas no ensaio 5, sendo a Exp 0 de groselhas frescas e as restantes Exp de groselhas tratadas: 1) °Brix obtido nas groselhas; 2) Massa G/P nas groselhas; 3) Compostos fenólicos totais presentes nas groselhas; 4) Compostos fenólicos totais presentes nas SO. A- UV de 29 inHg; B- UV de 15 inHg.	40

Figura 25	Gráficos das médias dos resultados com desvio padrão dos parâmetros de cor do ensaio 5, sendo Exp 0 para groselhas frescas e as restantes Exp para groselhas tratadas: 1) Resultados dos valores de <i>L</i> ; 2) Resultados dos valores de <i>a</i> ; 3) Resultados dos valores de <i>b</i> . A- UV de 29 inHg; B- UV de 15 inHg.	41
Figura 26	Gráficos das médias dos resultados com desvio padrão dos parâmetros de cor do ensaio 5, sendo Exp 0 para SO fresca e as restantes Exp para SO tratadas: 1) Resultados dos valores de <i>L</i> ; 2) Resultados dos valores de <i>a</i> ; 3) Resultados dos valores de <i>b</i> ; A- UV de 29 inHg; B- UV de 15 inHg.	42
Figura 27	Gráficos das médias dos resultados com desvio padrão dos parâmetros de cor do ensaio 6, sendo Exp 0 para groselhas frescas e as restantes Exp para groselhas tratadas: 1) Resultados dos valores de <i>L</i> ; 2) Resultados dos valores de <i>a</i> .	44
Figura 28	Gráficos das médias dos resultados com desvio padrão dos parâmetros de cor do ensaio 6, sendo Exp 0 para SO fresca e as restantes Exp para SO tratadas: 1) Resultados dos valores de <i>L</i> ; 2) Resultados dos valores de <i>a</i> .	44
Figura 29	Gráficos das médias dos resultados com desvio padrão das experiências realizadas no ensaio, sendo a Exp 0 de groselhas frescas e as Exp 1 e 2 de groselhas tratadas, com branqueamento de vapor vivo e água respectivamente: 1) °Brix obtido nas groselhas; 2) Massa G/P nas groselhas.	45
Figura 30	Gráficos das médias dos resultados com desvio padrão das experiências realizadas no ensaio 7, sendo a Exp 0 de groselhas frescas e as Exp 1 e 2 de groselhas tratadas, com branqueamento de vapor vivo e água respectivamente: 1) Compostos fenólicos totais presentes nas groselhas; 2) Compostos fenólicos totais presentes nas SO.	45
Figura 31	Gráficos das médias dos resultados com desvio padrão dos parâmetros de cor do ensaio 7, sendo Exp 0 para groselhas frescas e as Exp 1 e 2 para groselhas tratadas, com branqueamento de vapor vivo e água respectivamente: 1) Resultados dos valores de <i>L</i> ; 2) Resultados dos valores de <i>a</i> ; 3) Resultados dos valores de <i>b</i> .	46
Figura 32	Gráficos das médias dos resultados com desvio padrão dos parâmetros de cor do ensaio 7, sendo Exp 0 para SO fresca e as Exp 1 e 2 para SO tratadas: 1) Resultados dos valores de <i>L</i> ; 2) Resultados dos valores de <i>a</i> ; 3) Resultados dos valores de <i>b</i> .	46
Figura 33	Gráficos das médias dos resultados com desvio padrão das experiências realizadas no ensaio 8, sendo a Exp 0 de groselhas frescas e as Exp 1 e 2 de groselhas tratadas: 1) °Brix obtido nas groselhas; 2) Massa G/P nas groselhas; 3) Compostos fenólicos totais presentes nas groselhas; 4) Compostos fenólicos totais presentes nas SO.	47

Figura 34	Gráficos das médias dos resultados com desvio padrão dos parâmetros de cor do ensaio 8, sendo Exp 0 para groselhas frescas e as Exp 1 e 2 para groselhas tratadas: 1) Resultados dos valores de <i>L</i> ; 2) Resultados dos valores de <i>a</i> ; 3) Resultados dos valores de <i>b</i> .	48
Figura 35	Gráficos das médias dos resultados com desvio padrão dos parâmetros de cor do ensaio 8, sendo Exp 0 para SO fresca e as Exp 1 e 2 para SO tratadas: 1) Resultados dos valores de <i>L</i> ; 2) Resultados dos valores de <i>a</i> ; 3) Resultados dos valores de <i>b</i> .	49
Figura 36	Compota feita após tratamentos.	49
Figura 37	Gráficos das médias dos resultados com desvio padrão dos parâmetros de cor das experiências realizadas no ensaio 9, sendo a Exp 0 de groselhas frescas e as Exp 1 e 2 de groselhas tratadas: 1) °Brix obtido nas groselhas; 2) Massa G/P nas groselhas ; 3) Compostos fenólicos totais presentes nas groselhas; 4) Compostos fenólicos totais presentes nas SO.	51
Figura 38	Gráficos das médias dos resultados com desvio padrão dos parâmetros de cor do ensaio 9, sendo Exp 0 para groselhas frescas e as Exp 1 e 2 para groselhas tratadas: 1) Resultados dos valores de <i>L</i> ; 2) Resultados dos valores de <i>a</i> ; 3) Resultados dos valores de <i>b</i> .	52
Figura 39	Gráficos das médias dos resultados com desvio padrão dos parâmetros de cor do ensaio 9, sendo Exp 0 para SO fresca e as Exp 1 e 2 para SO tratadas: 1) Resultados dos valores de <i>L</i> ; 2) Resultados dos valores de <i>a</i> ; 3) Resultados dos valores de <i>b</i> .	52
Figura 40	Fotografia dos frutos e SO após tratamentos, com respectivo número de experiência.	53
Figura 41	Gráficos das médias dos resultados com desvio padrão das experiências realizadas no ensaio 10, sendo a Exp 0 de groselhas frescas e as Exp 1 e 2 de groselhas tratadas: 1) °Brix obtido nas groselhas; 2) Massa G/P nas groselhas; 3) Compostos fenólicos totais presentes nas groselhas; 4) Compostos fenólicos totais presentes nas SO.	54
Figura 42	Gráficos das médias dos resultados com desvio padrão dos parâmetros de cor do ensaio 10, sendo Exp 0 para groselhas frescas e as Exp 1 e 2 para groselhas tratadas: 1) Resultados dos valores de <i>L</i> ; 2) Resultados dos valores de <i>a</i> ; 3) Resultados dos valores de <i>b</i> .	55
Figura 43	Gráficos das médias dos resultados com desvio padrão dos parâmetros de cor do ensaio 10, sendo Exp 0 para SO fresca e as Exp 1 e 2 para SO tratadas: 1) Resultados dos valores de <i>L</i> ; 2) Resultados dos valores de <i>a</i> ; 3) Resultados dos valores de <i>b</i> .	55

Figura 44	Fotografia da compota feita após tratamentos, com respectivo número de amostra do ensaio 10.	56
Figura 45	Ensaio 11: 1) concentração de sólidos nos frutos; 2) percentagem de massa G/P nos frutos; 3) teor de compostos fenólicos com interação da temperatura e concentração das SO.	56
Figura 46	Interação do: 1) parâmetro L da groselha; 2) parâmetro a da groselha; 3) parâmetro b da groselha com a temperatura e concentração das SO no ensaio 12.	57
Figura 47	Interação do: 1) parâmetro L das soluções finais; 2) parâmetro a das soluções finais; e 3) parâmetro b das soluções finais com a temperatura e concentração das SO, no ensaio 11.	58
Figura 48	Fotografia de: 1) soluções osmóticas finais; 2) frutos após tratamentos, com respectivo número de amostra.	58
Figura 49	Ensaio 12: 1) concentração de sólidos nos frutos; 2) percentagem de massa G/P nos frutos; 3) teor de compostos fenólicos com interação da temperatura e concentração das SO.	59
Figura 50	Interação do: 1) parâmetro L da groselha; 3) parâmetro a da groselha; 3) parâmetro b da groselha com a temperatura e concentração das SO, no ensaio 12.	60
Figura 51	Interação do: 1) parâmetro L das SO; 2) parâmetro a das SO; e 3) parâmetro b das SO finais com a temperatura e concentração das SO, no ensaio.	61
Figura 52	1) Soluções osmóticas finais; 2) frutos após tratamentos, com respectivo número de amostra.	61
Figura 53	Rampas de desejabilidade para os parâmetros considerados, resultados obtidos por previsão através do modelo matemático e respetiva desejabilidade final.	65
Figura 54	Representação dos resultados obtidos e dos previstos para os vários parâmetros estudados com respectivo intervalo de erro.	65
Figura 55	Compota com impregnação e compota pela receita tradicional.	67

Índice

Agradecimentos	i
Resumo	ii
Abstract	iii
Abreviaturas	iv
Lista de tabelas	v
Lista de figuras	vii
Índice	xii
1. Introdução	1
1.1 Alimentos funcionais	1
1.2 Origem e cultivo	2
1.3 Classificação científica e características	2
1.4 Produção mundial	3
1.5 Aplicações na alimentação	4
1.6 Propriedades das groselhas	4
1.7 Compostos fenólicos nos alimentos	5
1.8 Cor	6
1.9 Desidratação osmótica	7
1.10 Impregnação a vácuo	8
1.11 Solução osmótica	9
1.12 Temperatura	9
1.13 Ultrassons	10
2. Material e métodos	11
2.1 <u>Matéria-prima</u>	11
2.2 <u>Fatores estudados</u>	11
2.2.1 Soluções osmóticas	11
2.2.2 Temperatura	11
2.2.3 Ultrassons	12
2.2.4 Pressão de vácuo	12
2.2.5 Pectina e Ácido Cítrico	12
2.3 <u>Análises Físico-Químicas</u>	13
2.3.1 Medição Brix	13
2.3.2 Cálculo da percentagem de massa G/P e Ganho de sólidos	13

2.3.3	Medição parâmetros de cor	13
2.3.4	Compostos fenólicos totais	14
2.3.4.1	Curva calibração	14
2.3.4.2	Extração dos frutos	14
2.3.4.3	Análise dos compostos fenólicos	14
2.4	<u>Ensaio</u> s	15
2.4.1	Ensaio 1	18
2.4.1.1	Escolha do <i>design</i> de experiências	18
2.4.2	Ensaio 2 – Otimização 1	20
2.4.3	Ensaio 3	20
2.4.4	Ensaio 4	20
2.4.5	Ensaio 5	21
2.4.6	Ensaio 6	21
2.4.6.1	Escolha do design de experiências	22
2.4.7	Ensaio 7	23
2.4.8	Ensaio 8	23
2.4.9	Ensaio 9	23
2.4.10	Ensaio 10	23
2.4.11	Ensaio 11	24
2.4.11.1	Escolha do design de experiências	24
2.4.12	Ensaio 12	25
2.4.13	Ensaio 13 – Otimização 2 e validação	25
3.	Resultados.....	26
3.1	<u>Ensaio 1</u>	26
3.2	<u>Ensaio 2 – Otimização 1</u>	30
3.3	<u>Ensaio 3</u>	33
3.4	<u>Ensaio 4</u>	36
3.5	<u>Ensaio 5</u>	39
3.6	<u>Ensaio 6</u>	43
3.7	<u>Ensaio 7</u>	44
3.8	<u>Ensaio 8</u>	47
3.9	<u>Ensaio 9</u>	50
3.10	<u>Ensaio 10</u>	53
3.11	<u>Ensaio 11</u>	56
3.12	<u>Ensaio 12</u>	59

3.13 <u>Ensaio 13 – Otimização 2 e validação</u>	64
3.14 <u>Compota tradicional</u>	66
3.14.1 Comparação entre compota tradicional e compota com impregnação	67
4. Conclusão.....	69
5. Bibliografia.....	71
6. Anexos.....	79

1. Introdução

1.1 Alimentos funcionais

Os hábitos alimentares do Homem têm vindo a alterar-se ao longo dos anos, se antes se baseavam no que se encontrava na Natureza, atualmente tenta-se conciliar as funções nutricionais com funções que permitam uma maior qualidade de vida e prevenção de doenças possibilitando combater as exigências cada vez maiores da sociedade (Emed, 2007).

Tem-se vindo a confirmar que alimentos com certas substâncias biologicamente ativas podem ter resultados positivos na saúde e cada vez mais os consumidores tomam consciência disso e da importância de uma alimentação equilibrada preferindo desta maneira consumir produtos naturais que atuem positivamente no bem-estar, do que simplesmente ingerir alimentos (Anjo, 2004; Chandra, 2002).

Em diversos povos pode-se confirmar o efeito dessas substâncias biologicamente ativas, onde a incidência de certas doenças era baixa quando comparada com outros. Por exemplo, nos esquimós encontrava-se um baixo número de problemas cardíaco devido a uma alimentação rica em Omega 3 e 6, ou no caso dos orientais o número de pessoas com cancro de mama e doenças coronárias era inferior aos ocidentais, devido ao consumo de soja e verduras (Anjo, 2004).

Surge então o conceito de alimento funcional, na década de 80 no Japão, onde o principal objetivo era promover alimentos saudáveis, e em 1991 foram registados com a denominação de *Food for Specified Health Use* (FOSHU) (Emed, 2007; Hasler, 2000).

Os alimentos funcionais devem oferecer benefícios à saúde, além de possuir os adequados efeitos nutricionais, de forma a ser relevante para o bem-estar e atuar para uma redução no risco de doenças (Moraes & Colla, 2006).

Estes alimentos além de produzirem benefícios específicos à saúde, devem estar sob a forma de alimento comum, serem compostos por componentes naturais e serem consumidos como parte da dieta. Podem ser classificados de acordo com a sua origem (animal ou vegetal), ou de acordo com a área que vai atuar no organismo (Sistema gastrointestinal, cardiovascular, metabolismo de substratos, crescimento e desenvolvimento, funções fisiológicas ou como antioxidantes) (Moraes & Colla, 2006).

1.2 Origem e cultivo

A groselheira é procedente do norte da Europa e parte da Ásia, tendo a groselheira vermelha sido cultivada pela primeira vez na Holanda e Dinamarca no século XVI.

Existe um inventário de plantas com destino à América datado de 1926 onde se encontra pela primeira vez groselhas. À medida que a colonização se foi expandido, o seu cultivo foi alastrando. Com o aparecimento da segunda guerra mundial, houve uma falta de alimentos com vitamina C, e foi aí que disparou o valor e produção desta fruta na Europa (Reinhard, 2010).

Esta planta necessita de uma exposição solar, e desenvolve-se melhor em ambientes húmidos, frios mas protegidos do vento. Em termos de solo, aprecia terras ácidas e ricas em matéria orgânica de maneira a conseguir uma boa infiltração, retenção de água, e uma maior captação de macro e micronutrientes essenciais ao seu desenvolvimento vegetativo, promovendo desta maneira um aumento na produtividade (Moulton & King, 2008).

Estes arbustos são muito sensíveis ao oídio, ácaros e pulgões, mas em poucos casos é necessário o uso de químicos, pois consegue-se combater estas doenças havendo um controle da humidade e temperatura no caso dos fungos, ou recorrendo a um controlo biológico com uso de predadores no caso dos parasitas (Pedersen, 2011).

1.3 Classificação científica e características

A groselheira (*Ribes*) pertence à família *Grossulariaceae* e existem cerca de 150 variedades, de entre elas a groselheira vermelha (*Ribes rubrum*). É um arbusto que pode atingir entre 1,5 a 1,8 m de altura, com folhas de 5 lóbulos e flores amarelas esverdeadas que aparecem na Primavera. Os seus frutos (bagas) designam-se por groselhas que amadurecem no Verão, tendo estas um sabor muito ácido e uma cor vermelha brilhante (Figura 1) (Moulton & King, 2008).



Figura 1 – Groselheira vermelha com frutos.

1.4 Produção mundial

Segundo os últimos dados da FAO, a produção mundial de groselha vermelha no ano 2009 foi de 634263 toneladas. A produção deste fruto encontra-se maioritariamente na Europa com quase 622000 toneladas, seguida da Oceânia com 8620 toneladas como se pode ver na Tabela 1.

Tabela 1 – Produção de groselhas do ano 2009. (FAO-a, 2011)

Região	Produção 2009 (Toneladas)
Europa	621882
África	348
Ásia	3413
América	0
Oceânia	8620

Os principais países produtores de groselha do mundo estão representados Figura 2, mostrando uma forte liderança da Rússia, acompanhada pela Polónia e Ucrânia.

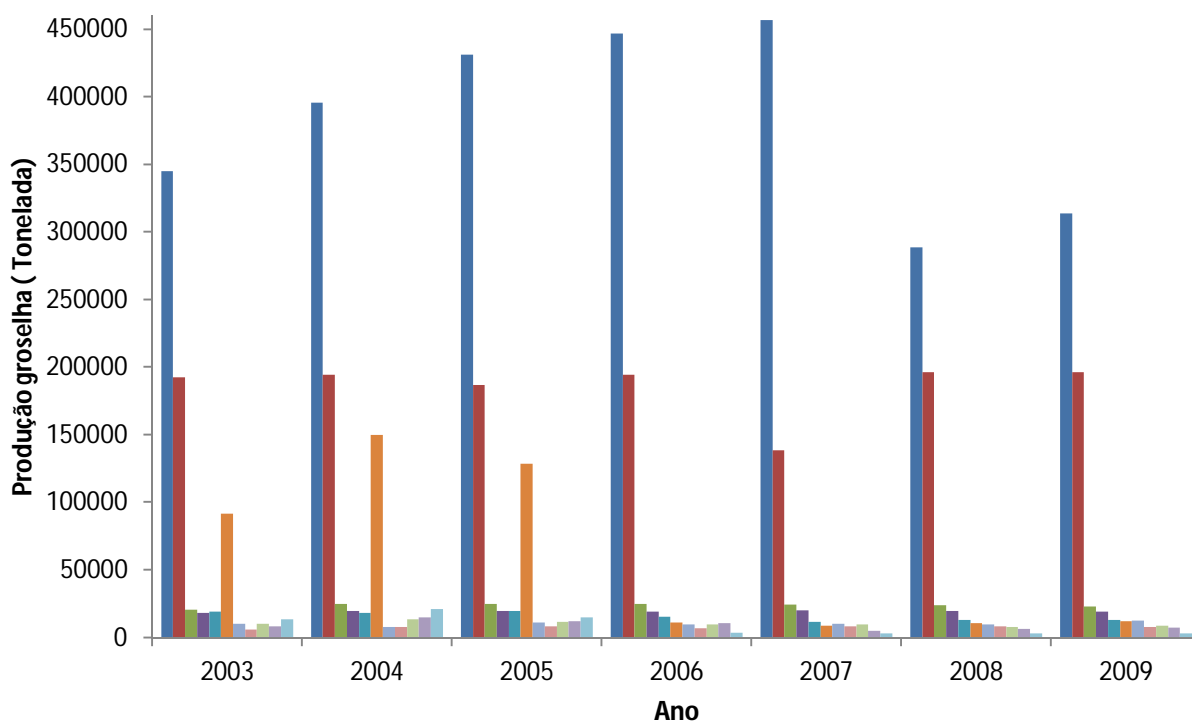


Figura 2 – Produção de groselhas ao longo dos anos dos principais produtores mundiais: ■ Rússia; ■ Reino Unido; ■ França; ■ Polónia; ■ Alemanha; ■ Hungria; ■ Ucrânia; ■ Dinamarca; ■ República Checa; ■ Áustria; ■ Nova Zelândia. (FAO-b, 2011)

Em Portugal tem-se vindo a desenvolver culturas de groselhas no distrito de Aveiro e Beira interior (Notícias Aveiro). Este tipo de produção ainda está em fase de crescimento, e

não existem muitos dados, mas segundo a empresa Beirabaga, uma das maiores produtoras do país, já está a produzir 10 toneladas por ano (Beirabaga).

1.5 Aplicações na alimentação

A groselha é utilizada de várias maneiras e no mercado pode-se encontrar este produto sob várias formas, quer frescas, congeladas ou em puré, em sumos, vinhos, refrigerantes ou xaropes.

É usada para molhos de carnes quer de carneiro ou aves, em compotas ou geleias, em sobremesas e em pastelaria para recheios ou decoração (OMAIAA).

Nas várias regiões do mundo cada país adaptou o uso da groselha de diversas maneiras. Em França é conhecida a geleia artesanal *Bar-le-duc* (Ziedrich, 2008) no Reino Unido este fruto é usado como acompanhamento de cabrito. Já na Alemanha o mais usado é o xarope, onde é misturado com água gasosa dando nome à bebida de *Johannisbeeren-schorle*. Nos países Escandinavos é usado em pudins e sobremesas (Barney & Hummer, 2005).

Em Portugal este fruto é apreciado em xarope, e cada vez mais usado na confeção de sobremesas, bolos e compotas.

1.6 Propriedades das groselhas

A groselha proporciona uma série de benefícios à saúde devido à sua composição nutricional (Tabela 2).

É uma fonte de vitamina A, C, potássio, fibra e flavonoides, tendo a vitamina A benefícios para a visão, ossos, e manutenção dos tecidos corporais. Sendo rica também em vitamina C e compostos fenólicos, onde a sua função antioxidante ajuda a combater os radicais livres relacionados com o envelhecimento precoce, e alguns tipos de cancro (Somogyi et al., 1996). O potássio ajuda na elasticidade dos vasos sanguíneos, no controlo da pressão arterial e batimentos cardíacos. A presença de fibra ajuda a descongestionar o aparelho digestivo, favorecendo o trânsito intestinal e contribuindo também na ajuda e prevenção de doenças como o colesterol e diabetes. Os flavonoides atuam como protetor cardíaco, analgésico, antialérgico e doenças cardiovasculares. Também tem sido demonstrado que os flavonoides previnem ou retardam o desenvolvimento de alguns tipos de cancro (Arabi, 2001).

A polpa deste fruto pode ser usada para queimaduras, cortes, traumatismos ou ainda para máscaras hidratantes e fortificantes para a pele. Nas folhas há uma grande concentração de taninos, podendo ser usado em artroses, reumatismo ou gota, devido à sua ação anti-inflamatória (Somogyi et al., 1996).

Tabela 2 – Composição nutricional por cada 100 g de groselhas vermelhas (Somogyi et al., 1996).

Nutrientes / 100 g fruto	
Calorias (Kcal)	56,0
Gordura total (g)	0,2
Colesterol (mg)	0,0
Sódio (mg)	1,0
Potássio (mg)	275,0
Hidratos Carbono (g)	13,4
Fibra total (g)	4,3
Açúcares (g)	7,4
Proteína (g)	1,4
Cálcio (mg)	33,0
Fósforo (mg)	44,0
Vitamina C (mg)	41,0
Vitamina A (mg)	42,0
Água (g)	84,0

1.7 Compostos fenólicos nos alimentos

A indústria alimentar ao longo dos anos tem vindo a recorrer cada vez mais ao uso de antioxidantes na preservação dos alimentos de maneira a conseguir manter a sua qualidade por mais tempo. Atualmente há um grande interesse na procura de novos antioxidantes naturais, entre esses antioxidantes estão os compostos fenólicos (Mancini-Filho et al., 1998).

Estes compostos são originados no metabolismo secundários das plantas, e formam-se sob condições de *stress* como no caso de alguma infeção, fermento, ou radiações UV entre outros (Naczki & Shahidi, 2004).

Os fenólicos insolúveis encontram-se ligados a componentes da parede celular e os fenólicos solúveis estão compartimentados nos vacúolos das células sob a forma livre ou conjugada (Figura 3) (Mira et al., 2008). Os compostos fenólicos nas plantas têm um papel fundamental no crescimento e reprodução, contribuindo também na pigmentação (Angelo & Jorge, 2007), tendo ainda um papel nos processos de cor, adstringência e aroma nos alimentos (Soares, 2002). Sendo os compostos fenólicos um pigmento natural nos alimentos, e participando estes nas várias reações que acontecem ao longo do tempo de vida nos alimentos, podem então ser bons indicativos de alterações quer químicas, quer bioquímicas devido as mudanças de cor (Ribeiro et al., 2007).

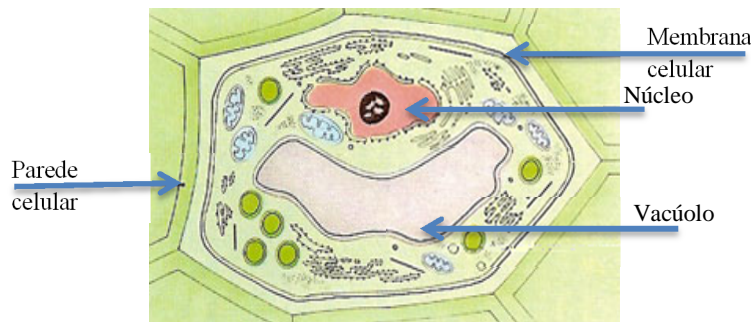


Figura 3 - Esquema representativo duma célula vegetal (Canhoto, 2010) .

Os compostos fenólicos têm vindo cada vez mais a ser estudados devido a serem capazes de evitar a deterioração oxidativa dos alimentos, e também por terem um papel bastante importante na diminuição dos danos oxidativos no organismo animal, tendo ainda propriedades antitumorais, antimutagénicas, anti-inflamatórias, antibacterianas e redução da incidência de doenças coronárias. (Cataneo et al., 2008; Maatta et al., 2001).

O uso destes compostos poderá ser um bom método de prevenção primário, reduzindo os riscos de doenças, podendo diminuir os custos farmacêuticos, tal como o sofrimento causado no doente pela doença, conseguindo deste modo melhorar a qualidade de vida da população (Chandra, 2002).

1.8 Cor

A visão tem um papel bastante importante na escolha dos alimentos, o consumidor é influenciado pela sua cor e aspeto o que poderá estimular o apetite, podendo a aparência levar ao sucesso ou rejeição no mercado de determinado produto alimentar (Ribeiro, 2009).

Nos alimentos, a cor deve-se aos pigmentos naturais presentes, podendo estes ser um bom indicador de possíveis reações químicas e bioquímicas que podem acontecer nos produtos ao longo do tempo e tratamentos (Ribeiro et al., 2007).

Os hábitos alimentares da sociedade potenciam o aparecimento de doenças crónicas não transmissíveis devido ao excesso de consumo de alimentos com gorduras saturadas e açúcares simples aliados a um elevado stress e défice na prática de exercício físico. Uma alimentação variada e colorida garante que todos os nutrientes essenciais e recomendados estejam inseridos na dieta para que o organismo tenha uma boa capacidade de desempenhar diversos efeitos biológicos protetores da saúde humana (FAO, 2010).

A perceção de cores do olho humano tem algumas limitações e é sensível só numa determinada região do espectro eletromagnético denominada por região de luz visível que

corresponde a comprimentos de onda entre os 390 nm e os 750 nm (Gibertoni, 2008). Na indústria é necessário haver métodos rápidos, com resultados numéricos e com maior capacidade de identificar pequenas diferenças na cor, diferenças essas que o olho não consegue detetar devido às limitações da retina. Para ultrapassar essas barreiras na maioria das vezes opta-se pelo uso de instrumentos de medição de cor, como espectrofotômetros ou colorímetros (Gibertoni, 2008).

Os colorímetros tal como os espectrofotômetros, conseguem uma medida objetiva das características da cor conseguindo desta maneira expressar os resultados em gráficos ou numericamente, permitindo resultados mais fiáveis. No caso dos colorímetros, a quantificação da cor segue o princípio de funcionamento do olho, onde o objeto reflete uma radiação e com base na intensidade de cada um dos comprimentos de onda emitidos, obtêm-se os parâmetros L , a e b identificando desta maneira a cor do objeto. Uma das vantagens dos colorímetros é o seu baixo custo, tamanho e fácil portabilidade (Gibertoni, 2008; Ribeiro et al., 2007). Existem vários sistemas para a análise de cor, entre eles o *Hunter Lab*, usando as coordenadas L , relacionada com a luminosidade, a coordenada a , variando do vermelho ($+a$) ao verde ($-a$) e a coordenada b , variando do amarelo ($+b$) ao azul ($-b$) (Ribeiro et al., 2007).

1.9 Desidratação osmótica

As membranas celulares servem como barreiras naturais, mas nos tecidos vegetais dos frutos existem espaços intercelulares, que as torna permeáveis à água e a solutos de baixo peso molecular. Estas membranas celulares podem desta forma influenciar bastante a transferência de massa de meios osmóticos, dificultando ou impedindo a entrada dos solutos com um peso molecular elevado (Escobar et al., 2007). A desidratação osmótica tem como base fenómenos de transferência de massa entre dois meios, estando estes separados por uma membrana (Allali et al., 2010).

A imersão do fruto numa solução hipertónica (uma solução com uma alta concentração de açúcar ou sal), vai provocar diferenças de concentrações que causarão dois fluxos simultâneos em contracorrente: saída de água do alimento para a solução para a diluir, e entrada do soluto da solução para o interior do alimento (Figura 4) (Zhao & Xie, 2004; Osório et al., 2007). Existe ainda um terceiro fluxo, de saída de compostos naturais do produto, minerais e vitaminas, alterando por isso a sua composição química (Queiroz et al., 2007).

Como citado em (Torezan et al., 2004), Ponting (1966) propôs o primeiro processo de desidratação osmótica, reduzindo o peso de maçãs em 50%. Este processo tem vindo ao longo

dos anos a ser utilizado na indústria alimentar no processamento de frutas, legumes, peixe ou carnes. Para além de preservar o sabor e certas características sensoriais, este processo reduz também a atividade da água reduzindo conseqüentemente o crescimento microbiano, e a atividade enzimática que poderia alterar as características do produto (Giraldo et al., 2003). Este processo tem, no entanto, uma grande desvantagem, é muito longo chegando a levar vários dias (Fito, 1994).

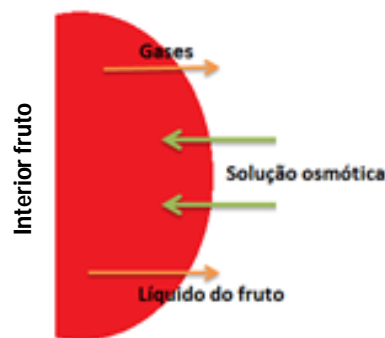


Figura 4 - Representação dos fenômenos de transferência de massa no processo de desidratação osmótica com vácuo.

1.10 Impregnação por vácuo

Para diminuir o tempo deste processo, tem-se vindo a estudar a aplicação de vácuo na desidratação osmótica (Deng & Zhao, 2008; Fito et al., 2001; Zhao & Xie, 2004).

A impregnação por vácuo (IV) ocorre em duas fases de acordo com o mecanismo hidrodinâmico (MHD) devido às mudanças de pressão, desde que o produto é colocado na solução osmótica. Primeiro aplica-se vácuo ao sistema num curto período de tempo. Os gases que se encontram nos poros são expelidos para o exterior e parte da fase líquida presente neles é também arrastada para o exterior. Numa segunda fase, a pressão atmosférica é restabelecida e é então que a solução osmótica penetra no produto através dos poros. Uma vez que nesse momento a quantidade de gás no interior dos poros é inferior à que se encontrava no início quando colocado na solução, há uma maior entrada de líquido, o que explica o porquê das transferências de massa serem muito mais rápidas quando se aplica vácuo do que uma simples desidratação osmótica (Fito, 1994).

Em estudos com desidratação osmótica por vácuo, demonstrou-se que podem ocorrer fenômenos de deformação- relaxação (DRP) com o mecanismo MHD.

Quando se dá o primeiro passo na IV, ocorre uma expansão de gás e conseqüentemente um aumento do volume do produto até a pressão interior se igualar à pressão exterior, provocado assim uma paragem na saída de gases e ocorrendo uma relaxação nos poros. A deformação do produto tal como a impregnação conseguida vai depender de fatores como, a microestrutura

do alimento, o tamanho dos poros e sua distribuição, o tamanho e forma das amostras e a intensidade do vácuo (Fito et al., 1996).

A IV tem uma relação muito próxima com o desenvolvimento de novos produtos pois permite uma maior conservação ou aumento da qualidade nutricional, por exemplo o aumento de doçura (Fito et al., 2001). Este tipo de processo permite uma perda de água superior a temperaturas mais baixas, mantendo os aromas, e componentes nutricionais sensíveis ao calor (Torezan et al., 2004; Zhao & Xie, 2004).

1.11 Solução osmótica

Na escolha da solução osmótica (SO), tem de se ter em conta o custo e disponibilidade dos solutos a usar, a massa molecular, as características sensoriais, as mudanças no valor nutricional do produto e toxicidade. O uso de açúcares como solutos, vai permitir diminuir o escurecimento e também aumentar a doçura (Alves et al., 2005; Osório et al., 2007).

A remoção de água e ganho de sólidos são influenciados pelo tipo de açúcar usado na preparação das soluções (Queiroz et al., 2007). Há que ter em conta também, a capacidade de solubilidade, devido à possível formação de uma barreira à volta do fruto, impedindo trocas de massa e alterações na cor (Ribeiro et al., 2008).

As características finais do produto vão ser bastante influenciadas pela SO escolhida, se o produto desejado for um fruto com baixo teor de água, um açúcar cujas moléculas sejam maiores permitirá a saída de uma maior quantidade de água e impedirá a saída de SO. Se pelo contrário se desejar um produto rico em água e sólidos, dever-se-á optar por um açúcar com moléculas mais pequenas (Queiroz et al., 2007).

1.12 Temperatura

A temperatura pode ser um dos fatores mais importantes na transferência de massa, pois pode provocar alterações nas propriedades das soluções osmóticas.

Allali et al. (2010) refere que temperaturas acima da temperatura ambiente aumentam a taxa de difusão por se dar um aumento da agitação molecular. Já Torezan et al. (2004) observou que ocorre maior ganho de sólidos e maior perda de água a temperaturas acima dos 45 °C.

É necessário ter em atenção que estas temperaturas podem danificar as características do produto de forma irreversível (Andrade et al., 2003).

Além do aquecimento das soluções osmóticas, também é possível fazer-se um pré-tratamento térmico, o branqueamento. Este consiste no aquecimento dos frutos em água ou

vapor vivo por breves períodos de tempo, da ordem das dezenas de segundo, permitindo que se retire o oxigênio presente nos tecidos, o que leva a uma diminuição microbiana e inativação de enzimas, preservando mais a fruta (Benevides & Fortunato, 2010).

1.13 Ultrassons

Segundo Mason et al. (1996) os ultrassons são ondas mecânicas que se propagam por qualquer meio material, não sendo sentidas pelo Homem.

São inúmeras as aplicações desta tecnologia, quer em engenharia ou biologia, sendo por exemplo usados para rompimento de paredes celulares e homogeneização (Korn et al., 2003).

O uso de ultrassons pode provocar alterações na transferência de massa devido a diversos fatores tal como o fenómeno de cavitação, sendo este um ciclo onde ocorre formação de pequenas bolhas durante a sonicação, quando há colapsos dessas bolhas dá-se uma grande libertação de energia para o meio, aumentando a temperatura e pressão nessa zona (Mason & Lorimer, 1988).

Segundo Stojanovic & Silva (2007) citado em Deng & Zhao (2008) outros fatores que podem influenciar a transferência de massa são as mudanças de estrutura como por exemplo a formação de canais microscópicos e o “*Sponge effect*”, que consiste numa contração e dilatação do material forçando a saída de água da matriz vegetal (Mulet et al., 2003).

O uso de ultrassons tem vindo a ser estudando para desidratações osmóticas, como por exemplo em maçãs (Deng & Zhao, 2008), verificando-se que há uma maior perda de água e ganho de sólidos pelos frutos. Este tratamento poderá também ser aplicado com pressões de vácuo.

2. Material e métodos

A parte experimental deste trabalho foi realizada no laboratório de processamento do Instituto Superior de Engenharia (ISE) da Universidade do Algarve.

2.1 Matéria-prima

A matéria-prima usada foi a groselha vermelha (*Ribes rubrum*), produzida na zona centro do país, e comercializada pela empresa portuguesa Beirabaga, comprada em hipermercados da zona de Faro em embalagens de plástico em quantidades de 125 g.

Para este estudo os frutos foram comprados conforme a necessidade devido a amadurecerem muito rapidamente, alterando por isso as suas propriedades e composição. As groselhas foram retiradas da sua embalagem, escolhidas as groselhas sem defeito e separadas do seu pedúnculo, sendo depois lavadas com água corrente e pesadas. Para cada experiência foram utilizadas 10 g de groselhas.

2.2 Fatores estudados

2.2.1 Soluções osmóticas

As soluções foram preparadas misturando a sacarose e/ou frutose com água destilada, recorrendo a um banho-maria nas soluções de maiores concentrações para facilitar a dissolução.

O fruto depois de lavado foi colocado em diferentes soluções osmóticas optando-se por sacarose e/ou frutose, a várias concentrações.

Além do uso da sacarose, optou-se também por se analisar o efeito da frutose, pois este açúcar tem um baixo peso molecular de 180,16 g/mol em comparação à sacarose que tem 342,30 g/mol e as moléculas respetivas também diferem de tamanho, sendo a frutose mais pequena (Escobar et al., 2007).

2.2.2 Temperatura

As amostras com a respetiva solução, foram colocadas em banho-maria de modo a manter a temperatura desejada ao longo de todo o processo.

Em alguns ensaios foi feito um branqueamento com água ou vapor vivo aos frutos, que consistiu em colocar a amostra em água a 80 °C ou vapor por 30 segundos, antes da aplicação da IV.

2.2.3 Ultrassons

Optou-se por verificar se o uso de ultrassons seria benéfico ou não neste processamento em diferentes percentagens, 0, 25 e 50% a 20 KHz.

Utilizou-se um sonicador Ultrasonic Homogenizer 4710 series (Cole-Parmer, USA), com uma sonda V1A de 250 W com um diâmetro de 13 mm (Cole-Parmer, USA).

2.2.4 Pressão de vácuo

Após o tratamento com ultrassons, as amostras com a solução osmótica foram colocadas num exsicador ligado a uma bomba de vácuo BS 5000-11 (Edwards, England).

Foram aplicadas várias pressões e cada processo envolvia duas impregnações com uma duração de 5 minutos cada e um intervalo de repouso de 15 minutos. No final as amostras foram retiradas do exsicador e permaneceram em repouso 2 h.

Para manter as amostras imersas nas SO foi utilizado um sistema com rede, permitindo um tratamento mais eficiente (Figura 5).

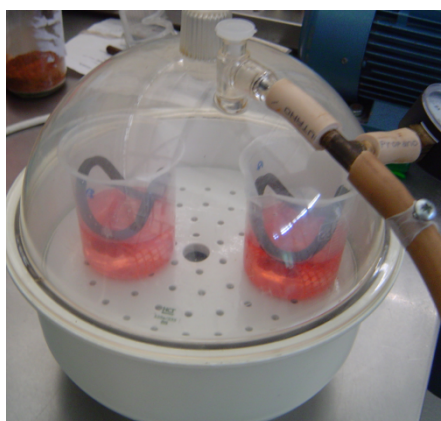


Figura 5 – Sistema de rede para manter as groselhas dentro de solução durante os tratamentos.

2.2.5 Pectina e Ácido Cítrico

Segundo Allali et al. (2010), a adição de ácido cítrico melhora o processo de impregnação nas groselhas, pois vai provocar um aquecimento mais rápido com os tratamentos posteriores feitos aos frutos, provocando deste modo um aumento da taxa osmótica. Para comprovar este efeito foram realizados ensaios em que se estudou a sua ação quando adicionado antes e quando adicionado posteriormente ao tratamento.

Uma vez que as temperaturas não foram muito elevadas, não ocorreu extração de pectina, assim para conferir uma textura semelhante a uma compota, à solução de açúcar com groselhas foi necessário adicionar pectina.

Por pesquisa bibliográfica decidiu-se aumentar a temperatura de uma parte, cerca de 20 ml, da SO até aos 80 °C para dissolução da pectina (1%) e posteriormente adicionar o restante da SO (Garcia-Martínez et al., 2002).

Nos casos em que se tinha pH superior a 4, foi necessário adicionar ácido cítrico para se conseguir um pH ideal, entre os 2,5 e 3, para uma compota de textura ótima (Vendruscolo, 2011).

2.3 Análises Físico-Químicas

Após os tratamentos, todas as amostras foram submetidas a várias análises:

2.3.1 Medição Brix

Foram realizadas medições de Brix das amostras e da solução onde estas foram imersas, através de um refratômetro (Atago, Japão).

2.3.2 Cálculo de massa G/P

As amostras e SO, antes e depois dos tratamentos, foram pesadas de modo a perceber quanto se ganhou ou perdeu de massa em cada caso usando a seguinte equação:

$$M \frac{G}{P(\%)} = \frac{M_f - M_i}{M_i} \times 100 \quad \text{Equação 1}$$

Onde,

M G/P (%) – Percentagem de massa ganha/perdida

M_i – Massa inicial dos frutos

M_f – Massa final dos frutos

2.3.3 Medição parâmetros de Cor

Procedeu-se também à medição dos parâmetros de cor (Figura 6) das amostras e soluções obtidas depois dos tratamentos, com um calorímetro (Geometria d/8°, iluminante D65, 10° *observer*), calibrado em porcelana branca com padrão x = 84,60; y = 89,46; z = 4,71 de acordo com o sistema *Hunter Lab* (Dr.Lange, Neurtek, Espanha).

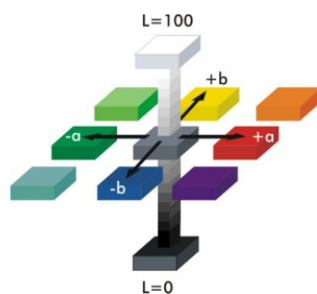


Figura 6 – Esquema dos parâmetros de cor (Colorimetria).

2.3.4 Compostos fenólicos totais

Às amostras e soluções obtidas após a impregnação a vácuo, foi realizada a determinação dos compostos fenólicos totais pelo método de *Folin–Ciocalteu* (Taga et al., 1984):

2.3.4.1 Curva de calibração

Foi construída uma reta de calibração com padrões de ácido gálico, posteriormente usada para a determinação do teor em compostos fenólicos nas diversas amostras, usando a Equação 2:

$$Y = 10160X + 0,007, R^2 = 0,99 \quad \text{Equação 2}$$

2.3.4.2 Extração dos frutos

De modo a conseguir a medição dos compostos fenólicos nos frutos, realizou-se a sua extração. As groselhas foram maceradas, e colocadas quantidades entre 0,75 e 1,85 g em *Erlenmeyers* de 25 ml, às quais se juntou 15 ml de metanol a 80% de pH 2. Os frascos foram revestidos com papel de alumínio e mantidos durante 24 h com agitação de 150 rpm, num agitador KL2 7400 (Edmund Buhler, Alemanha)

No dia seguinte o material foi filtrado e colocado em balões aferidos de 25 ml, e o seu volume perfeito depois com metanol (Fluka).

2.3.4.3 Análise dos compostos fenólicos totais

Nos tubos de ensaio foram colocados 0,2 ml de amostra com 1 ml de Reagente Folin e 0,8 ml de carbonato de sódio. Estes foram mantidos ao escuro durante 30 minutos e posteriormente analisados a 675 nm no espectrofotómetro U-2000 (Hitachi, Japão).

2.4 Ensaios

Uma experiência é um procedimento onde se mudam variáveis de maneira a verificar que alterações podem provocar num determinado processo (Montgomery, 1976).

Para se desenvolver um produto torna-se necessário haver um trabalho de pesquisa de maneira a detetar e resolver os problemas no processo, entender como certos fatores vão influenciar o produto final e decidir o caminho a seguir para o seu fabrico. Todo este processo é moroso e acarreta elevados custos (Montgomery, 1976).

Desde sempre que na pesquisa de respostas para teorias e hipóteses sobre o desconhecido se realizavam experiências, mas só em 1920, Fisher, com o objetivo de melhorar os processos de pesquisa, desenvolveu o *design* de experiências (DOE) usando-o nessa altura na agricultura, mas só por volta de 1951 esta técnica se tornou mais conhecida (Silva & Silva, 2011). Outros grandes impulsionadores nesta área foram Box e Taguchi que nas últimas décadas popularizaram estas técnicas fazendo com que cada vez mais fossem usadas em processos de fabrico e melhorias de qualidade (Barbetta & Lehrer, 2001).

Montgomery, 1976 propõe várias etapas para o desenvolvimento de um produto por DOE:

1. Caracterizar o problema
2. Seleção dos fatores respetivos níveis que vão influenciar as respostas
3. Escolha das variáveis dependentes
4. Seleção do modelo de DOE
5. Realização das experiências
6. Análise dos dados obtidos e conclusões

O DOE hoje em dia é bastante usado na indústria e desenvolvimento de produtos, servindo para planear experiências, definir o que se pretende estudar, que quantidades e em que condições.

A aplicação da metodologia de resposta de superfície (MRS) é uma técnica muito popular para realizar uma otimização de vários processos industriais, permitindo usar um grande número de variáveis que possam influenciar de alguma forma o sistema em estudo. No desenvolvimento de novos produtos permite conseguir um desempenho maior e uma maior qualidade e confiança nos resultados, poupando também em dinheiro e tempo (Barbetta & Lehrer, 2001).

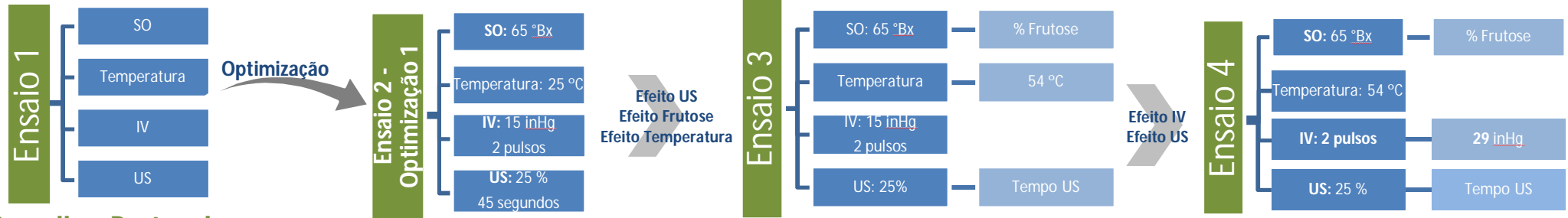
Com a enorme concorrência existente entre indústrias, as vantagens do uso de um *design* de experiências torna-se obrigatório para a sua permanência no mercado.

Usou-se a metodologia de resposta de superfície (MRS), com a ajuda do *software Design-Expert 6*[®] (Dx6, 2005) para analisar o efeito das variáveis independentes deste processo sobre as variáveis dependentes ou respostas. As variáveis independentes usadas foram a concentração de SO, a temperatura, o tempo e potência de US, a pressão de IV e ainda a pectina e pH. As respostas focaram-se no Brix das groselhas, massa G/P pelo fruto, compostos fenólicos totais e parâmetros de cor.

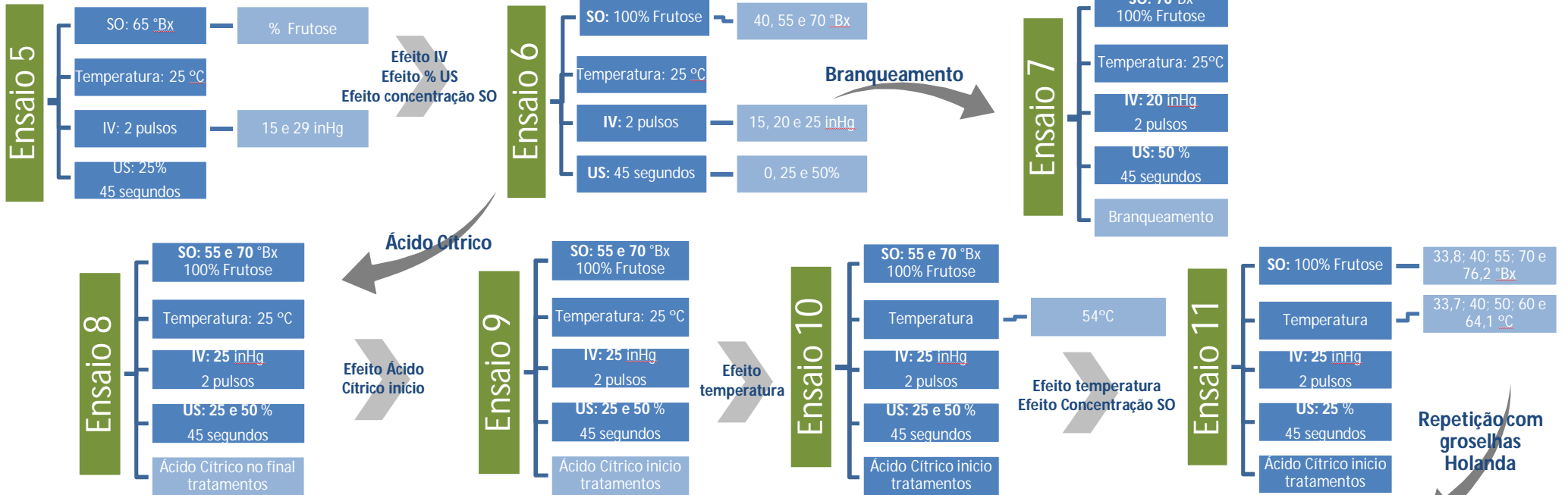
Segundo Grizotto et al., (2005), este método é bastante eficaz para se obter uma otimização entre as variáveis independentes e dependentes, com resultados válidos estatisticamente.

Foram realizados 13 ensaios, para estudar a influência de vários fatores de modo a melhorar o processo de impregnação no fruto, cuja sequência se passa a descrever e é ilustrada na Figura 7.

Groselhas Holanda



Groselhas Portugal



Groselhas Holanda

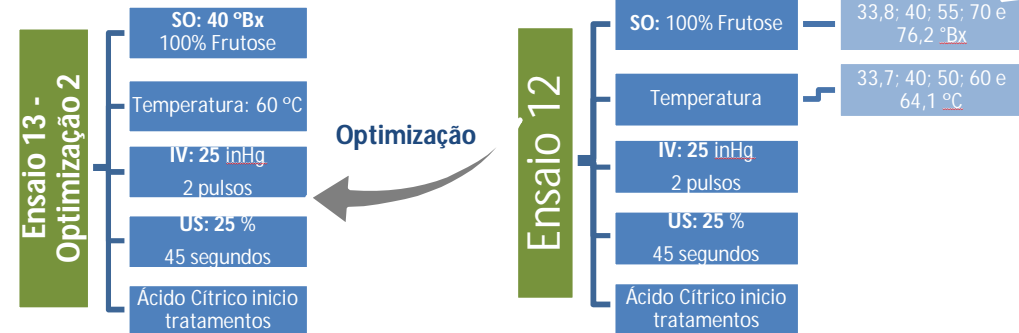


Figura 7 - Esquema resumo de todos os ensaios realizados neste trabalho

2.4.1 Ensaio 1

De maneira a testar qual a melhor concentração para a solução osmótica e visto que não há estudos usando groselhas, utilizou-se como ponto de partida a bibliografia consultada, usando neste ensaio várias concentrações de soluções osmóticas de 25 a 65 °Bx de sacarose (Garcia-Martinez et al., 2002; Osório et al., 2007). Variou-se a temperatura entre os 25 e 65 °C, VI entre 15 e 25 inHg, com 1, 2 ou 3 pulsos de vácuo e potência de US entre 0 e 50% (Tabela 3).

Tabela 3 - Limites máximos e mínimos usados em cada um dos fatores em estudo, no ensaio 1.

Fator	Unidades	Tipo	Mínimo	Máximo
Temperatura (x_1)	°C	Numérico	25	65
Concentração (x_2)	°Brix	Numérico	25	65
IV (x_3)	inHg	Numérico	15	25
US (x_4)	%	Categórico	0	50
Nº pulsos IV (x_5)	-	Categórico	1	3

Neste ensaio avaliou-se o comportamento da temperatura (x_1), concentração da SO (x_2), pressão de IV (x_3), nº de pulsos de vácuo (x_4) e US (x_5), sobre as respostas °Brix frutos (y_1), massa G/P (y_2) e parâmetros de cor nos frutos, L (y_3), a (y_4) e b (y_5) e parâmetros de cor nas SO, L (y_6), a (y_7) e b (y_8).

2.4.1.1 Escolha do Design de experiências

Para aplicar o *design*, foi seguido um procedimento geral (Anderson & Whitcomb, 1999):

1. Primeiro foi escolhida a ordem do polinómio, o que é necessário para posterior obtenção de um modelo de previsão para a resposta estudada. Neste caso optou-se pelo modelo polinomial quadrático:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \beta_4 x_4 + \beta_5 x_5 + \beta_{11} x_1^2 + \beta_{22} x_2^2 + \beta_{33} x_3^2 + \beta_{44} x_4^2 + \beta_{55} x_5^2 + \beta_{12} x_1 x_2 + \beta_{13} x_1 x_3 + \beta_{14} x_1 x_4 + \beta_{15} x_1 x_5 + \beta_{23} x_2 x_3 + \beta_{24} x_2 x_4 + \beta_{25} x_2 x_5 \quad \text{Equação 3}$$

Em que Y_i é o valor da variável dependente do parâmetro i , $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4$ e β_5 representam os coeficientes de regressão linear, $\beta_{11}, \beta_{22}, \beta_{33}, \beta_{44}$ e β_{55} os coeficientes de regressão quadrática, $\beta_{12}, \beta_{13}, \beta_{14}, \beta_{15}, \beta_{23}, \beta_{24}$ e β_{25} os coeficientes de regressão de interação e X_n representa as variáveis independentes. A significância do modelo foi testada por análise de variância (ANOVA), e teste F ($p < 0,05$).

2. Depois o próprio *software* gerou um *design*, com um número de pontos em excesso para o ajustamento do modelo polinomial escolhido.
3. Foi então selecionado o número mínimo de pontos necessários ao ajuste do modelo, e efetuada uma sequência de avaliação-modificação do *design*, de modo a equilibrar o número de graus de liberdade para a avaliação do erro puro e para avaliação da falta de ajuste do modelo e também minimizar o erro puro na região onde o interesse de análise é maior, a região central (Figura 8).
4. Adicionaram-se 3 blocos ao *design* de maneira a este decorrer em 3 dias, de forma a eliminar o erro devido a serem experiências feitas em dias diferentes. De maneira a avaliar o erro puro, foram feitas réplicas no ponto central e vértices. No total foi conseguido um *design* de 54 experiências.

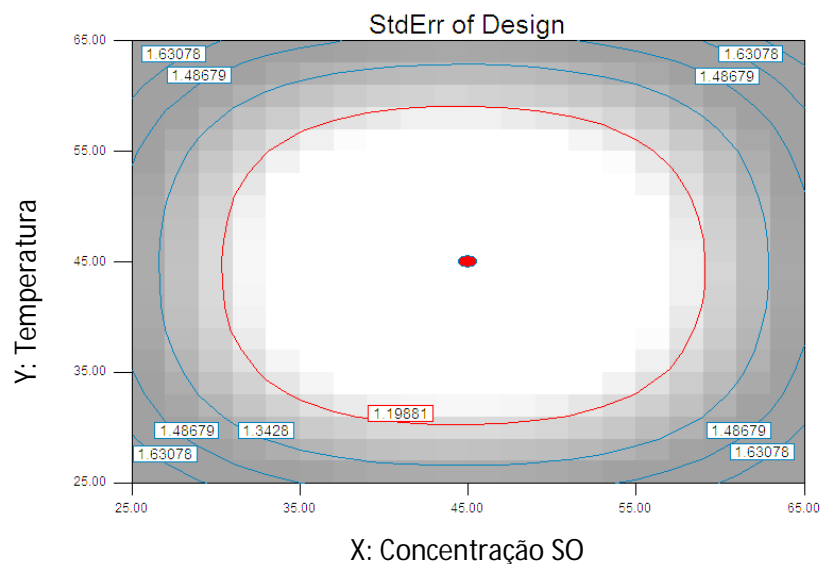


Figura 8 – Gráfico *standard error* do design em estudo no ensaio 1.

2.4.2 Ensaio 2 – Otimização 1

Realizou-se uma otimização das condições de processamento. Como se pretendia que as groselhas mantivessem a cor vermelha, foram impostas as restrições apresentadas na Tabela 4 para os parâmetros de cor, representativos da cor vermelha. Pretendia-se também um máximo possível do valor Brix no fruto tal como massa G/P, para isso foram impostos os limites mostrados na seguinte Tabela 4.

Tabela 4 – Limites impostos no *design* para obtenção de valores ótimos de cada uma das respostas em estudo.

Parâmetro	Mínimo	Máximo
°Brix frutos (y_1)	16,00	19,00
Massa G/P (y_2)	0,00	0,080
L frutos (y_3)	25,00	27,37
a frutos (y_4)	10,00	12,67
L SO (y_6)	24,00	26,00
a SO (y_8)	-0,35	0,00

2.4.3 Ensaio 3

Com este ensaio estudou-se o efeito da percentagem de frutose a substituir sacarose usada nas SO, do tempo de US, e da temperatura, num total de 12 experiências. A concentração de SO e a pressão na IV continuaram iguais à da otimização anterior sendo de 65 °Bx e 15 inHg respetivamente, tendo-se aumentado a temperatura para os 54 °C. Os limites máximos e mínimos usados para os fatores estão representados na Tabela 5.

Tabela 5 – Limites máximos e mínimos usados em cada um dos fatores em estudo, no ensaio 3.

Fator	Unidades	Mínimo	Máximo
% frutose	%	0	100
Tempo US	Segundos	45	360

2.4.4 Ensaio 4

Neste ensaio continuou-se o estudo da influência do tempo de US, usando um mínimo de 120 e 600 segundos como tempo máximo. Também se aumentou a pressão na IV de 15 para 29 inHg continuando com os dois pulsos, e com a mesma concentração

nas SO, com várias percentagens de frutose em substituição à sacarose (0, 50 e 100%) (Tabela 6).

Tabela 6 - Limites máximos e mínimos usados em cada um dos fatores em estudo, no ensaio 4.

Fator	Unidades	Mínimo	Máximo
% frutose	%	0	100
Tempo US	Segundos	120	600

2.4.5 Ensaio 5

Nos ensaios anteriores, a groselha utilizada era Holandesa comercializada por uma empresa de Portugal, mas devido ao começo da época de colheita deste fruto em Portugal, esta empresa só colocava a venda no mercado fruto nacional. Assim, foi decidido prosseguir com o estudo, com o fruto português, o qual tinha características diferentes, quer de cor, tamanho e resistência aos tratamentos anteriormente experimentados.

Neste ensaio foi necessário testar o fruto português, usando por isso os mesmos fatores anteriores mas à temperatura de 25 °C e a uma pressão na IV de 15 inHg e 29 inHg (Tabela 7).

Tabela 7 - Limites máximos e mínimos usados em cada um dos fatores em estudo.

Fator	Unidades	Mínimo	Máximo
% frutose	%	0	100
IV	inHg	15	29

2.4.6 Ensaio 6

Neste ensaio optou-se por usar SO com 100% frutose, os US foram de 45 segundos variando as potências. Estudou-se ainda a influência da pressão na IV usando valores entre os 15 e 25 inHg (Tabela 8).

Tabela 8 - Limites máximos e mínimos usados em cada um dos fatores em estudo no ensaio 6.

Fator	Unidades	Tipo	Mínimo	Máximo
Concentração (x_1)	°Brix	Numérico	40	70
IV (x_2)	Segundos	Numérico	15	25
US (x_3)	%	Numérico	0	50

2.4.6.1 Escolha do design de experiências

Foi projetado um *design* composto central rotacional e uma metodologia MRS obtendo-se 17 experiências, seguindo o procedimento geral já explicado no ensaio 1, onde se avaliou o comportamento da concentração da SO (x_1), a pressão da IV (x_2) e a potência de US (x_3) sobre as respostas °Brix frutos (y_1), massa G/P (y_2) e parâmetros de cor, L (y_3), a (y_4) e b (y_5), usando um modelo polinomial quadrático:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \beta_{11} x_1^2 + \beta_{22} x_2^2 + \beta_{33} x_3^2 + \beta_{12} x_1 x_2 + \beta_{13} x_1 x_3 \quad \text{Equação 4}$$

Em que Y_i é o valor da variável dependente do parâmetro i , β_1 , β_2 e β_3 representam os coeficientes de regressão linear, β_{11} , β_{22} e β_{33} os coeficientes de regressão quadrática, β_{12} e β_{13} o coeficiente de regressão de interação e X_n representa as variáveis independentes. A significância do modelo foi testada por análise de variância (ANOVA), e teste F ($p < 0,05$).

Adicionaram-se 3 blocos ao *design* de maneira a este decorrer em 3 dias, de forma a eliminar o erro devido a serem experiências feitas em dias diferentes. De maneira a avaliar o erro puro, foram feitas réplicas no ponto central e vértices (Figura 9).

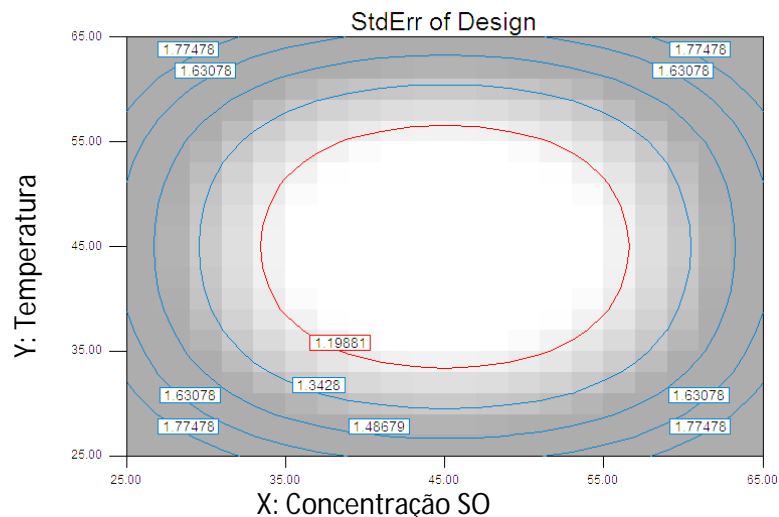


Figura 9 - Gráfico *standard error* do *design* em estudo no ensaio 6.

2.4.7 Ensaio 7

Neste ensaio, para o estudo do efeito do branqueamento na groselha, optou-se por escolher uma das experiências feitas no anterior ensaio, a experiência 8, onde foi usada uma concentração de SO de 70 °Bx, uma pressão na IV de 20 inHg e uma potência a 50% de US. O branqueamento foi realizado antes dos tratamentos, e fez-se a comparação entre um branqueamento com vapor vivo e com água.

2.4.8 Ensaio 8

Para o estudo da influência do ácido cítrico, escolheram-se experiências já feitas num ensaio anterior, de modo a ver se o uso do ácido cítrico melhoraria em algo os parâmetros desejados. Desta forma foram escolhidas as experiências 4 e 12 do ensaio 6, cada uma com uma SO de concentração diferente (70 e 55 °Bx), decidindo-se escolher uma das experiência em que ocorreu o rebentamento dos frutos para estudar o efeito da pectina e do ácido cítrico nas compotas com frutos nesse estado. A temperatura usada foi de 25 °C, com uma pressão na IV de 25 inHg e 2 pulsos. O tempo de US usado foi 45 segundos com potências de 25 e 50% (Tabela 9). Neste ensaio a adição do ácido cítrico foi só no final dos tratamentos.

Tabela 9 - Limites máximos e mínimos usados em cada um dos fatores em estudo no ensaio 8.

Fator	Unidades	Mínimo	Máximo
Concentração SO	°Brix	55	70
US	%	25	50

2.4.9 Ensaio 9

Neste ensaio optou-se por fazer o mesmo estudo que no ensaio 8 mas o ácido cítrico foi adicionado antes de todos os tratamentos, de forma a verificar de que maneira este influenciava os resultados finais.

2.4.10 Ensaio 10

Estudou-se o efeito do aumento da temperatura, de 25° C para 54 °C com as mesmas variáveis no ensaio anterior e adição de ácido cítrico também no início.

2.4.11 Ensaio 11

Devido aos resultados obtidos nos ensaios anteriores, optou-se por concentrações de SO entre os 33,8 e os 76,2 °Bx, usando uma pressão na IV de 25 inHg com 2 pulsos. O tempo de US foi de 45 segundos a 25% da potência e variaram-se as temperaturas (Tabela 10). O ácido cítrico neste ensaio foi adicionado no início, antes dos tratamentos.

Tabela 10 - Limites máximos e mínimos usados em cada um dos fatores em estudo no ensaio 11.

Fator	Unidades	Tipo	Mínimo	Máximo
Temperatura (x_1)	°C	Numérico	36	64,00
Concentração (x_2)	°Brix	Numérico	34	76,21

2.4.11.1 Escolha do *design* de experiências

Usando de novo o procedimento já descrito em ensaios anteriores (Anderson & Whitcomb, 1999), foi projetado um *design* composto central rotacional e uma metodologia MRS obtendo-se um total de 13 experiências onde se avaliou o comportamento da temperatura (x_1) e concentração da SO (x_2), sobre as respostas °Brix frutos (y_1), massa G/P (y_2), Compostos fenólicos (y_3), parâmetros de cor nos frutos, L (y_4), a (y_5) e b (y_6) e parâmetros de cor nas SO, L (y_7), a (y_8) e b (y_9) usando um modelo polinomial quadrático:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_{11} x_1^2 + \beta_{22} x_2^2 + \beta_{12} x_1 x_2 \quad \text{Equação 5}$$

Em que Y_i é o valor da variável dependente do parâmetro i , β_1 e β_2 representam os coeficientes de regressão linear, β_{11} e β_{22} os coeficientes de regressão quadrática, β_{12} o coeficiente de regressão de interação e X_n representa as variáveis independentes. A significância do modelo foi testada por análise de variância (ANOVA), e teste F ($p < 0,05$).

Além dos vértices, foram também adicionados pontos intermédios de forma a conseguir mais informação. Neste *design* foi usado só um dia para a sua elaboração, não tendo sido necessário a adição de blocos. De maneira a avaliar o erro puro, foram feitas réplicas no ponto central (Figura 10).

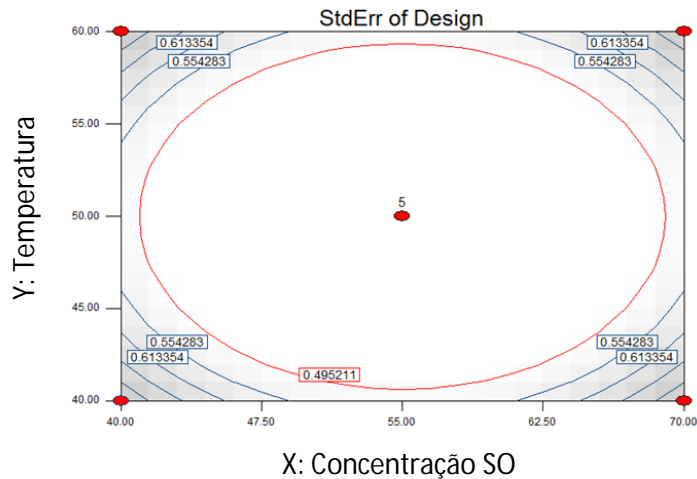


Figura 10 - Gráfico *standard error* do design em estudo no ensaio 11.

2.4.12 Ensaio 12

Devido ao reaparecimento das groselhas de origem Holandesa, fez-se de novo o ensaio anterior com este novo fruto de maneira a verificar se os resultados eram semelhantes, para posteriormente se fazer a sua validação.

2.4.13 Ensaio 13 – Otimização 2

Realizou-se uma otimização das condições de processamento.

De maneira a conseguir um máximo de cor vermelha nas groselhas, um máximo de brix, um mínimo de massa G/P e máximo de compostos fenólicos totais nos frutos, foram impostas as restrições apresentadas na Tabela 11.

Tabela 11 - Limites impostos no *design* para obtenção de valores ótimos de cada uma das respostas em estudo.

Parâmetro	Mínimo	Máximo
°Brix frutos (y_1)	18,00	21,00
Massa G/P (y_2)	-41,05	-30,00
Compostos fenólicos totais frutos (y_3)	90,00	100,69
L frutos (y_4)	25,00	28,91
a frutos (y_5)	10,00	12,36
L SO (y_7)	25,11	27,85
a SO (y_8)	2,00	5,17

3. Resultados

3.1 Ensaio 1

De acordo com Souza-Neto et al. (2003) num estudo feito com mangas, a transferência de massa é favorecida em soluções osmóticas mais concentradas, permitindo que o fruto obtenha um maior ganho de sólidos. O fruto usado neste trabalho tem características diferentes mas obtiveram-se resultados semelhantes, a concentração de sólidos nos frutos aumentou com concentrações de solução osmótica mais elevadas e com o aumento da temperatura (Figura 11-1). A perda de massa do fruto torna-se maior com temperaturas altas devido a possíveis danos provocados pela temperatura na pele do fruto, e a temperaturas mais baixas houve ganho de massa (Figura 11-2). Neste caso a concentração das soluções não tiveram um papel principal na perda de massa, pois conseguiram-se resultados próximos com altas e baixas concentrações.

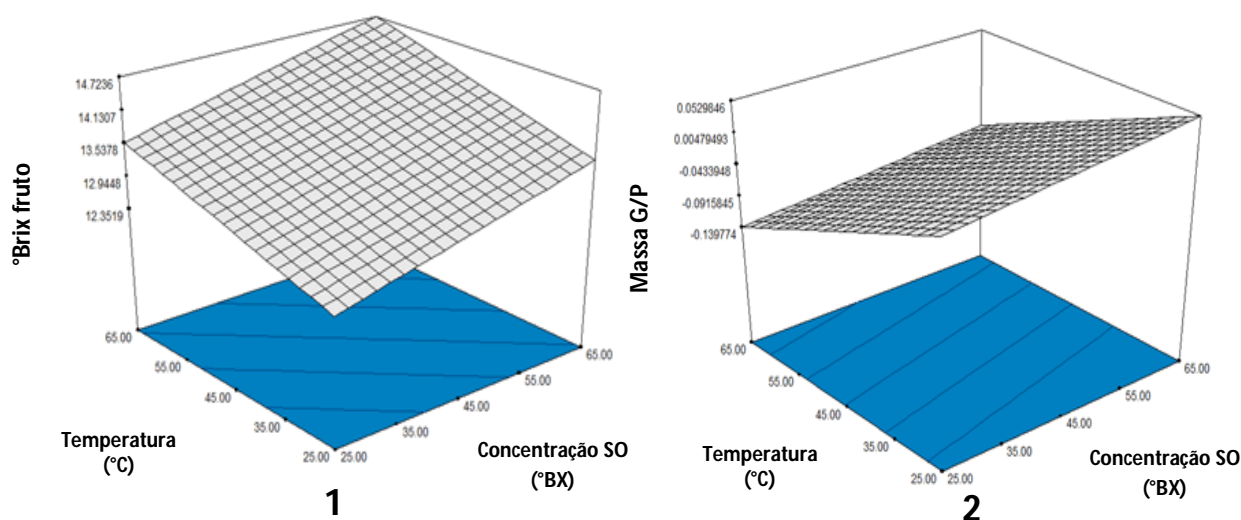


Figura 11 – Resultados obtidos no ensaio 1 para: **1**) concentração de sólidos nos frutos; **2**) percentagem de massa G/P nos frutos com interação da temperatura e concentração das SO.

Na análise dos resultados da cor das groselhas após os tratamentos, pode-se verificar pela Figura 12-2 que o parâmetro a do fruto atingiu um valor máximo para a temperatura mais alta e para concentrações de solução mais baixas, tal como L e b (Figura 12-1 e 12-3). Essa intensificação do vermelho pode dever-se à concentração de pigmentos devido à desidratação sofrida no fruto (Queiroz et al., 2007). Na cor das soluções finais, notou-se uma subida de a com o aumento de temperatura e concentração das soluções (Figura 13-2), o mesmo se verifica para o parâmetro L (Figura 13-1).

Já no caso de b , nota-se um aumento muito acentuado com concentrações mais altas nas soluções usadas, tendo neste caso pouca relevância a temperatura, visto manter-se praticamente constante quer a altas ou baixas temperaturas. (Figura 13-3)

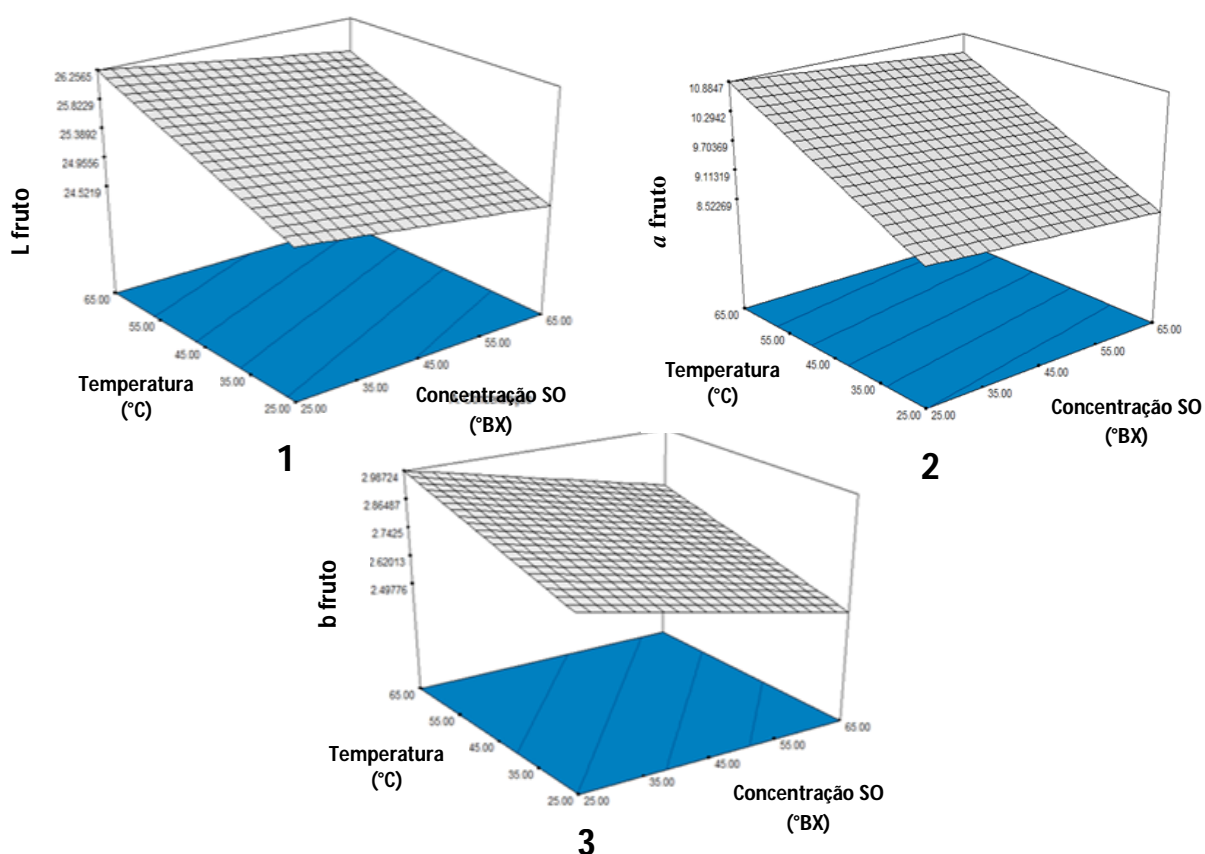


Figura 12 – Resultados obtidos no ensaio 1 para a interação do: 1) parâmetro L da groselha; 2) parâmetro a da groselha; 3) parâmetro b da groselha com a temperatura e concentração das SO.

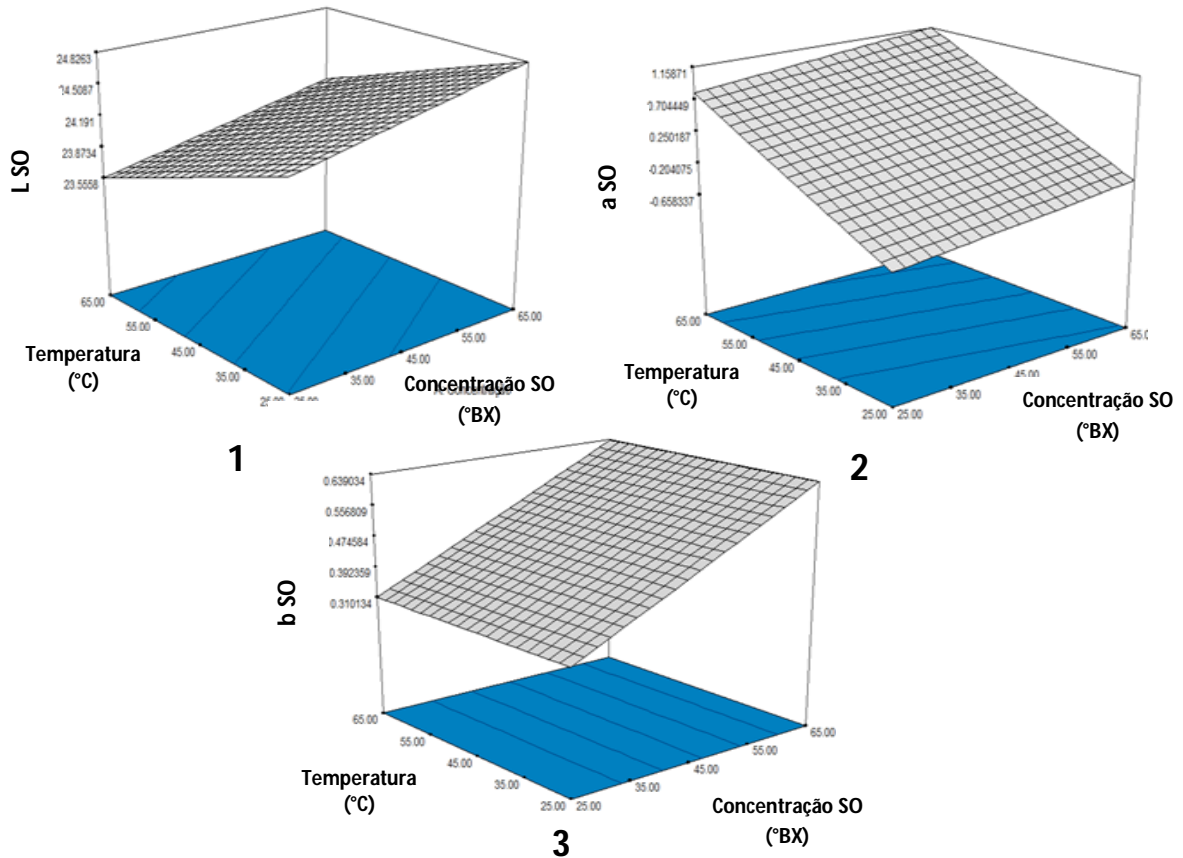


Figura 13 – Resultados obtidos no ensaio 1 para a interação do: 1) parâmetro L das soluções finais; 2) parâmetro a das soluções finais; e 3) parâmetro b das soluções finais com a temperatura e concentração das SO.

Na Tabela 12 estão os resultados obtidos da análise estatística feita com o software *Design-Expert 6*® (Dx6, 2005) aplicada aos resultados obtidos nas respostas estudadas, o °Brix do fruto, a massa G/P e parâmetros de cor.

No caso do °Brix do fruto, este apresenta uma regressão significativa e uma falta de ajuste não significativa, tal como se verifica na massa G/P.

Nos parâmetros de cor dos frutos e SO, o L e a apresentaram uma regressão significativa, a contrário do parâmetro b (Tabela 12).

A análise dos coeficientes de regressão mostrou um efeito linear para todas as respostas estudadas (Tabela 13).

Tabela 12 – Análise de variância do modelo ajustado para o °Brix do frutos, massa G/P e parâmetros de cor dos frutos e SO, L, a e b.

°Brix fruto					Massa G/P				
Fonte de variação	GL	SQ	MQ	F _{value}	Fonte de variação	GL	SQ	MQ	F _{value}
Modelo: Linear	10	76,70	7,67	10,29*	Modelo: Linear	7	0,23	0,032	41,73*
Residual	40	29,80	0,75		Residual	44	0,034	7,13E-04	
Falta de ajuste	31	25,37	0,82	1,66	Falta de ajuste	35	0,025	1,01E-03	0,70
Erro puro	9	4,44	0,49		Erro puro	9	9,16E-03		
Total	52	118,8			Total	53	0,32		
			R ²	0,720				R ²	0,869
L fruto					L SO				
Fonte de variação	GL	SQ	MQ	F _{value}	Fonte de variação	GL	SQ	MQ	F _{value}
Modelo: Linear	4	18,39	4,60	18,04*	Modelo: Linear	7	14,53	2,08	8,08*
Residual	45	11,47	0,25		Residual	44	11,31	0,26	
Falta de ajuste	36	9,71	0,27	1,38	Falta de ajuste	35	9,70	0,28	1,55
Erro puro	9	1,76	0,20		Erro puro	9	1,61	0,18	
Total	51	32,59			Total	53	25,92		
			R ²	0,616				R ²	0,562
a fruto					a SO				
Fonte de variação	GL	SQ	MQ	F _{value}	Fonte de variação	GL	SQ	MQ	F _{value}
Modelo: Linear	7	51,39	7,34	11,42*	Modelo: Linear	7	17,92	2,56	28,46*
Residual	40	25,71	0,64		Residual	42	3,78	0,090	
Falta de ajuste	31	20,71	0,67	1,20	Falta de ajuste	33	3,19	0,097	1,49
Erro puro	9	5,00	0,56		Erro puro	9	0,59	0,065	
Total	49	82,92			Total	51	24,34		
			R ²	0,667				R ²	0,826
b fruto					b SO				
Fonte de variação	GL	SQ	MQ	F _{value}	Fonte de variação	GL	SQ	MQ	F _{value}
Modelo: Linear	7	1,74	0,25	0,143	Modelo: Linear	7	1,74	0,25	1,68
Residual	40	5,92	0,15		Residual	40	5,92	0,15	
Falta de ajuste	31	5,00	0,16	1,58	Falta de ajuste	31	5,00	0,16	1,58
Erro puro	9	0,92	0,10		Erro puro	9	0,92	0,10	
Total	49	8,53			Total	49	8,53		
			R ²	0,227				R ²	0,227

GL: Graus liberdade; SQ: Soma quadrática; MQ: Média quadrática; * Significativo

Tabela 13 - Coeficientes de regressão, mostrando a relação entre as variáveis independentes e as respostas.

Coeficientes	<i>L</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	Massa G/P	°Brix frutos	<i>L</i> sol	<i>a</i> Sol	<i>b</i> Sol
β_0	25,73	10,39	2,68	-0,073	14,26	24,41	0,56	0,42
β_1	-0,26	-0,20	-0,13	0,018	0,96	0,24	0,18	0,16
β_2	0,60	0,98	0,12	-0,078	0,95	-0,39	0,73	-8,47E-04
β_3	-	-0,12	-0,069	-0,015	0,063	-0,072	0,099	0,011
β_4	-	-0,26	-0,036	8,72E-03	-0,098	-0,13	-0,096	-4,37E-03
β_5	-	0,33	0,15	1,03E-03	-0,23	0,17	-0,015	-0,026
β_6	-0,34	-0,43	0,027	5,28E-03	-0,56	-0,16	-0,11	0,073
β_7	0,38	0,69	0,028	-1,14E-03	0,27	0,39	-1,88E-03	-5,63E-03

3.2 Ensaio 2 - Otimização 1

Com os limites impostos para cada parâmetro em estudo (Tabela 4) obtiveram-se as condições de processamento ótimas dadas pelas rampas de desejabilidade (Figura 14).

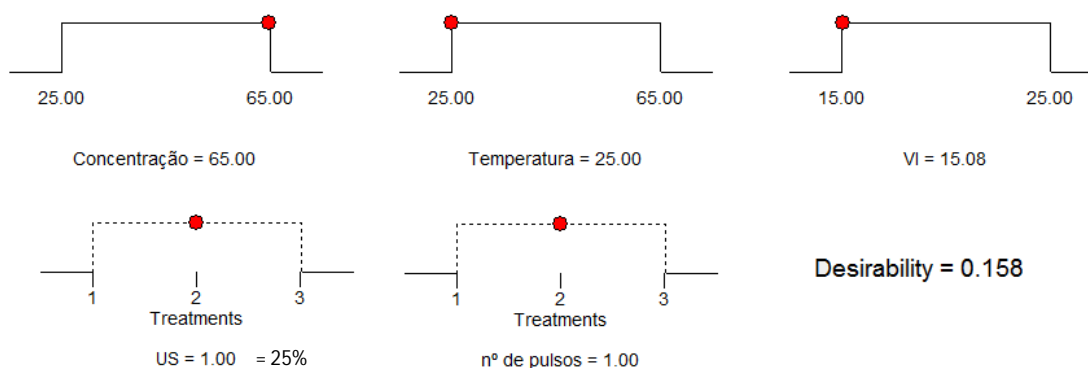


Figura 14 – Rampas de desejabilidade para os parâmetros considerados e respectiva desejabilidade final.

A concentração usada nas SO foi de 65 °Bx a uma temperatura de 25 °C. A pressão na IV usada foi de 15 inHg com 1 pulso, usando 25% de potência de US (Figura 14).

O resultado obtido foi um aumento da concentração de sólidos nos frutos de 10 para 16 °Bx (Figura 15-1), e um ganho de massa de 3,2% (Figura 15-2).

Ao comparar os compostos fenólicos presentes nas groselhas frescas com as groselhas tratadas, notou-se uma perda 18,7% nos frutos (Figura 15-3), e nas SO finais

estavam presentes 2,82 mg de compostos fenólicos por cada 100 ml de frutos, o que prova que ocorreu lixiviação (Figura 15-4).

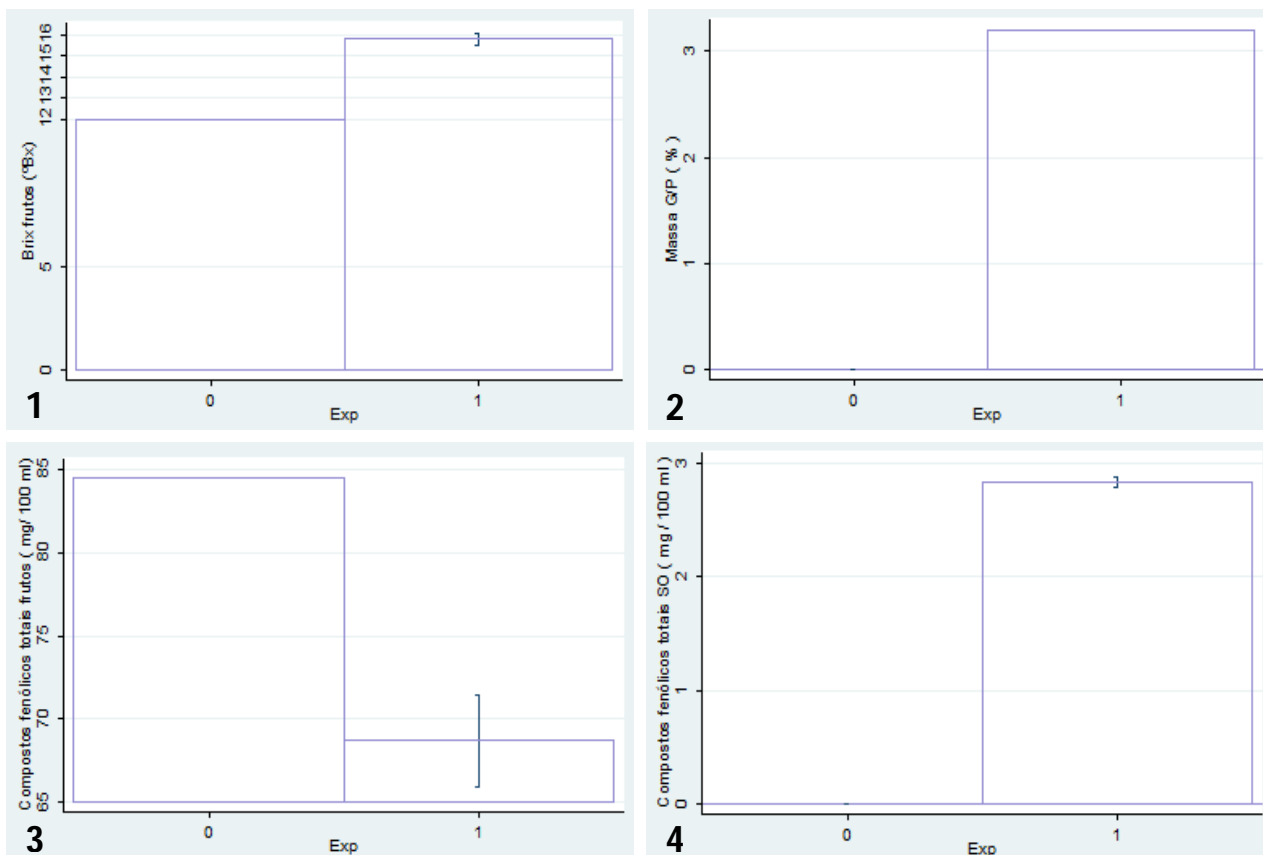


Figura 15 – Gráficos das médias dos resultados com desvio padrão das experiências realizadas no ensaio, sendo a Exp 0 de groselhas frescas e Exp 1 de groselhas tratadas: **1)** °Brix obtido nas groselhas; **2)** Massa G/P nas groselhas ; **3)** Compostos fenólicos totais presentes nas groselhas; **4)** Compostos fenólicos totais presentes nas SO.

Em relação aos parâmetros de cor, obteve-se um fruto com menos luminosidade e com um *a* menor, em relação ao fruto fresco sem tratamentos. Obtiveram-se groselhas inteiras, sem haver rebentamentos, e com um vermelho brilhante.

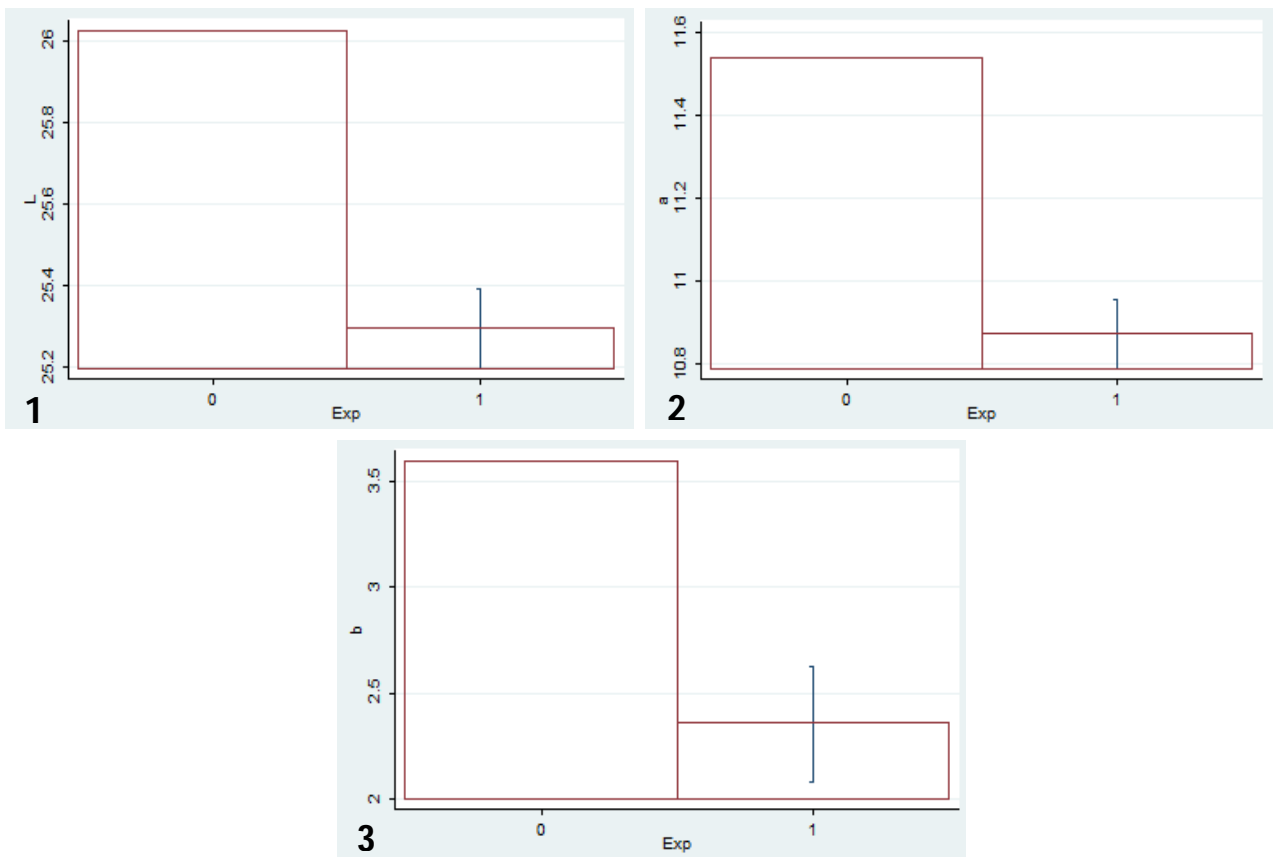


Figura 16 - Gráficos das médias dos resultados com desvio padrão dos parâmetros de cor do ensaio 2, sendo Exp 0 para groselhas frescas e Exp 1 para groselhas tratadas: **1)** Resultados dos valores de L ; **2)** Resultados dos valores de a ; **3)** Resultados dos valores de b .

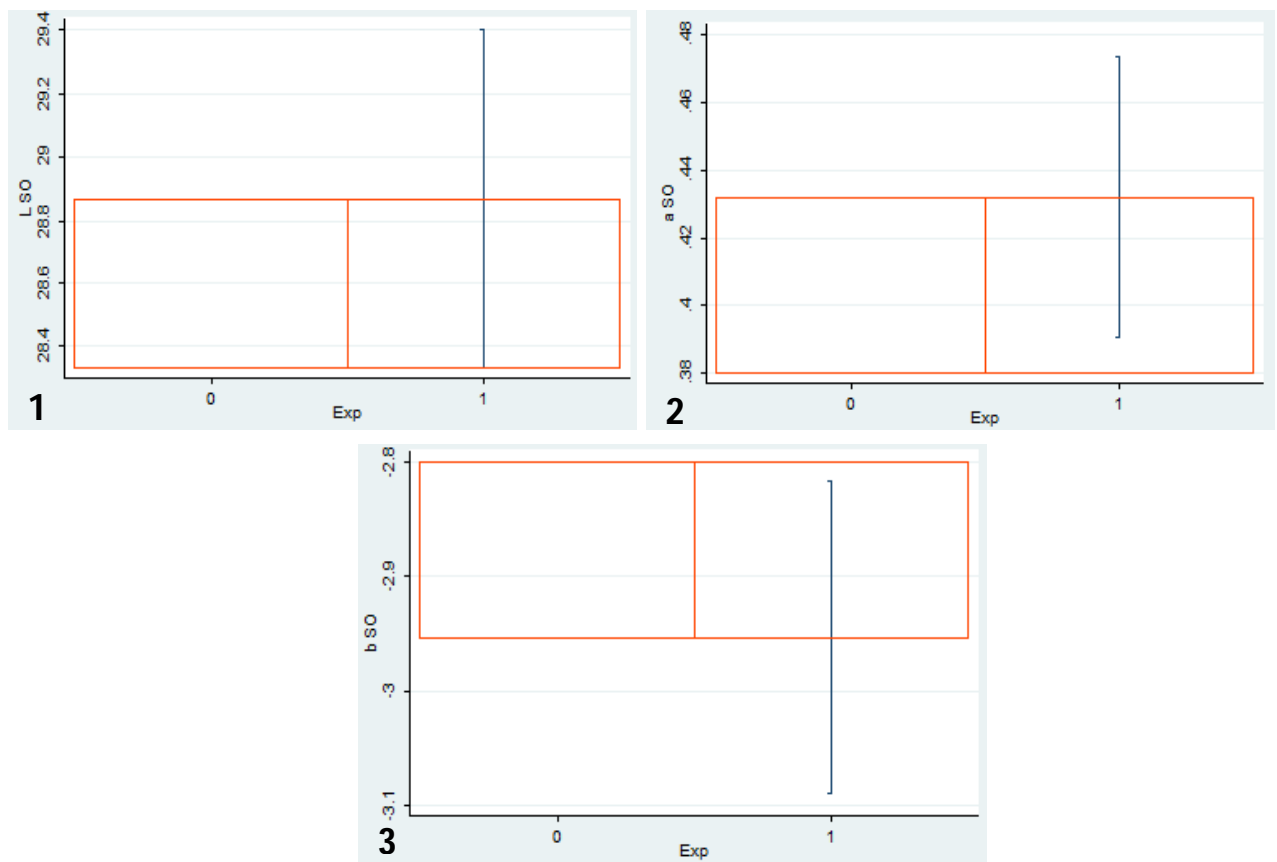


Figura 17 – Gráficos das médias dos resultados com desvio padrão dos parâmetros de cor do ensaio 2, sendo Exp 0 para SO fresca e Exp 1 para SO tratadas: **1)** Resultados dos valores de L ; **2)** Resultados dos valores de a ; **3)** Resultados dos valores de b .

3.3 Ensaio 3

Conseguiram-se valores ligeiramente maiores de sólidos nos frutos em soluções com frutose (Figura 18-1), confirmando que o peso molecular dos solutos influencia nas transferências de massa (Escobar et al., 2007). Verificou-se que com tempos maiores de US, os resultados melhoravam em termos de sólidos nos frutos (Figura 18-1), como também foi comprovado em Deng et al. (2008).

Tabela 14 - Fatores em estudo no ensaio 3 para cada uma das experiências.

Experiência	Composição SO (% frutose)	Tempo US (segundos)
1	0	45
2	50	45
3	100	45
4	0	90
5	50	90
6	100	90
7	0	180
8	50	180
9	100	180
10	0	360
11	50	360
12	100	360

O aumento de temperatura juntamente com tempos maiores de tratamento, provocou grandes perdas de massa no fruto, como seria de esperar, visto que há favorecimento da saída de água do fruto para o exterior (Figura 18-2).

Quanto aos compostos fenólicos totais, houve um aumento desses compostos para tempos maiores de ultrassons devido a sua libertação das células pós-rompimento (Figura 18-3). Não houve muita perda de compostos fenólicos dos frutos para as soluções osmóticas (Figura 18-4).

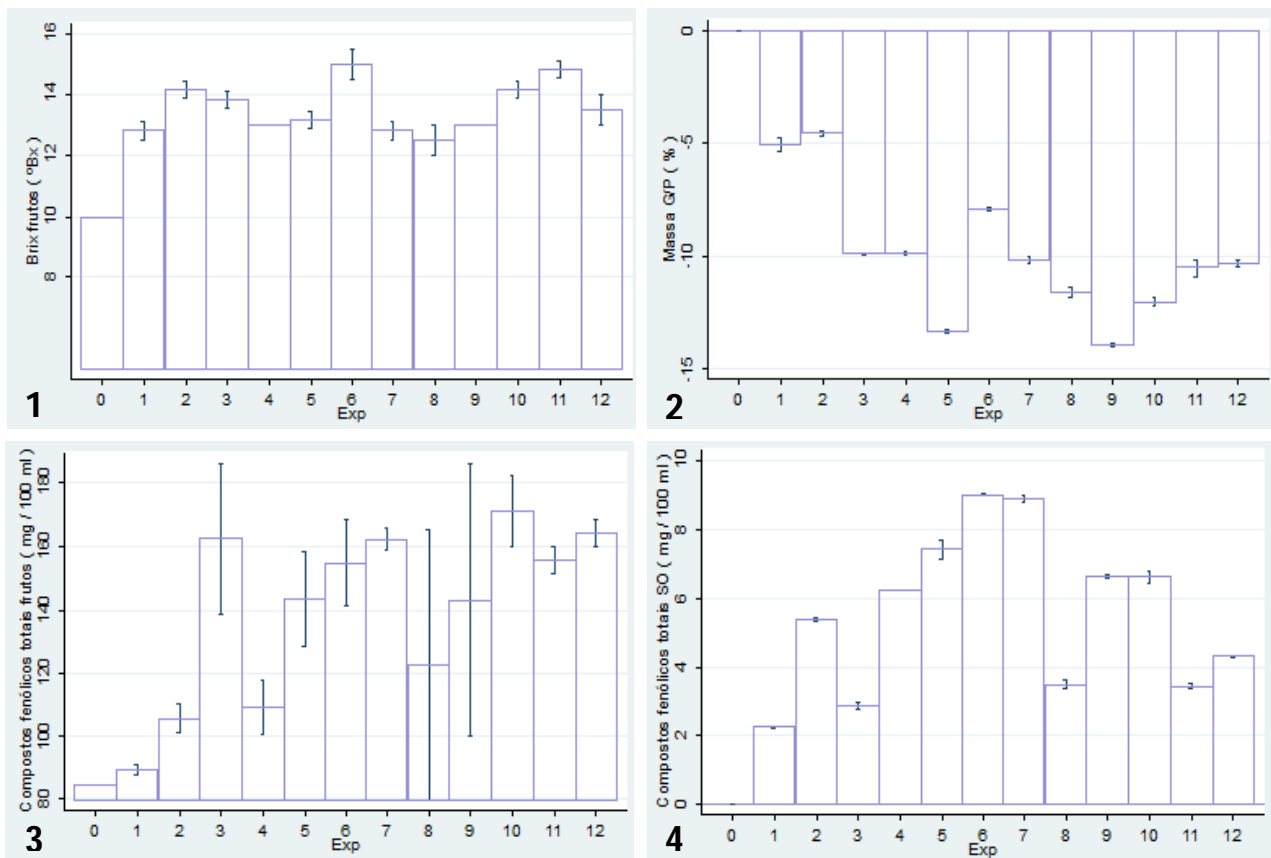


Figura 18 – Gráficos das médias dos resultados com desvio padrão das experiências realizadas no ensaio 3, sendo a Exp 0 de groselhas frescas e as restantes Exp de groselhas tratadas: **1)** °Brix obtido nas groselhas; **2)** Massa G/P nas groselhas ; **3)** Compostos fenólicos totais presentes nas groselhas; **4)** Compostos fenólicos totais presentes nas SO.

Quando se observaram os parâmetros de cor dos frutos, houve um ligeiro aumento de *a* com o aumento de tempo de ultrassons, o que se traduz num reforço da cor vermelha das groselhas (Figura 19-1) e enquanto que *L* e *b* praticamente não sofreram alterações em relação aos frutos frescos (Figura 19-1 e Figura 19-3). As SO ganham pouca cor ao longo do processo e com o aumento de tempo de US (Figura 20).

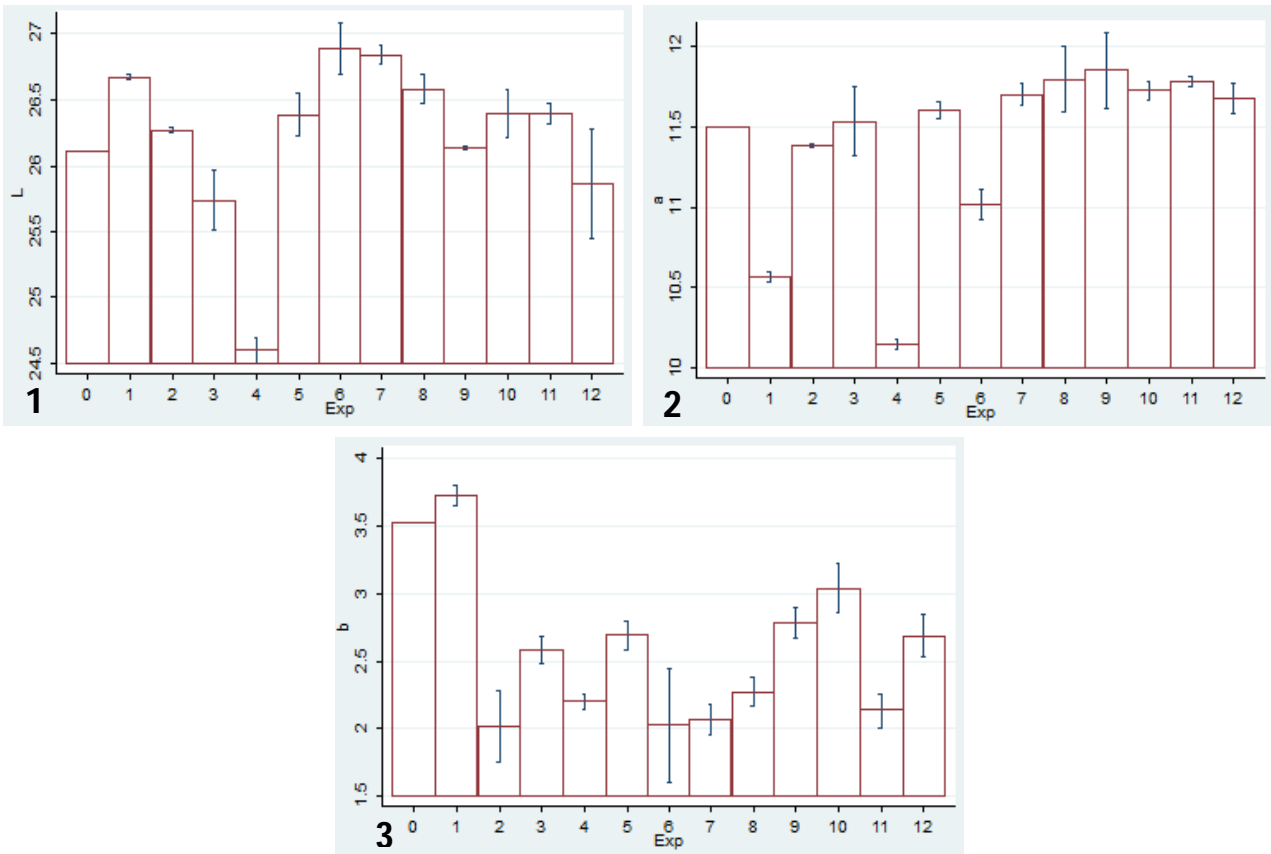


Figura 19 - Gráficos das médias dos resultados com desvio padrão dos parâmetros de cor do ensaio 3, sendo Exp 0 para groselhas frescas e as restantes Exp para groselhas tratadas: 1) Resultados dos valores de L ; 2) Resultados dos valores de a ; 3) Resultados dos valores de b .

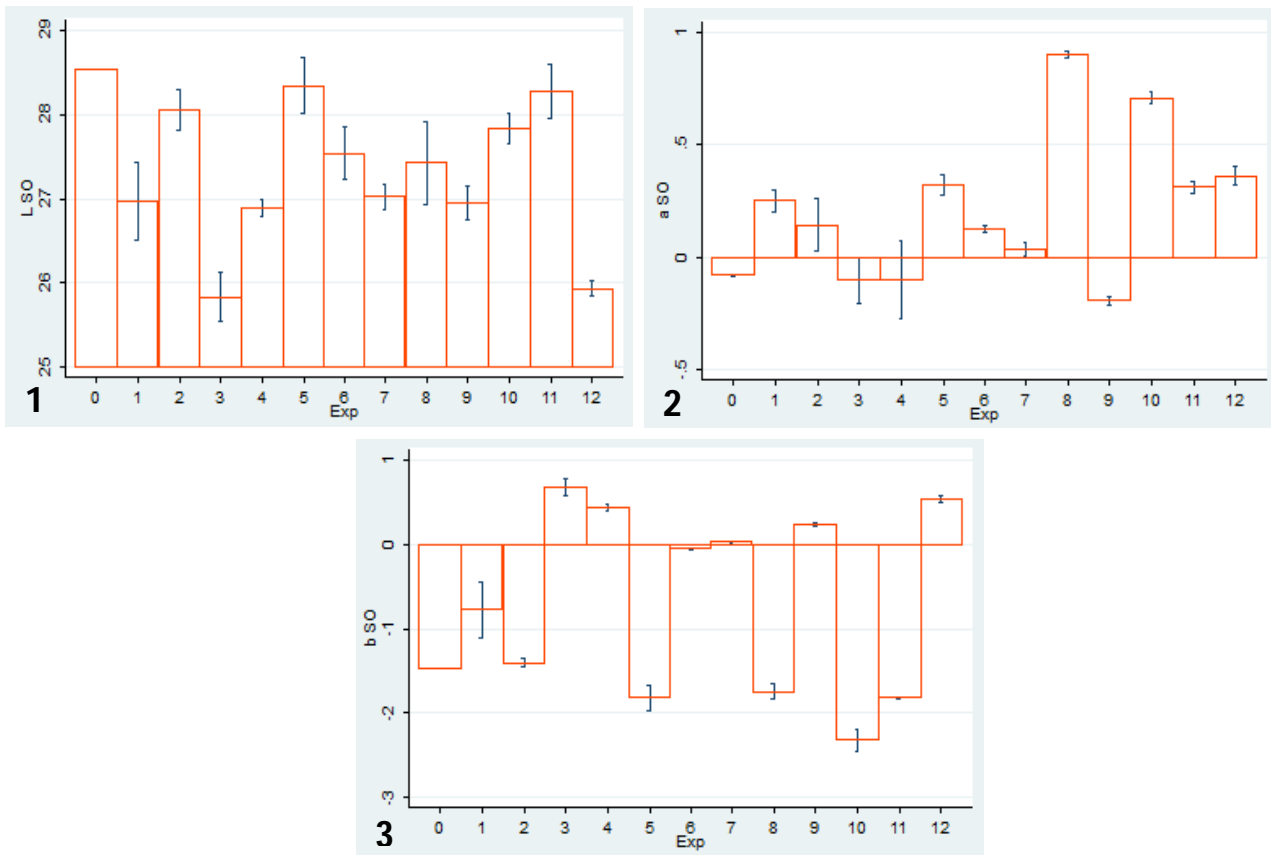


Figura 20 - Gráficos das médias dos resultados com desvio padrão dos parâmetros de cor do ensaio 3, sendo Exp 0 para SO fresca e as restantes Exp para SO tratadas: 1) Resultados dos valores de L ; 2) Resultados dos valores de a ; 3) Resultados dos valores de b .

3.4 Ensaio 4

Visto que no ensaio anterior os maiores ganhos de açúcar se obtiveram com tempos maiores de US, decidiu-se então experimentar novos tempos.

Neste caso com uma pressão mais elevada, verificou-se que houve rebentamento de alguns frutos, devido ao fenómeno de deformação-relaxação que ocorre devido à saída de líquido e gás do interior do fruto que pode provocar alterações irreversíveis nos poros levando geralmente à perda de rigidez ou rotura da parede celular (Chiralt et al., 2001).

Tabela 15 - Fatores em estudo no ensaio 4 para cada uma das experiências.

Experiência	Composição SO (% Frutose)	Tempo US (segundos)
1	0	120
2	50	120
3	100	120
4	0	240
5	50	240
6	100	240
7	0	480
8	50	480
9	100	480
10	0	600
11	50	600
12	100	600

Para tempos maiores de US ocorreu um aumento de sólidos nos frutos, e com SO de 100% frutose (Figura 21-1).

Até tempos de ultrassons de 240 segundos houve ganho de massa por parte dos frutos, com tempos maiores ocorreu perda de massa, o que justifica o maior °Brix nos frutos nesses tempos mais elevados (Figura 21-2).

Nos compostos fenólicos totais das groselhas verificou-se uma subida nas experiências que sofreram US até 240 segundos com as soluções de 0 e 50% de frutose, valores que depois vão decrescendo ao longo do aumento de tempo de US.

Os US provocaram uma diminuição nos valores dos compostos fenólicos quanto maior for o tempo a que as groselhas estão expostas a este tratamento, devido possivelmente à maior perda de massa que ocorre (Figura 21-3).

Como era esperado devido aos ensaios anteriores, os compostos fenólicos nas soluções obtidas depois dos tratamentos vão aumentando com tempos maiores de US, e as soluções com 100% frutose são as que apresentaram mais compostos fenólicos (Figura 21-4).

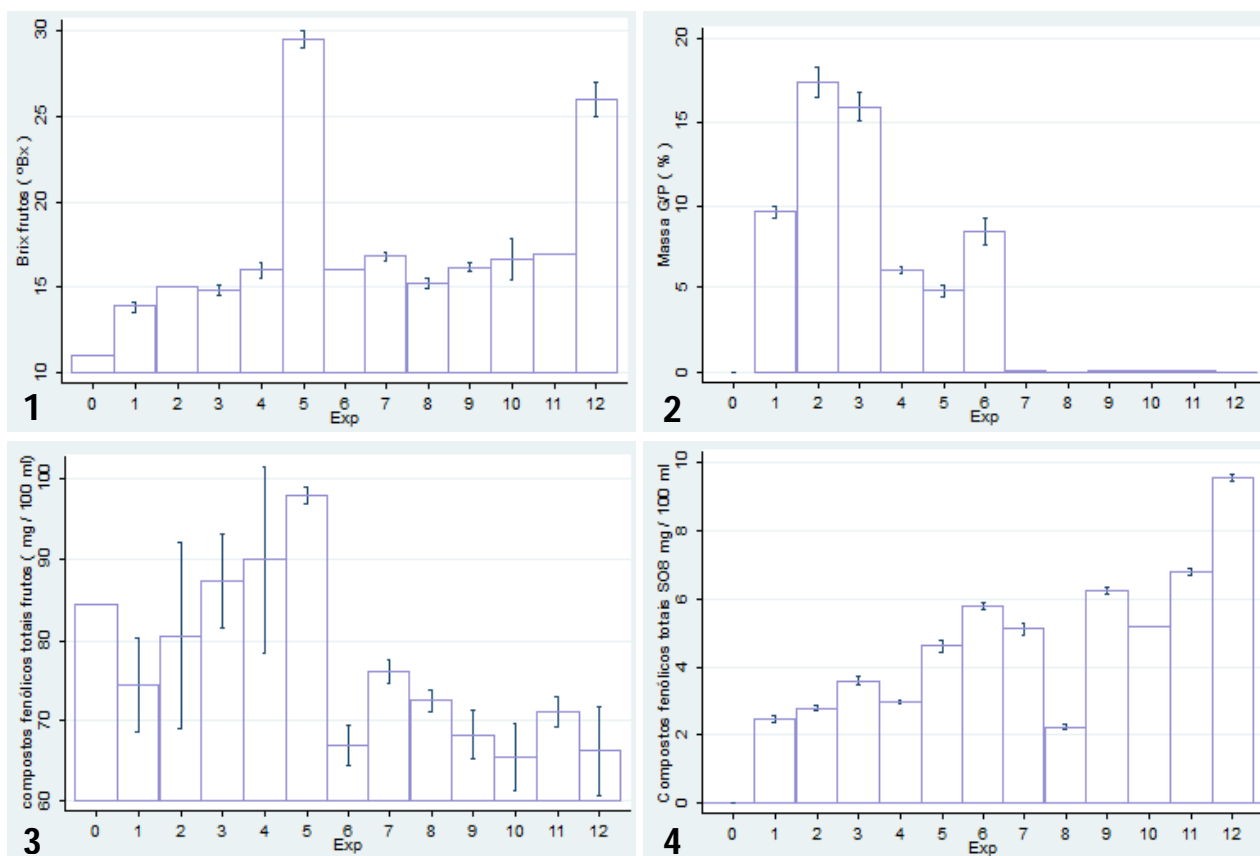


Figura 21 - Gráficos das médias dos resultados com desvio padrão das experiências realizadas no ensaio 4, sendo a Exp 0 de groselhas frescas e as restantes Exp de groselhas tratadas: **1)** °Brix obtido nas groselhas; **2)** Massa G/P nas groselhas ; **3)** Compostos fenólicos totais presentes nas groselhas; **4)** Compostos fenólicos totais presentes nas SO.

Conseguiu-se obter frutos que depois dos tratamentos tinham os parâmetros de cor muito próximos dos frutos frescos, só as experiências que sofreram maior tempos de US, 600 segundos, ficaram com valores um pouco mais abaixo (Figura 22). Já nas soluções os parâmetros *a* e *b*, subiram ligeiramente comparados com as soluções osmóticas iniciais (Figura 23).

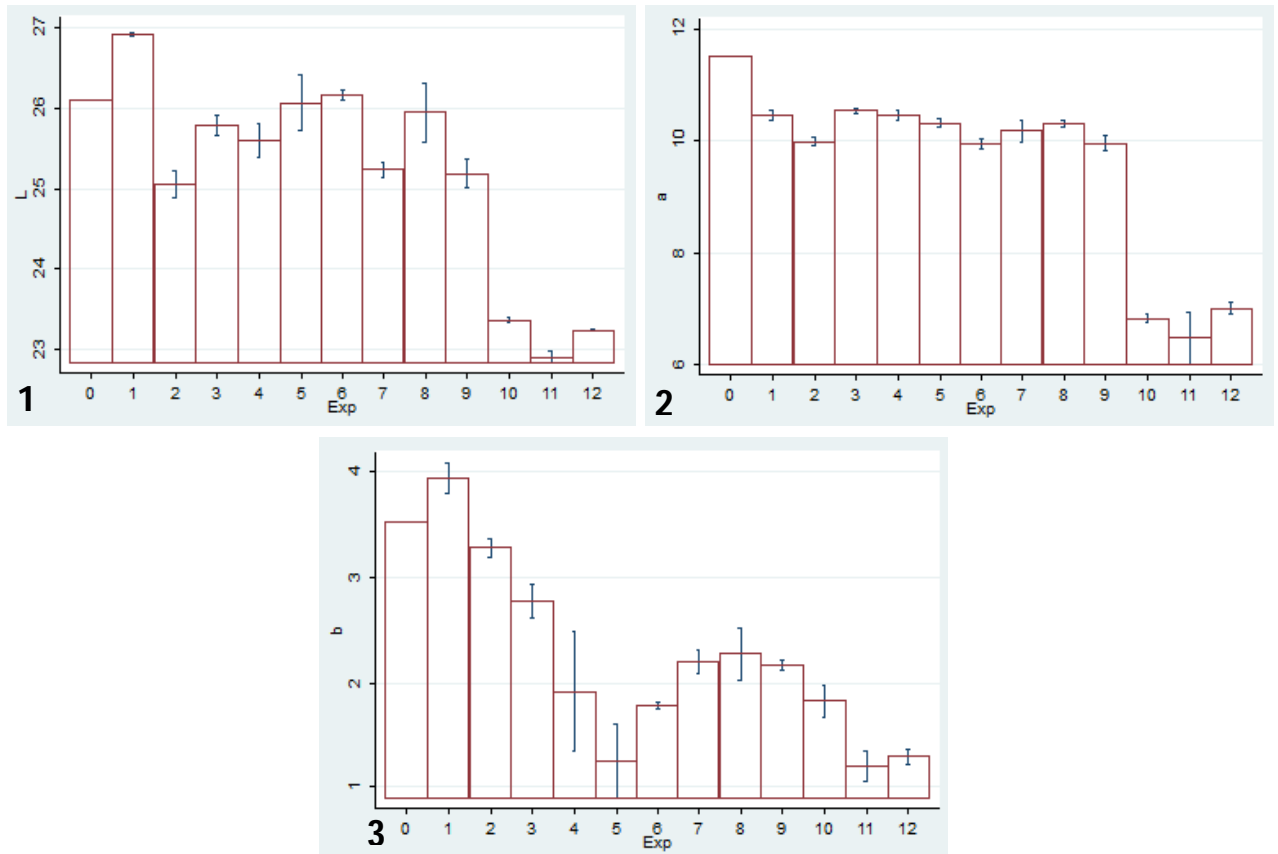


Figura 22 - Gráficos das médias dos resultados com desvio padrão dos parâmetros de cor do ensaio 4, sendo Exp 0 para greselhas frescas e as restantes Exp para greselhas tratadas: **1)** Resultados dos valores de L ; **2)** Resultados dos valores de a ; **3)** Resultados dos valores de b .

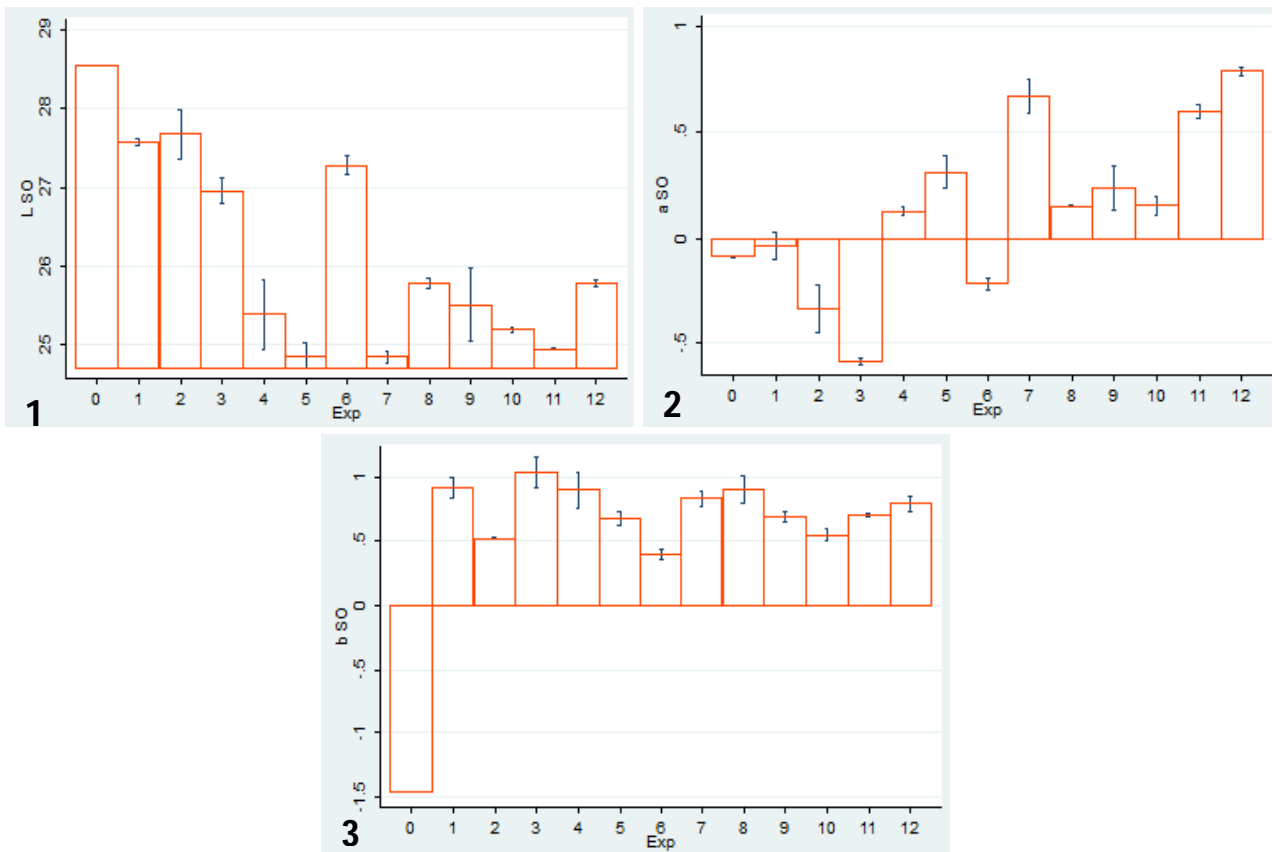


Figura 23 - Gráficos das médias dos resultados com desvio padrão dos parâmetros de cor do ensaio, sendo Exp 0 para SO fresca e as restantes Exp para SO tratadas: **1)** Resultados dos valores de L ; **2)** Resultados dos valores de a ; **3)** Resultados dos valores de b .

3.5 Ensaio 5

Nos ensaios anteriores, a groselha era Holandesa comercializada por uma empresa de Portugal, mas devido ao começo da época de colheita deste fruto em Portugal, esta empresa só colocava a venda no mercado fruto nacional. Devido a isso, este estudo também teve de alterar o fruto, o qual tinha características diferentes, quer de cor, tamanho e resistência aos tratamentos antes experimentados.

Como o fruto era menos resistente, optou-se por fazer apenas 45 segundos de US a 25%, pois em testes preliminares comprovou-se menor resistência do fruto. Na tabela 16 estão descritos os fatores em estudo usados neste ensaio.

Tabela 16 - Fatores em estudo no ensaio 5 para cada uma das experiências.

Experiência	Composição SO (% Frutose)	IV (inHg)
1A	0	29
2A	50	29
3A	100	29
1B	0	15
2B	50	15
3B	100	15

Verificou-se que as experiências onde se aplicou menor pressão, não tiveram um aumento no valor de °Brix (Figura 24-1-B), mas com o aumento de pressão e o uso de uma SO de 100% frutose obtiveram-se frutos com maiores concentrações de sólidos, mas trouxe uma desvantagem que era o rebentamento da maioria dos frutos (Figura 24-1-A).

Na questão dos compostos fenólicos, os frutos com SO de 100% frutose, perderam mais destes compostos que com as outras duas soluções (Figura 24-3), o que fez aumentar os valores dos compostos presentes nas soluções finais, devido à lixiviação (Figura 24-4).

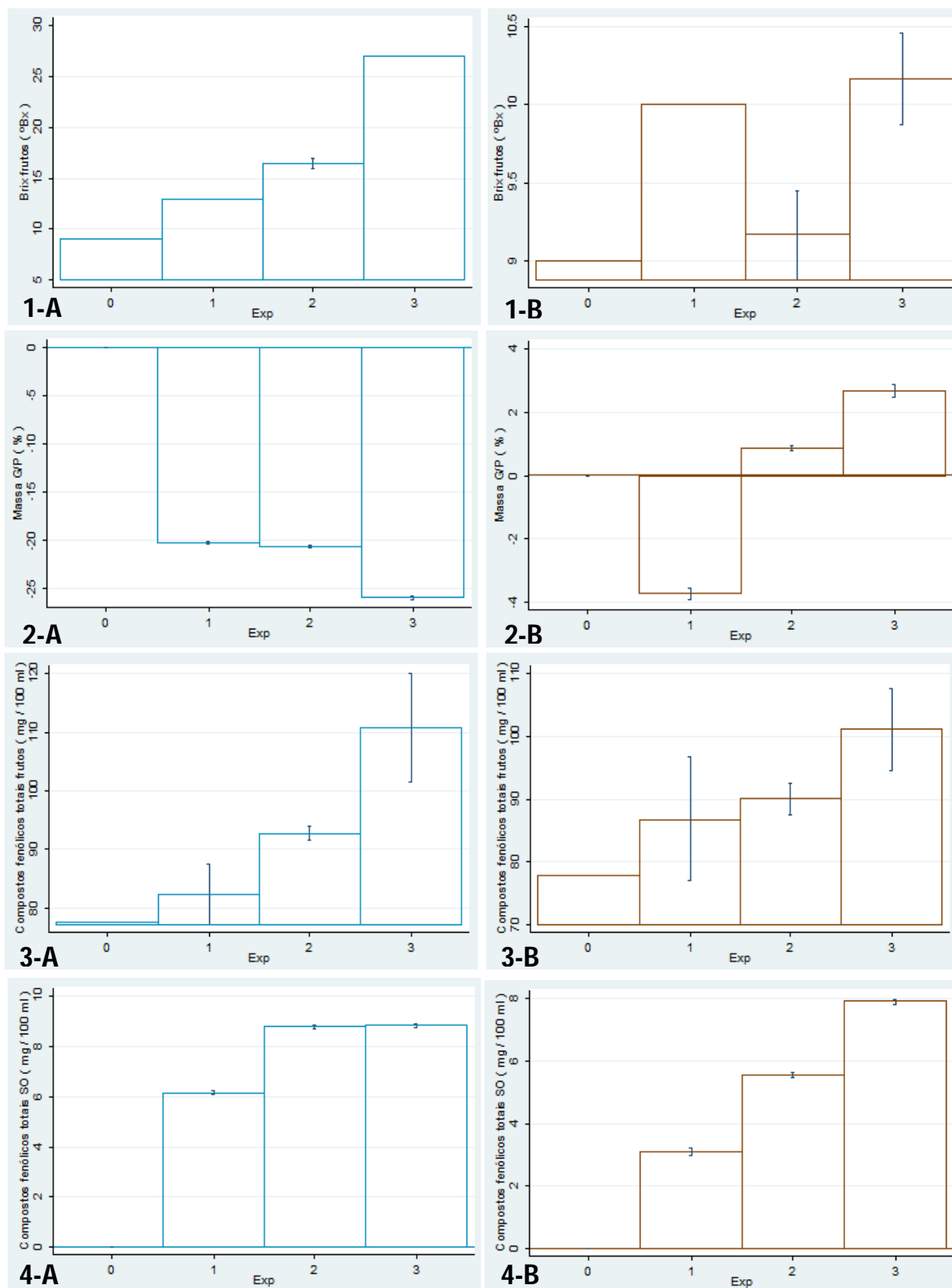


Figura 24 – Gráficos das médias dos resultados com desvio padrão das experiências realizadas no ensaio 5, sendo a Exp 0 de groselhas frescas e as restantes Exp de groselhas tratadas: **1)** °Brix obtido nas groselhas; **2)** Massa G/P nas groselhas ; **3)** Compostos fenólicos totais presentes nas groselhas; **4)** Compostos fenólicos totais presentes nas SO. **A-** UV de 29 inHg; **B-** UV de 15 inHg.

Observou-se que os tratamentos não afetaram muito o parâmetro L dos frutos, havendo também um aumento da cor vermelha com ambas as pressões (Figura 26-1). Verifica-se ainda que para SO de 50% de frutose com pressão mais elevada ocorre um aumento nos três parâmetros, ocorrendo o oposto com a pressão mais baixa.

Pode-se ver pela Figura 26-2-A que nas soluções onde foi aplicada maior pressão se obteve uma cor mais vermelha.

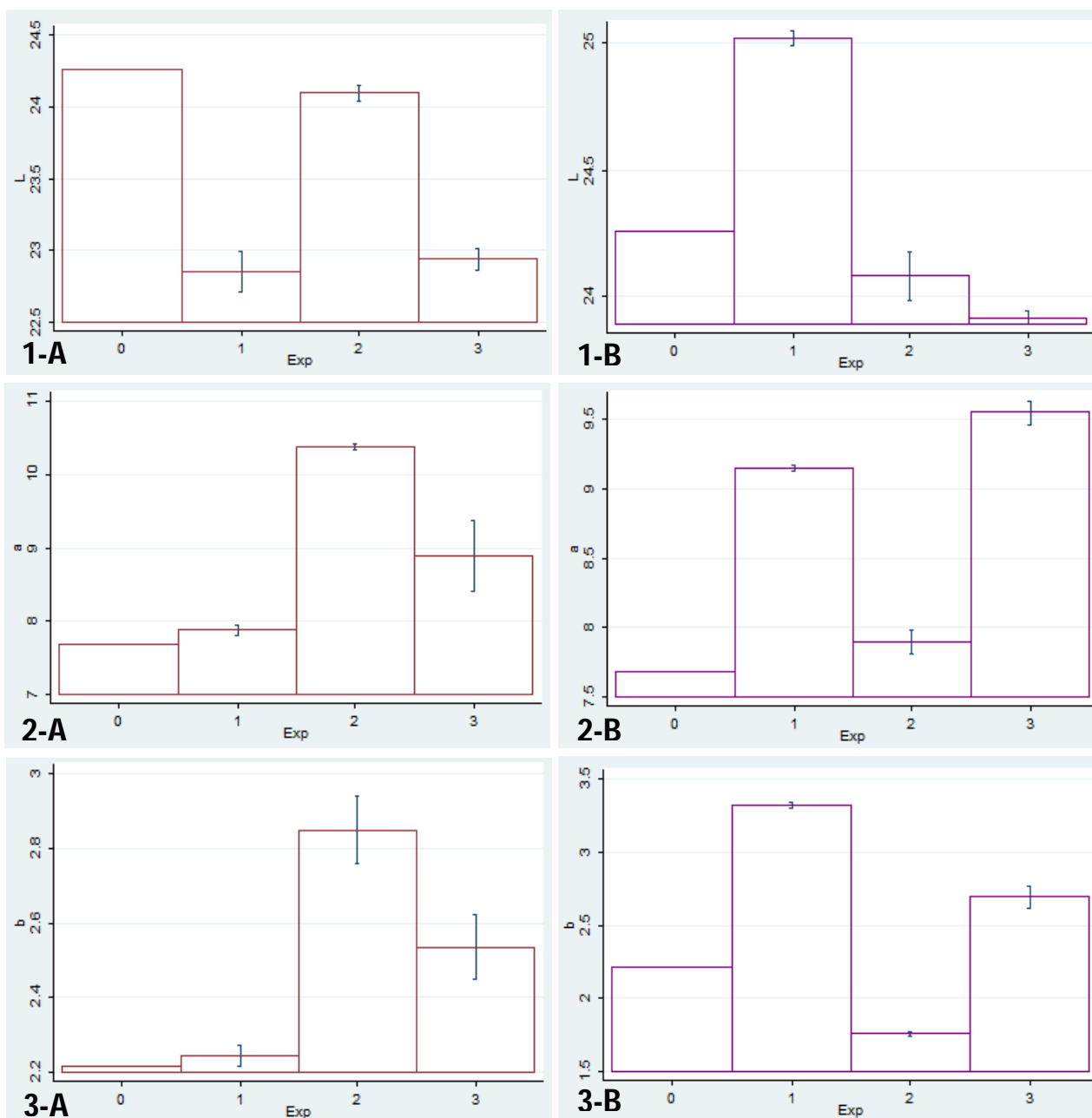


Figura 25 - Gráficos das médias dos resultados com desvio padrão dos parâmetros de cor do ensaio 5, sendo Exp 0 para groselhas frescas e as restantes Exp para groselhas tratadas: **1)** Resultados dos valores de L ; **2)** Resultados dos valores de a ; **3)** Resultados dos valores de b . **A-** UV de 29 inHg; **B-** UV de 15 inHg.

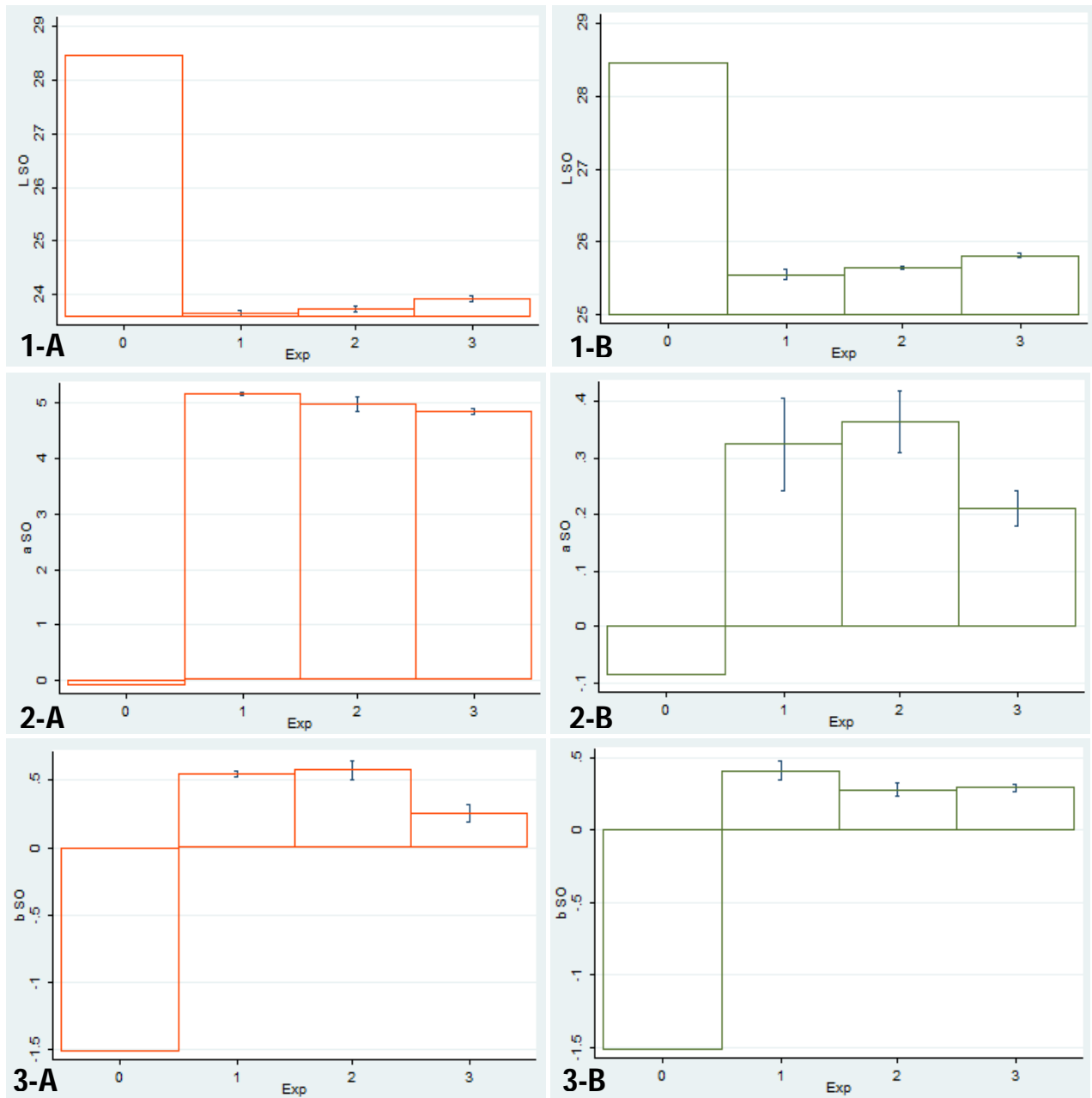


Figura 26 - Gráficos das médias dos resultados com desvio padrão dos parâmetros de cor do ensaio 5, sendo Exp 0 para SO fresca e as restantes Exp para SO tratadas: **1)** Resultados dos valores de L ; **2)** Resultados dos valores de a ; **3)** Resultados dos valores de b ; **A-** UV de 29 inHg; **B-** UV de 15 inHg.

3.6 Ensaio 6

Seria de esperar que a pressões mais elevadas se obteria melhores resultados como em ensaios anteriores, com as groselhas da Holanda, mas isso não se verificou, tendo obtido resultados semelhantes com pressões mais baixas. Essas altas pressões só provocaram o aumento de perda de massa do fruto e por vezes o seu rebentamento.

Na tabela 17 estão descritos os fatores usados para cada uma das experiências.

Tabela 17 - Fatores em estudo no ensaio 6 para cada uma das experiências.

Experiência	SO (°Bx)	IV (inHg)	US (%)
1	40	15	25
3	40	25	25
5	40	20	0
7	40	20	50
9	55	15	0
10	55	25	0
11	55	15	50
12	55	25	50
13	55	20	25
14	55	20	25
15	55	20	25
16	55	20	25
17	55	20	25
2	70	15	25
4	70	25	25
6	70	20	0
8	70	20	50

Neste caso a variação da concentração das SO não levou a qualquer conclusão em relação ao aumento do °Brix das groselhas.

Verificou-se um ligeiro aumento de impregnação usando uma percentagem de 25% de ultrassons.

Na questão dos compostos fenólicos totais, também não se obteve uma regra para o seu aumento ou diminuição em relação aos fatores estudados.

Nos parâmetros de cor notou-se um aumento de luminosidade e da cor vermelha nos frutos que sofreram um tratamento a pressões mais altas (Figura 27-2).

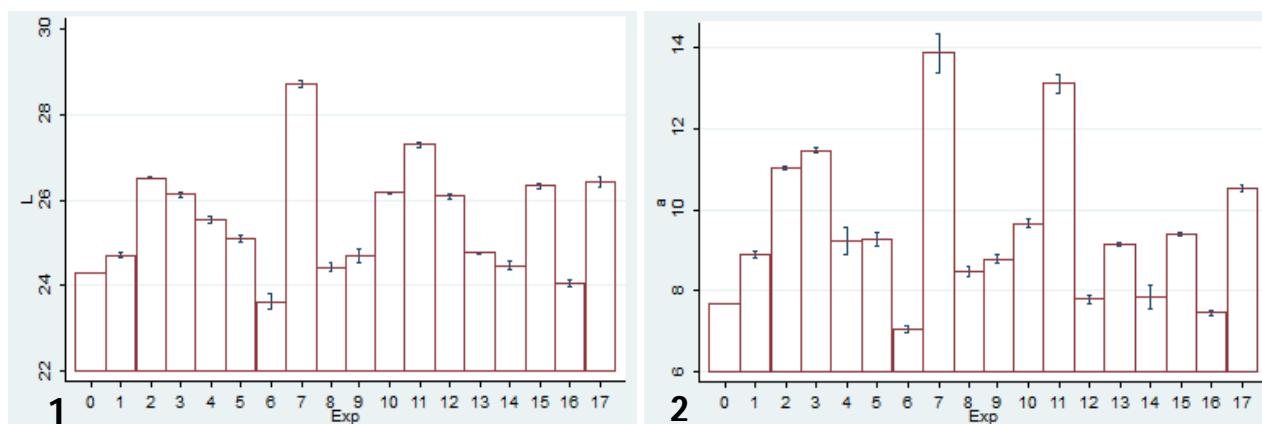


Figura 27 - Gráficos das médias dos resultados com desvio padrão dos parâmetros de cor do ensaio 6, sendo Exp 0 para groselhas frescas e as restantes Exp para groselhas tratadas: 1) Resultados dos valores de L; 2) Resultados dos valores de a.

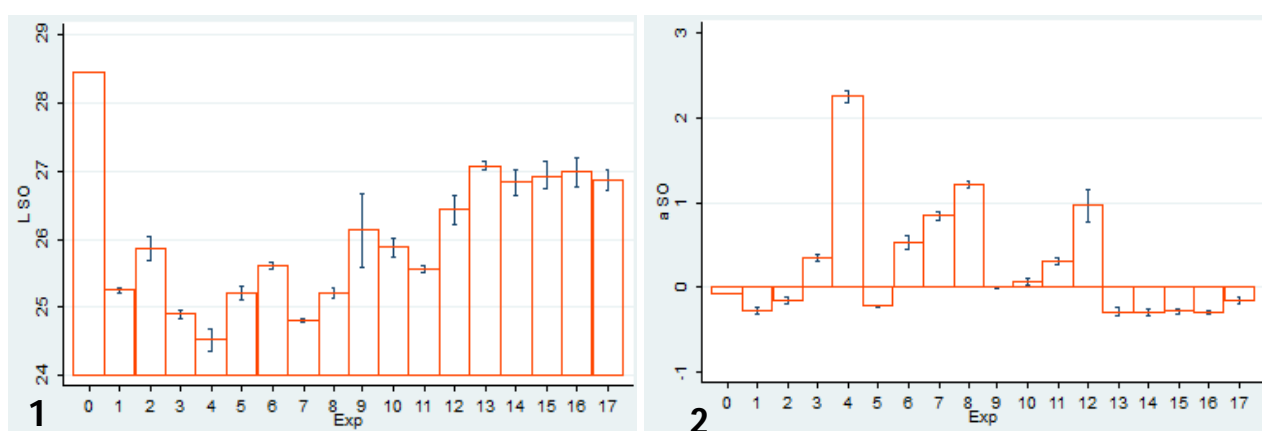


Figura 28 - Gráficos das médias dos resultados com desvio padrão dos parâmetros de cor do ensaio 6, sendo Exp 0 para SO fresca e as restantes Exp para SO tratadas: 1) Resultados dos valores de L; 2) Resultados dos valores de a.

3.7 Ensaio 7

Para as condições estudadas verificou-se que com um branqueamento feito a vapor vivo, Exp 1, obtiveram-se valores mais altos de °Brix mas teve a desvantagem de rebentar o fruto, fazendo-o perder mais massa comparando com o branqueamento feito com água, Exp 2, pois neste caso mais frutos permaneceram intactos.

Conseguiram-se aumentos de °Brix nos frutos na amostra com pré-tratamento em água, já na amostra pré-tratada com vapor vivo, conseguiu um aumento muito menor (Figura 29-1).

Nos resultados de percentagem de Massa G/P, verificou-se que o branqueamento a vapor conduz a uma maior perda de massa no fruto, ocorrendo na maioria dos casos rebentamento (Figura 29-2).

Os valores dos compostos fenólicos totais dos frutos nos dois casos foram altos mesmo tendo sido usada uma temperatura tão alta como pré-tratamento (Figura 30-3).

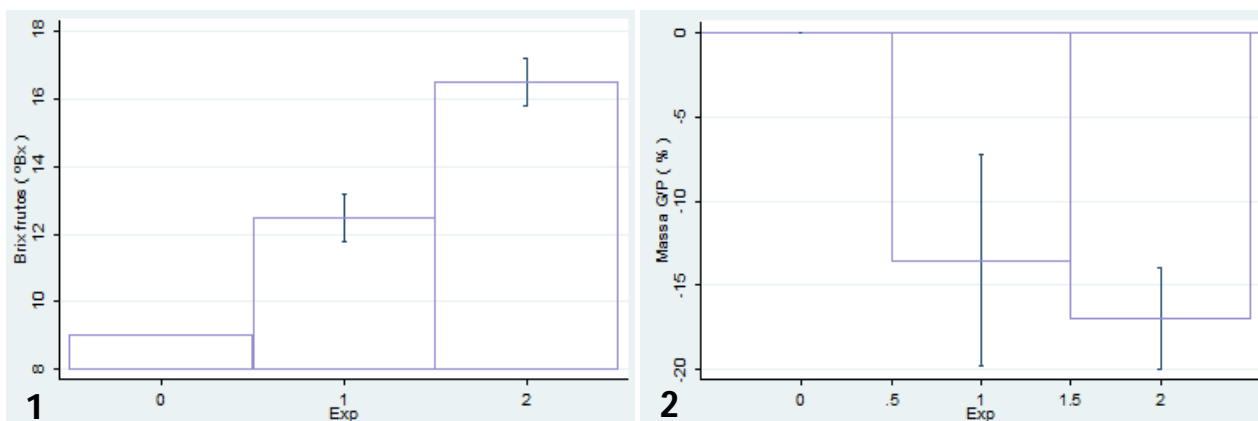


Figura 29 - Gráficos das médias dos resultados com desvio padrão das experiências realizadas no ensaio, sendo a Exp 0 de groselhas frescas e as Exp 1 e 2 de groselhas tratadas, com branqueamento de água e vapor vivo respectivamente : 1) °Brix obtido nas groselhas; 2) Massa G/P nas groselhas

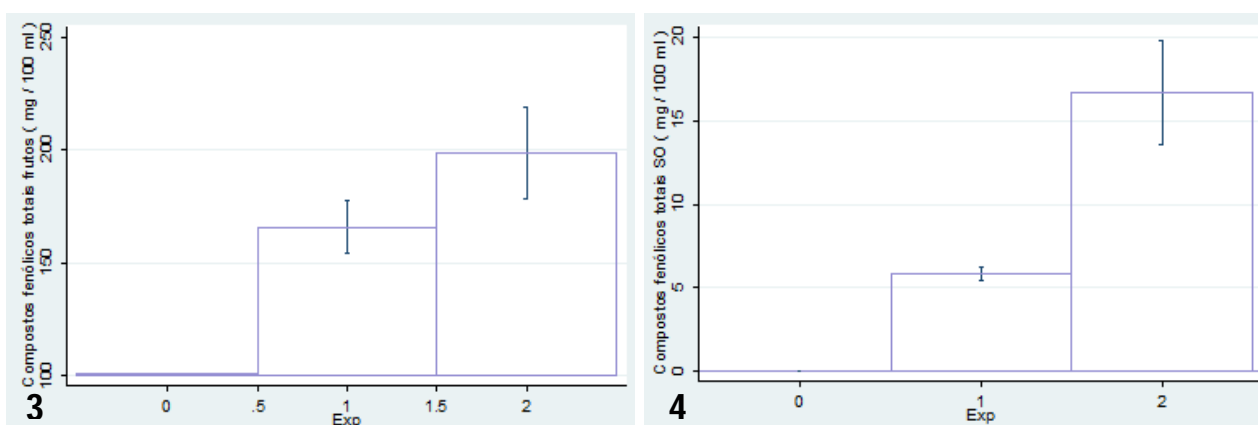


Figura 30 – Gráficos das médias dos resultados com desvio padrão das experiências realizadas no ensaio 7, sendo a Exp 0 de groselhas frescas e as Exp 1 e 2 de groselhas tratadas, com branqueamento de água e vapor vivo respectivamente: 1) Compostos fenólicos totais presentes nas groselhas; 2) Compostos fenólicos totais presentes nas SO.

No caso das características de cor, não se verificam muitas diferenças em relação ao fruto inicial, não havendo muita perda de cor, nem luminosidade (Figura 31). Nas soluções finais onde se encontram os frutos após tratamentos, os que foram sujeitos a vapor ficaram com uma cor mais intensa, havendo também uma ligeira diminuição na luminosidade, em relação aos tratados com branqueamento em água (Figura 32).

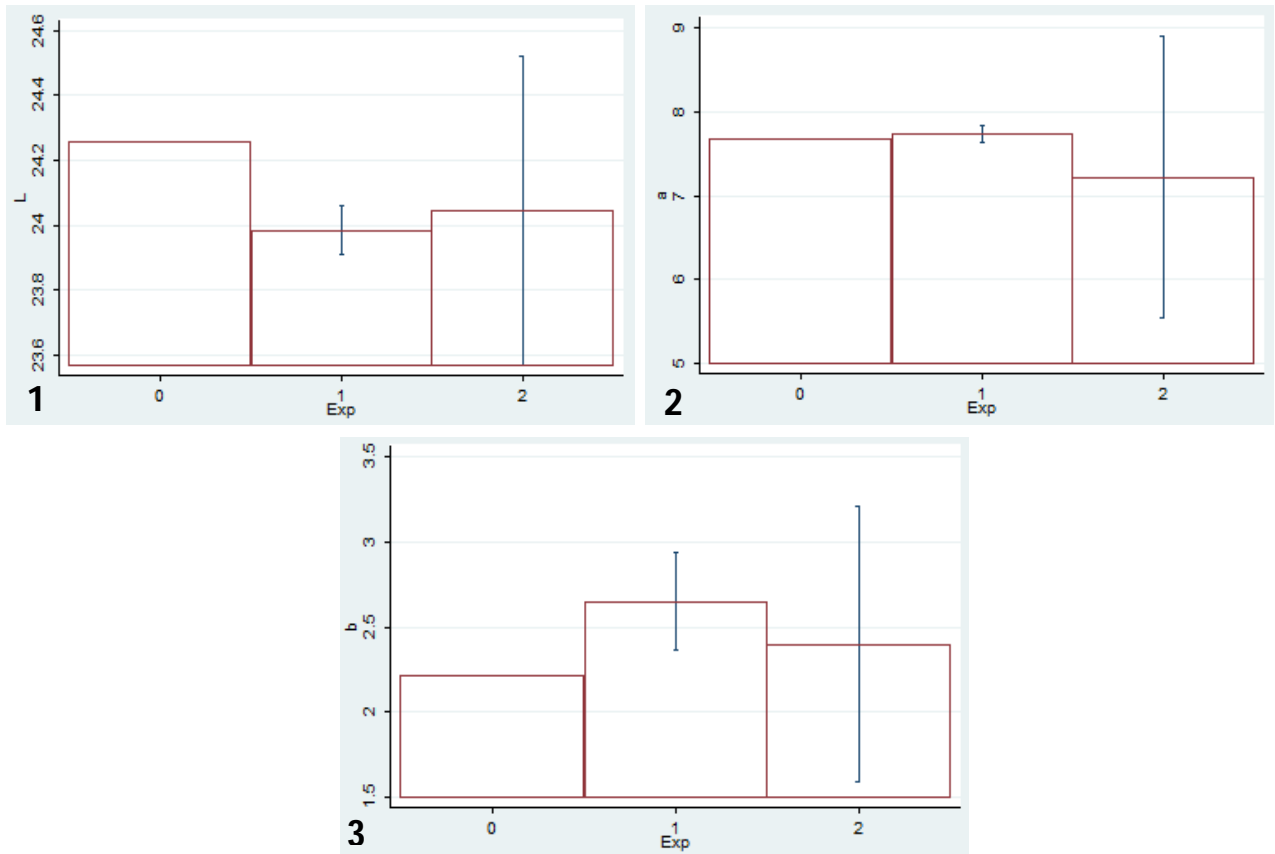


Figura 31 - Gráficos das médias dos resultados com desvio padrão dos parâmetros de cor do ensaio 7, sendo Exp 0 para groselhas frescas e as Exp 1 e 2 para groselhas tratadas, com branqueamento de água e vapor vivo respectivamente: **1)** Resultados dos valores de L ; **2)** Resultados dos valores de a ; **3)** Resultados dos valores de b .

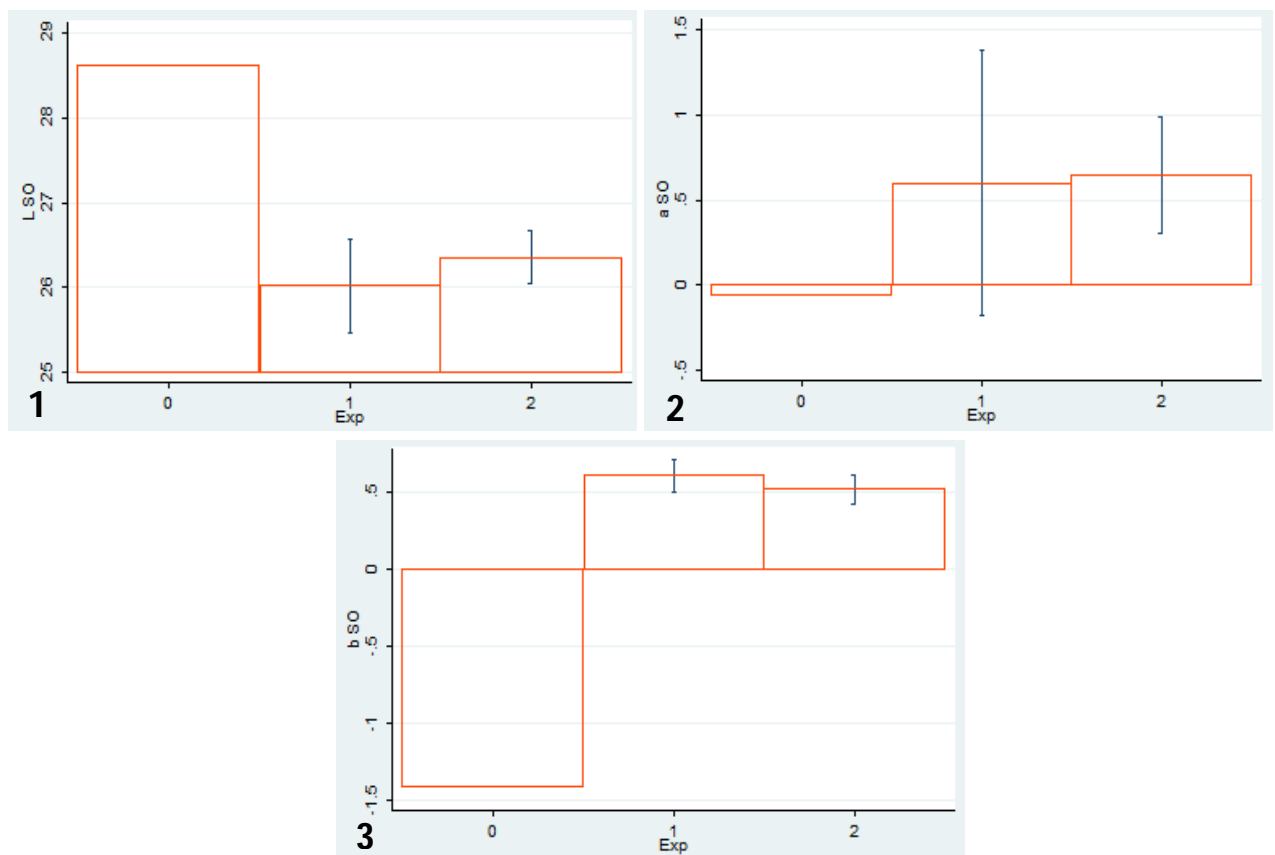


Figura 32 - Gráficos das médias dos resultados com desvio padrão dos parâmetros de cor do ensaio 7, sendo Exp 0 para SO fresca e as Exp 1 e 2 para SO tratadas: **1)** Resultados dos valores de L ; **2)** Resultados dos valores de a ; **3)** Resultados dos valores de b .

3.8 Ensaio 8

De maneira a estudar a ação do ácido cítrico na produção de compota, foram impostas as condições apresentadas na Tabela 18.

Tabela 18 - Fatores em estudo no ensaio 8 para cada uma das experiências.

Experiência	SO (°Bx)	IV (inHg)	US (%)
1	55	25	50
2	70	25	25

Com a concentração mais baixa de SO obteve-se um fruto com maior °Brix após os tratamentos em comparação com o fruto numa solução de maior concentração (Figura 33-1).

A perda de massa no fruto foi maior com solução de concentrações mais baixas, cerca de 8% (Figura 33-2).

Comparando os compostos fenólicos totais que se obtiveram, verificou-se que os frutos com uma SO menos concentrada ficaram com valores mais altos (Figura 33-3), ao contrário das suas soluções finais (Figura 33-4).

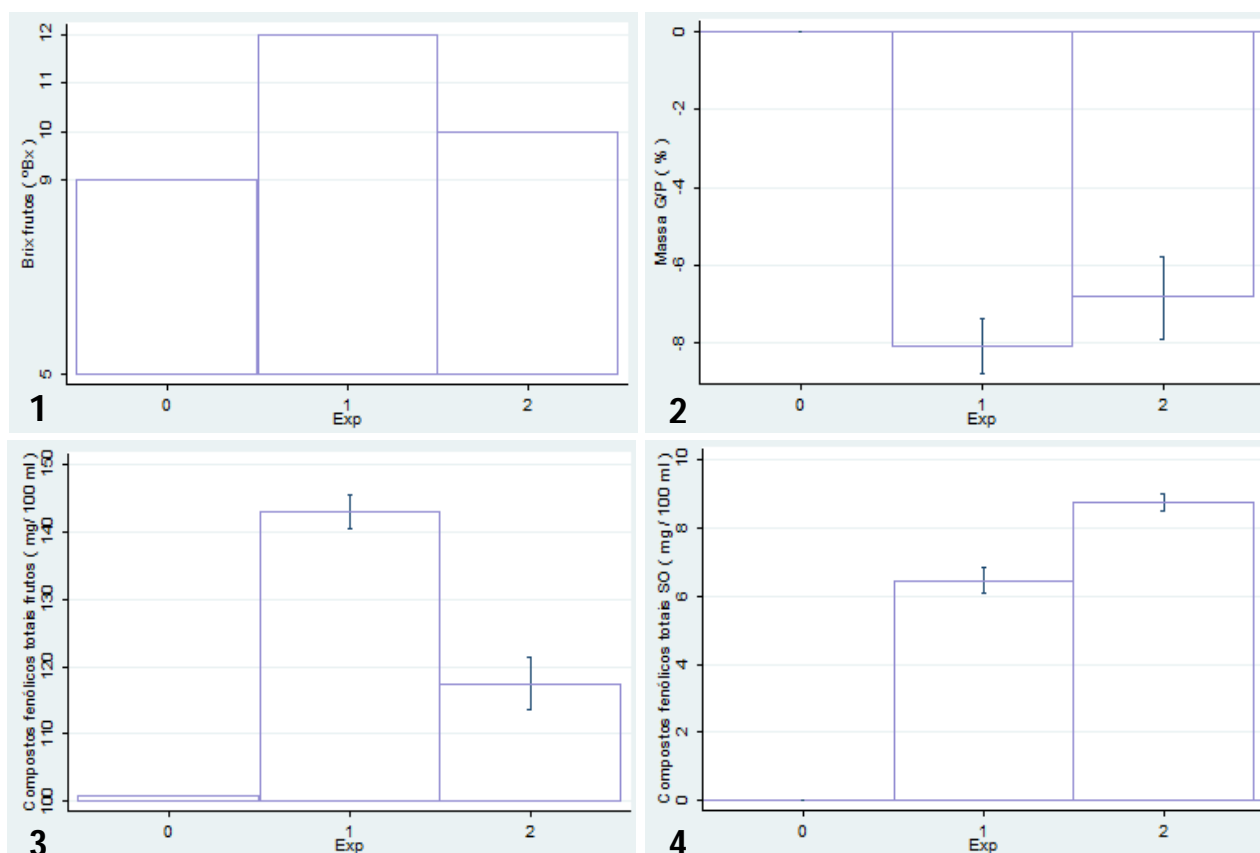


Figura 33 – Gráficos das médias dos resultados com desvio padrão das experiências realizadas no ensaio 8, sendo a Exp 0 de groselhas frescas e as Exp 1 e 2 de groselhas tratadas; 1) °Brix obtido nas groselhas; 2) Massa G/P nas groselhas; 3) Compostos fenólicos totais presentes nas groselhas; 4) Compostos fenólicos totais presentes nas SO.

Neste ensaio obtiveram-se frutos cujas características de cor não se alteraram muito, e no caso da experiência com SO de concentração mais elevada conseguiu-se aumentar o seu vermelho (Figura 34). No final as soluções perderam um pouco de luminosidade em relação à solução inicial, e houve um aumento do parâmetro a , indicando um ligeiro ganho de cor vermelha (Figura 35, Figura 36).

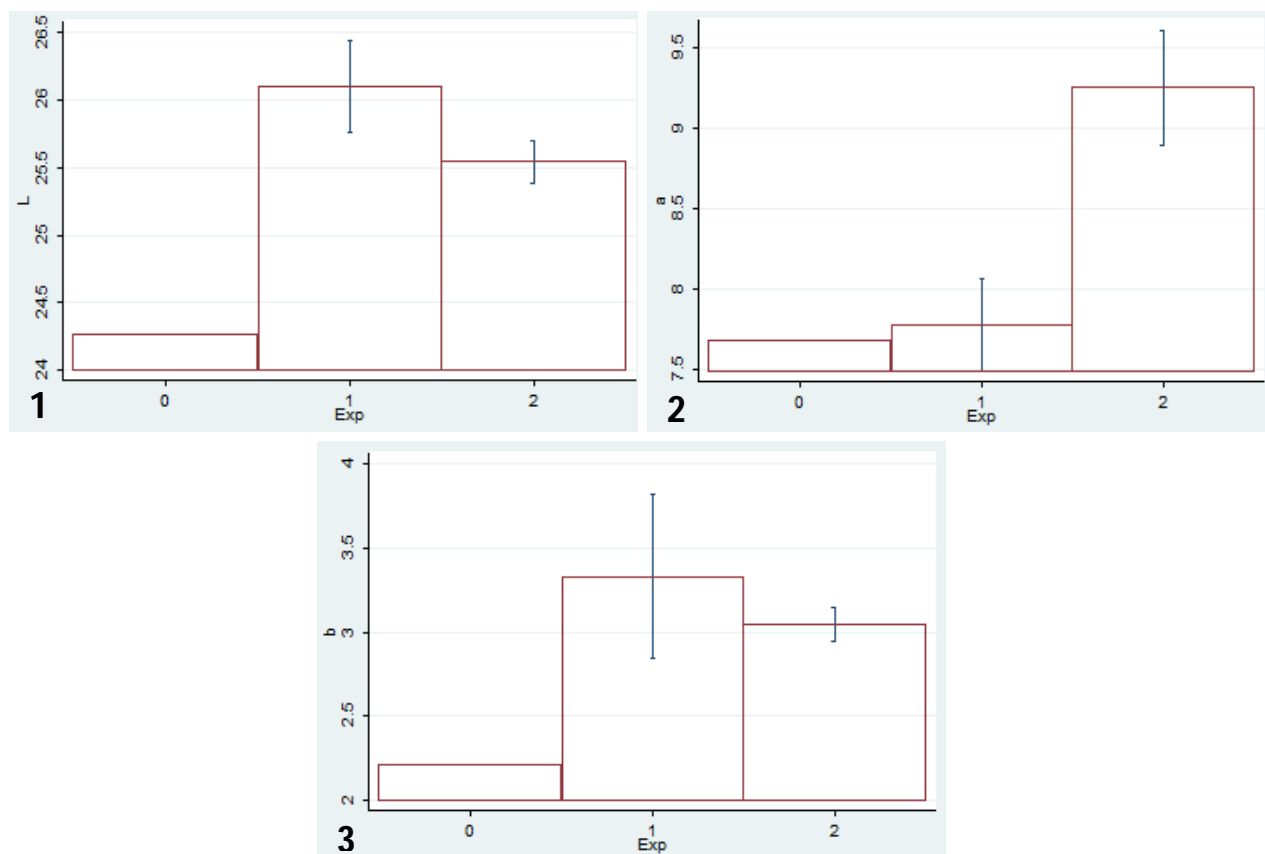


Figura 34 - Gráficos das médias dos resultados com desvio padrão dos parâmetros de cor do ensaio 8, sendo Exp 0 para groselhas frescas e as Exp 1 e 2 para groselhas tratadas: **1)** Resultados dos valores de L ; **2)** Resultados dos valores de a ; **3)** Resultados dos valores de b .

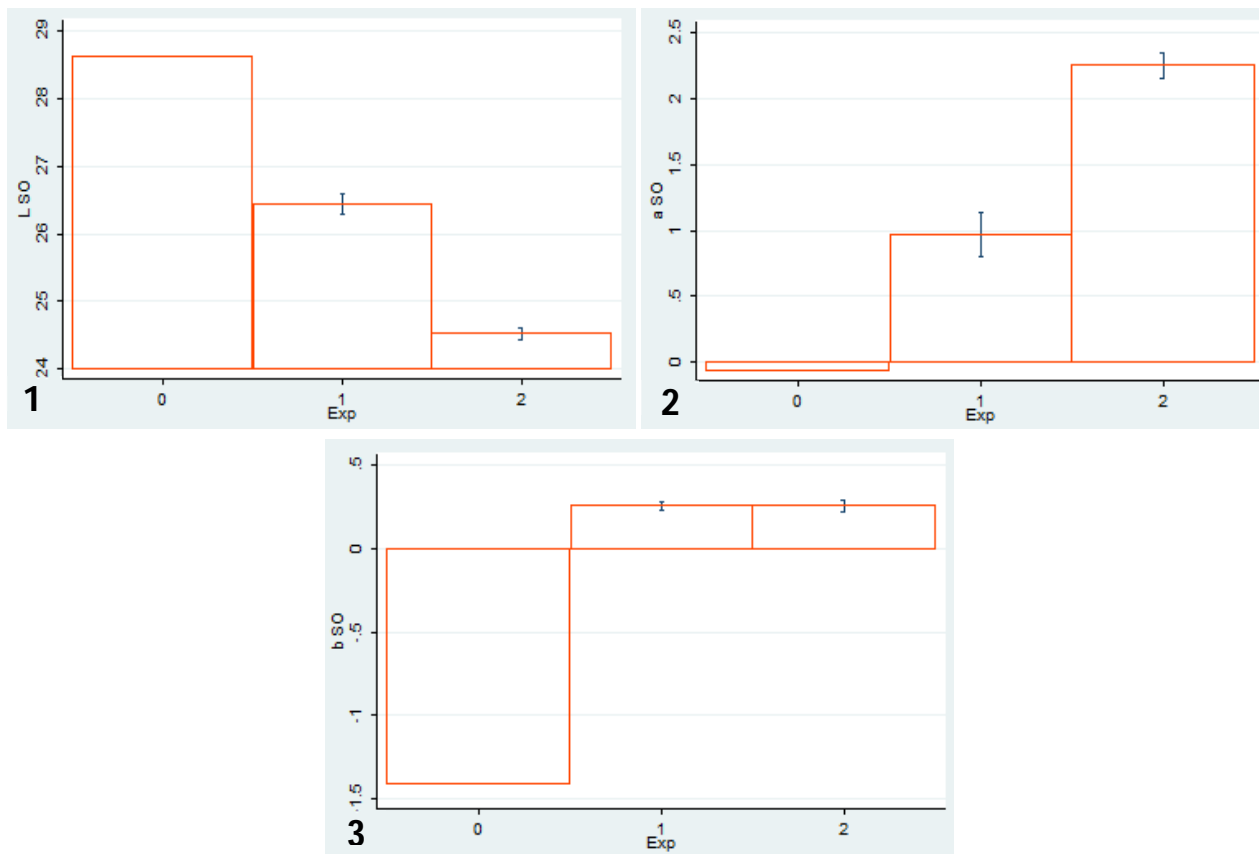


Figura 35 - Gráficos das médias dos resultados com desvio padrão dos parâmetros de cor do ensaio 8, sendo Exp 0 para SO fresca e as Exp 1 e 2 para SO tratadas: **1)** Resultados dos valores de L ; **2)** Resultados dos valores de a ; **3)** Resultados dos valores de b .

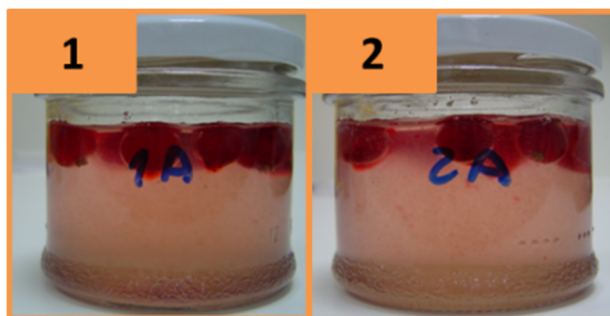


Figura 36 – Frutos em SO (simulação de compota) após tratamentos.

3.9 Ensaio 9

Neste ensaio optou-se por fazer o mesmo estudo que no ensaio 8 mas o ácido cítrico foi adicionado antes de todos os tratamentos (Tabela 19), de forma a verificar de que maneira este influenciava os resultados finais. Allali (2010) demonstrou que o uso de ácido cítrico pode provocar alterações estruturais nos tecidos dos frutos mas verificou-se que ao adicionar ácido cítrico antes dos tratamentos, usando uma temperatura de 25°C ao longo do processo, não conduziu a um aumento considerável do °Brix dos frutos, mesmo a concentrações mais altas e pressões de vácuo elevadas (Figura 37-1). A perda de massa nos frutos foi praticamente igual nas duas experiências (Figura 37-2).

Tabela 19 - Fatores em estudo no ensaio 9 para cada uma das amostras.

Experiência	SO (°Bx)	IV (inHg)	US (%)
1	55	25	50
2	70	25	25

Nos compostos fenólicos como nos restantes ensaios, houve um aumento nas experiências, sendo mais elevado para SO de concentração mais baixa (Figura 37-3). Já nas soluções finais, observou-se o contrário, a solução que ganhou mais compostos fenólicos foi a de concentração mais baixa (Figura 37-4).

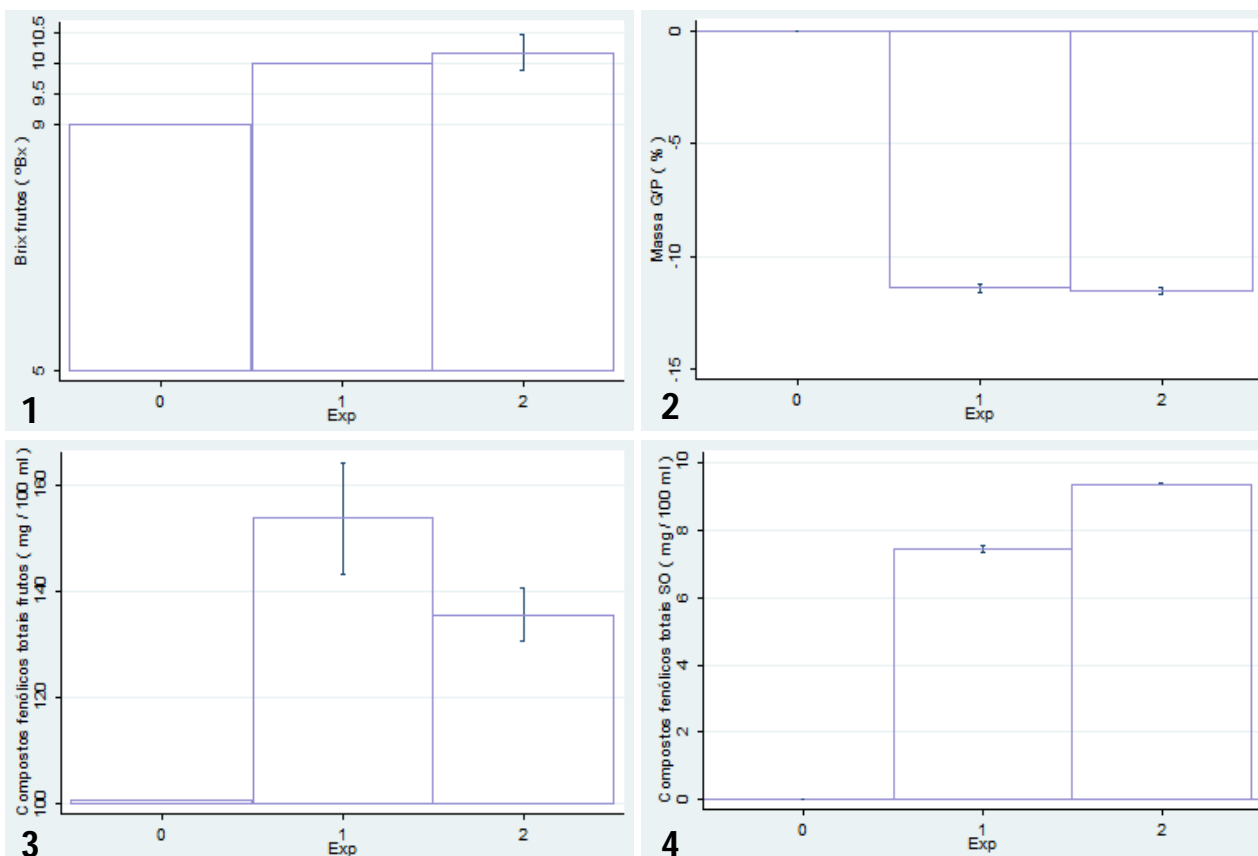


Figura 37 – Gráficos das médias dos resultados com desvio padrão dos parâmetros de cor das experiências realizadas no ensaio 9, sendo a Exp 0 de groselhas frescas e as Exp 1 e 2 de groselhas tratadas: **1)** °Brix obtido nas groselhas; **2)** Massa G/P nas groselhas ; **3)** Compostos fenólicos totais presentes nas groselhas; **4)** Compostos fenólicos totais presentes nas SO.

Neste ensaio obtiveram-se frutos ligeiramente menos vermelhos e com menor luminosidade que os frutos frescos (Figura 38), e como seria de esperar, as soluções finais ganharam um tom vermelho (Figura 39, Figura 40).

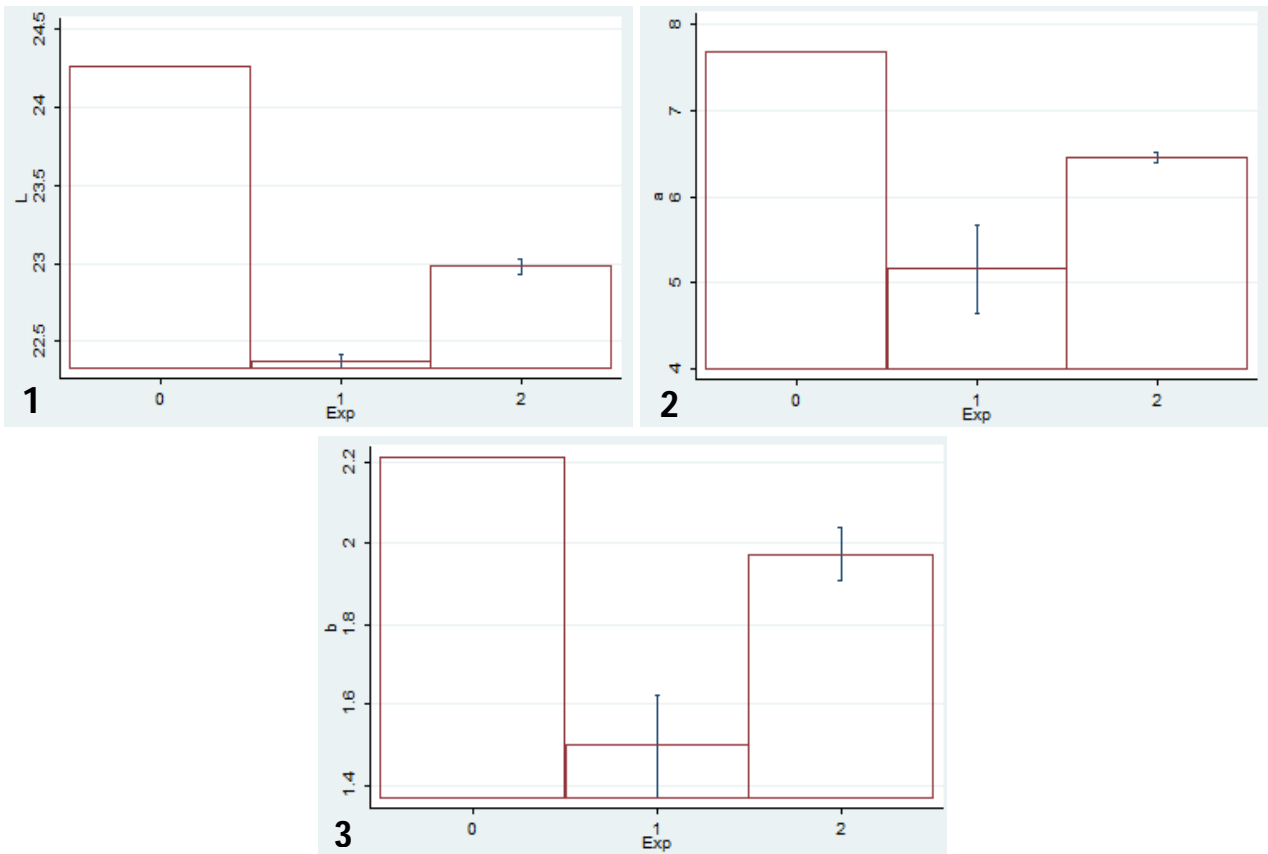


Figura 38 - Gráficos das médias dos resultados com desvio padrão dos parâmetros de cor do ensaio 9, sendo Exp 0 para groselhas frescas e as Exp 1 e 2 para groselhas tratadas: **1)** Resultados dos valores de L ; **2)** Resultados dos valores de a ; **3)** Resultados dos valores de b .

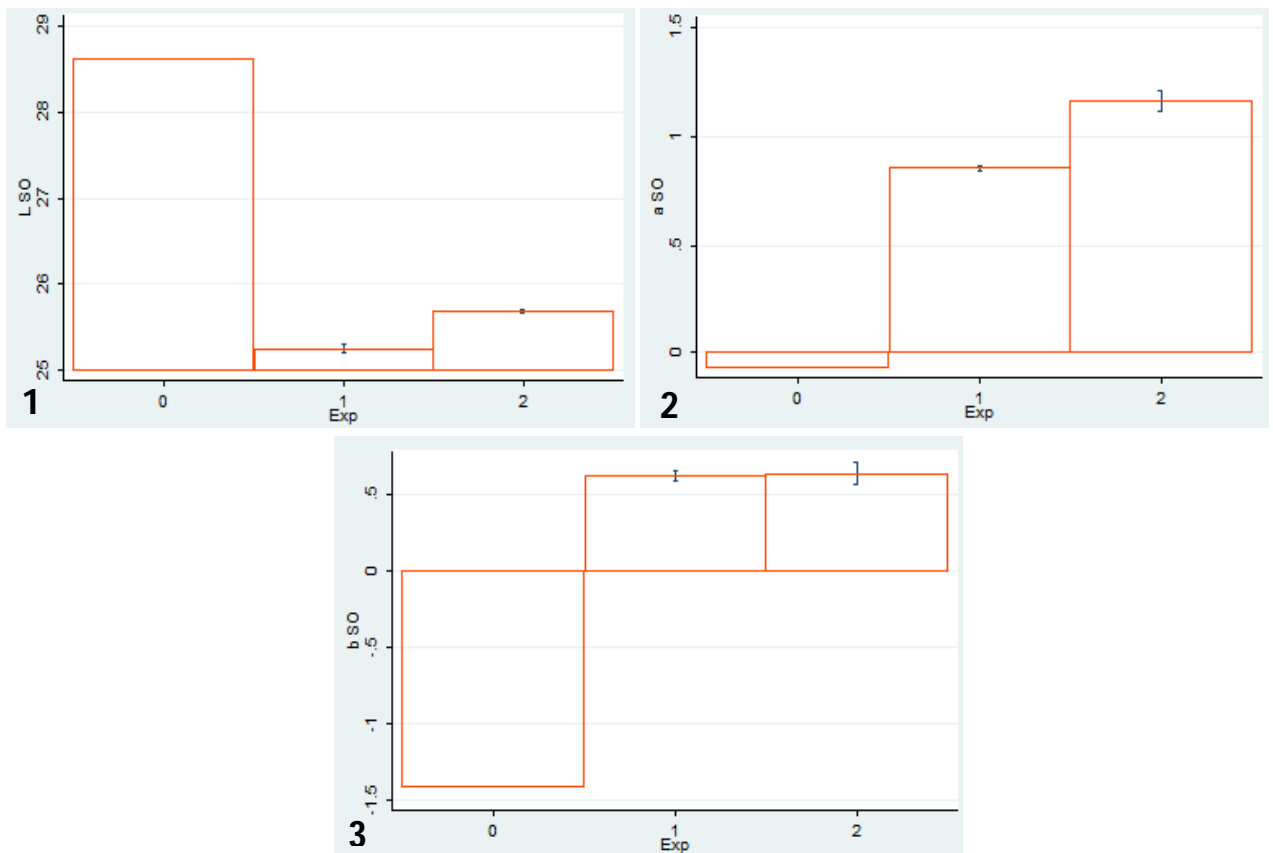


Figura 39 - Gráficos das médias dos resultados com desvio padrão dos parâmetros de cor do ensaio 9, sendo Exp 0 para SO fresca e as Exp 1 e 2 para SO tratadas: **1)** Resultados dos valores de L ; **2)** Resultados dos valores de a ; **3)** Resultados dos valores de b .

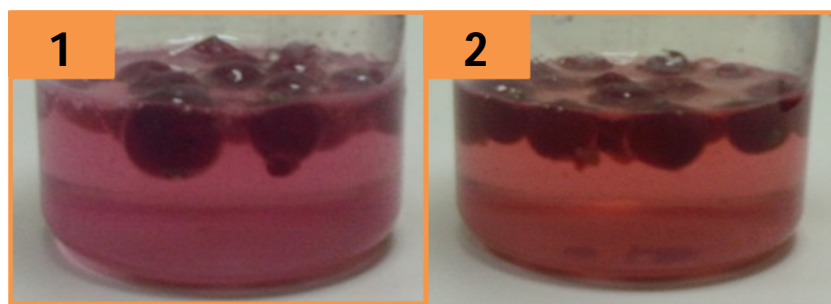


Figura 40 - Fotografia dos frutos e SO após tratamentos, com respectivo número de experiência.

3.10 Ensaio 10

Neste caso foi-se verificar o efeito do aumento da temperatura, de 25 °C para 54 °C nos tratamentos usados no ensaio 9 (Tabela 20), com o ácido cítrico no início.

Tabela 20 - Fatores em estudo no ensaio 10 para cada uma das experiências.

Experiência	SO (°Bx)	US (%)
1	55	50
2	70	25

Com o uso de temperatura, conseguiu-se obter valores de °Brix nos frutos perto dos 13 com as SO a concentrações mais baixas (Figura 41-1). Os frutos em soluções de maior concentração sofreram rebentamento e alguns desfizeram-se totalmente (Figura 41-2).

Os compostos fenólicos totais aumentaram bastante devido à temperatura (Figura 41-3) e como se pode ver não se perderam muitos para a solução (Figura 41-4).

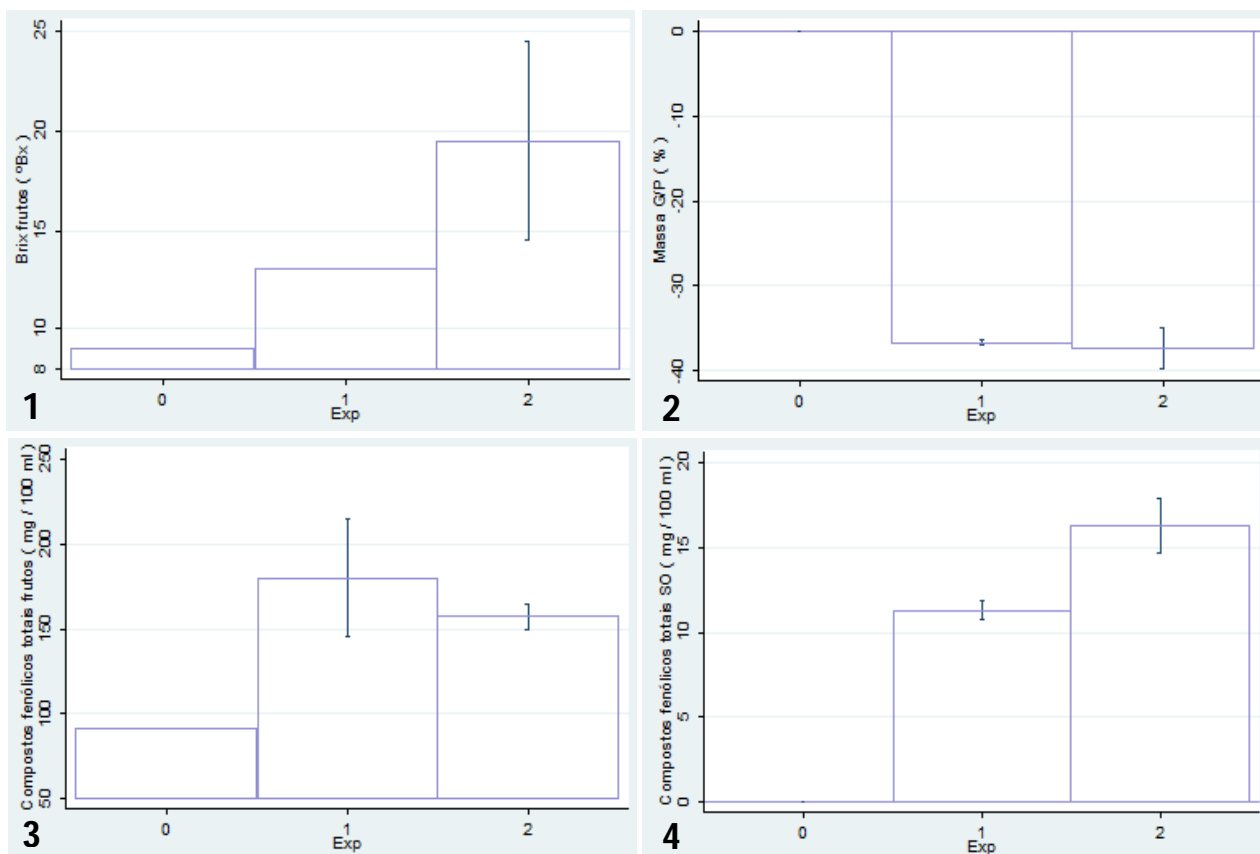


Figura 41 – Gráficos das médias dos resultados com desvio padrão das experiências realizadas no ensaio 10, sendo a Exp 0 de groselhas frescas e as Exp 1 e 2 de groselhas tratadas: **1)** °Brix obtido nas groselhas; **2)** Massa G/P nas groselhas ; **3)** Compostos fenólicos totais presentes nas groselhas; **4)** Compostos fenólicos totais presentes nas SO.

Os tratamentos realizados aos frutos permitiram conseguir obter uma luminosidade um pouco acima dos frescos, e um aumento do vermelho em ambas as amostras (Figura 42). Nas soluções há uma descida no valor da luminosidade e um ganho elevado de cor principalmente na Exp 2 devido ao rebentamento das groselhas (Figura 43, Figura 44).

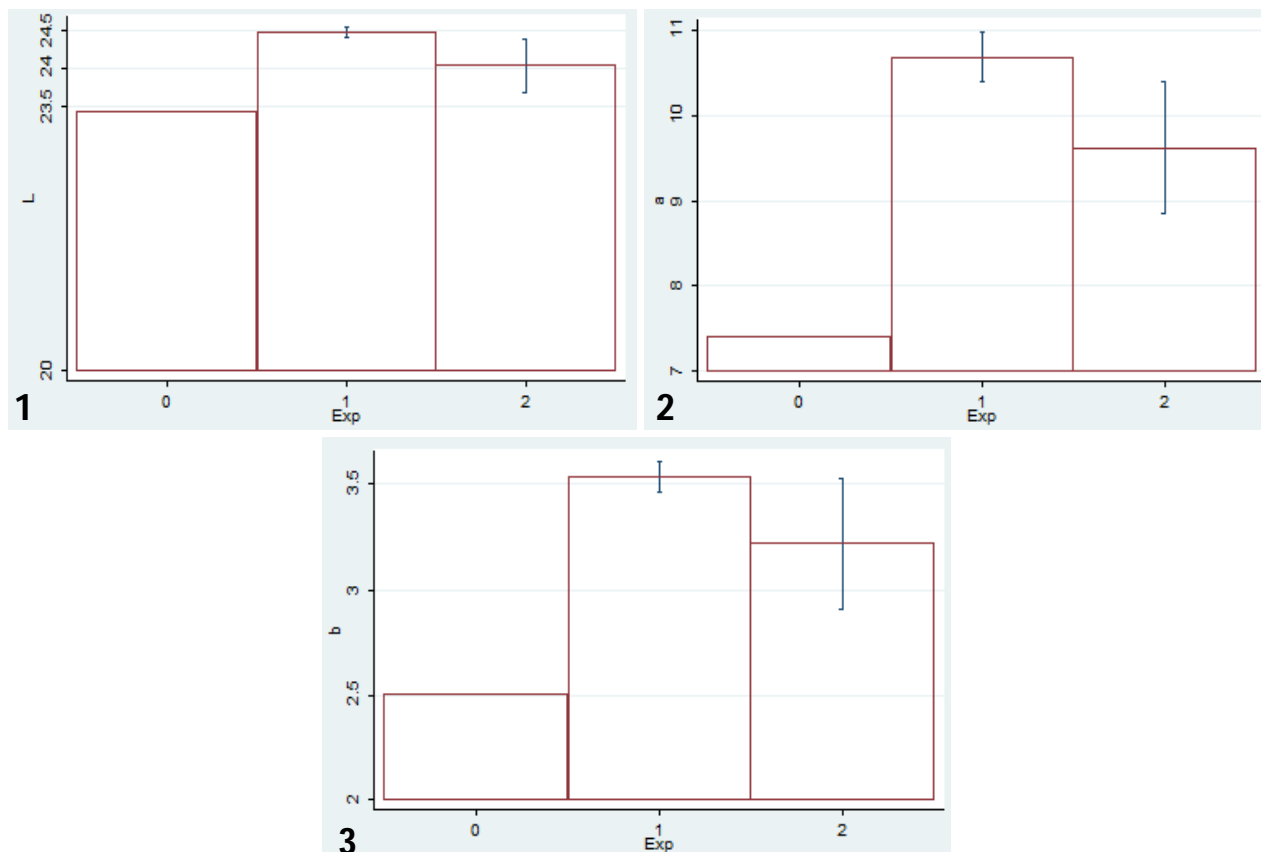


Figura 42 - Gráficos das médias dos resultados com desvio padrão dos parâmetros de cor do ensaio 10, sendo Exp 0 para groselhas frescas e as Exp 1 e 2 para groselhas tratadas: **1)** Resultados dos valores de L ; **2)** Resultados dos valores de a ; **3)** Resultados dos valores de b .

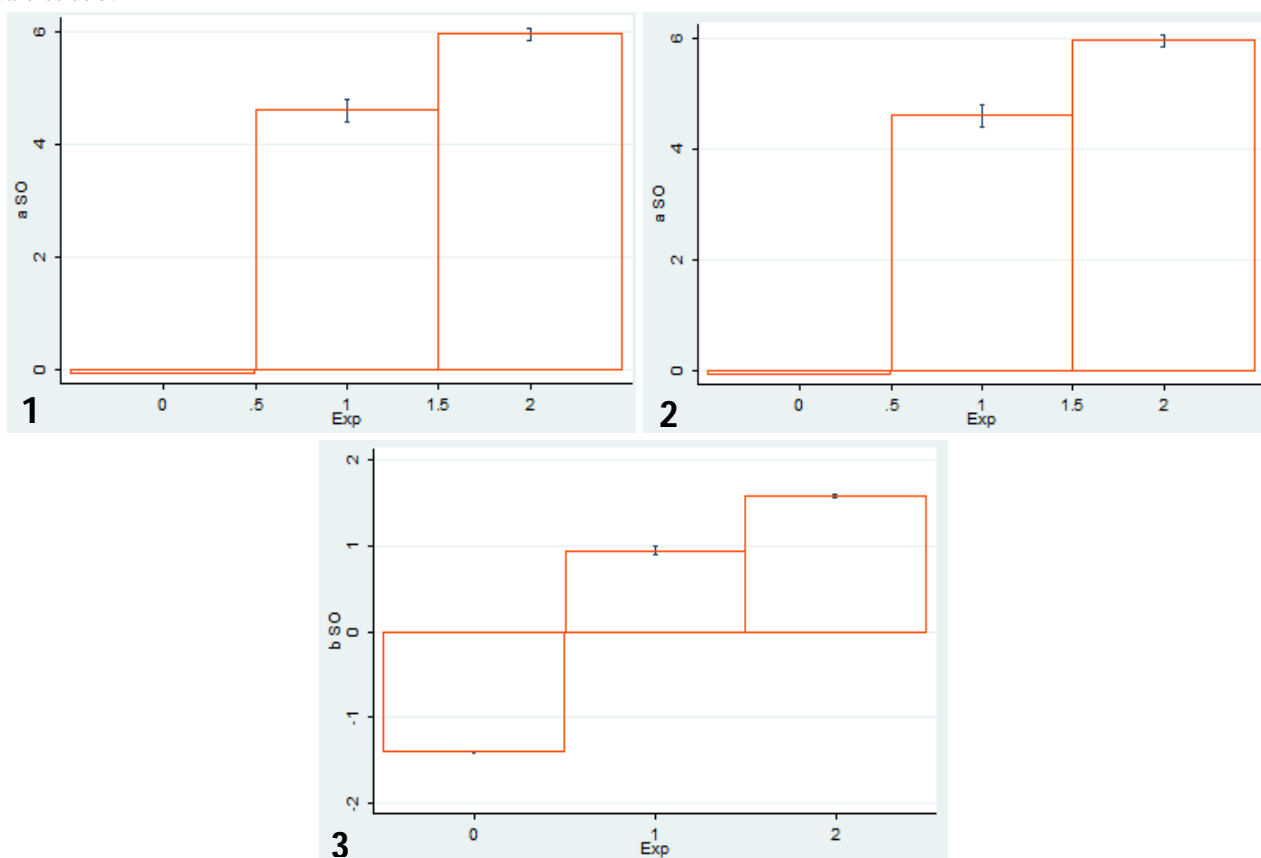


Figura 43 - Gráficos das médias dos resultados com desvio padrão dos parâmetros de cor do ensaio 10, sendo Exp 0 para SO fresca e as Exp 1 e 2 para SO tratadas: **1)** Resultados dos valores de L ; **2)** Resultados dos valores de a ; **3)** Resultados dos valores de b .

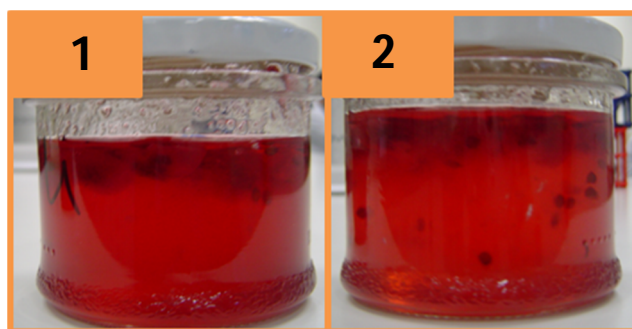


Figura 44 - Frutos em SO (simulação de compota) após tratamentos, com respectivo número de experiência do ensaio 10.

3.11 Ensaio 11

Com o aumento da temperatura e com SO de menor concentração obtiveram-se em alguns casos maiores concentrações de sólidos nos frutos. Nas perdas de massa nos frutos, observou-se que quanto maior for a temperatura e a concentração das soluções, mais perda ocorre (Figura 45-1 e 45-2).

Nos compostos fenólicos totais das groselhas conseguiu-se um aumento destes compostos na maioria das experiências em relação às frescas que tinham cerca de 90,5 mg/100 ml, tendo-se obtido os melhores resultados com valores intermédios (Figura 45-3).

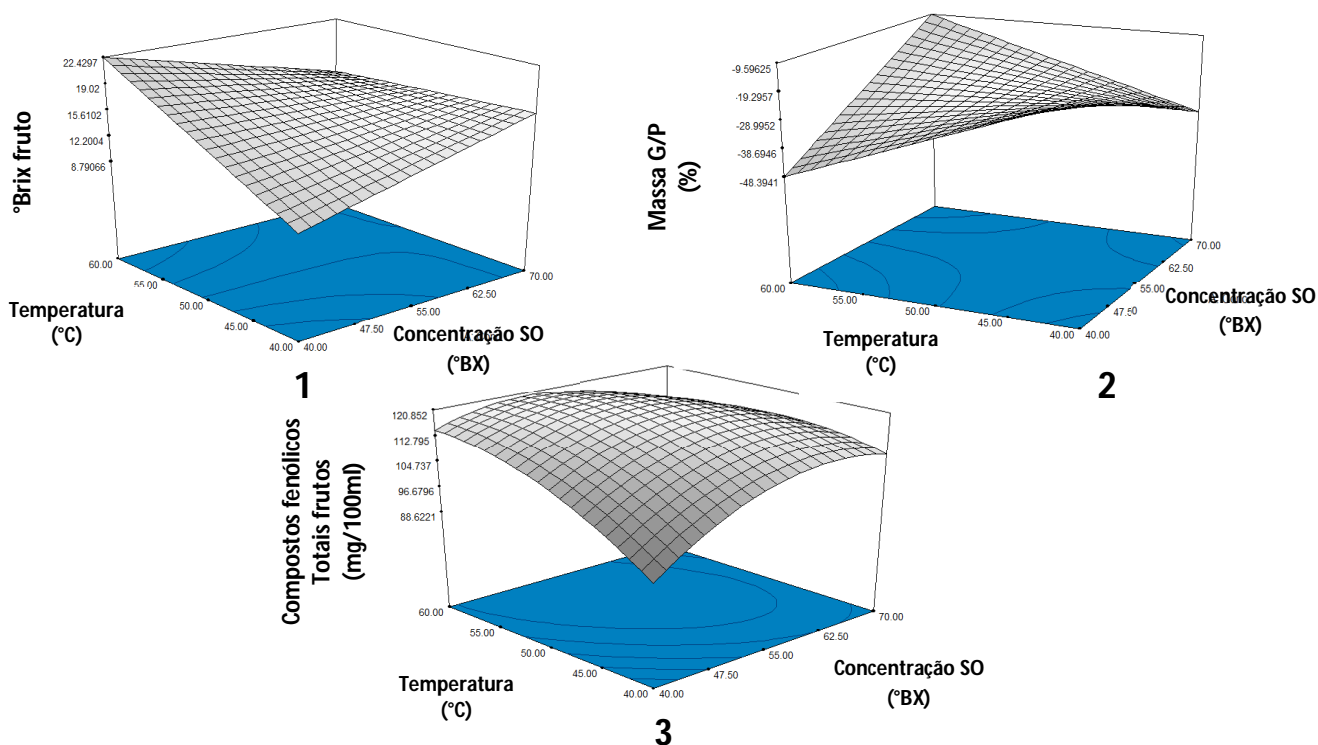


Figura 45 – Ensaio 11: 1) concentração de sólidos nos frutos; 2) percentagem de massa G/P nos frutos; 3) teor de compostos fenólicos com interação da temperatura e concentração das SO.

A luminosidade dos frutos aumentou a temperaturas altas e com SO de concentrações baixas, já o parâmetro *a* tendeu para valores mais altos com temperaturas intermédias a concentrações também baixas (Figura 46). As SO obtidas após os tratamentos, ganham cor vermelha com concentrações e temperaturas altas (Figura 47).

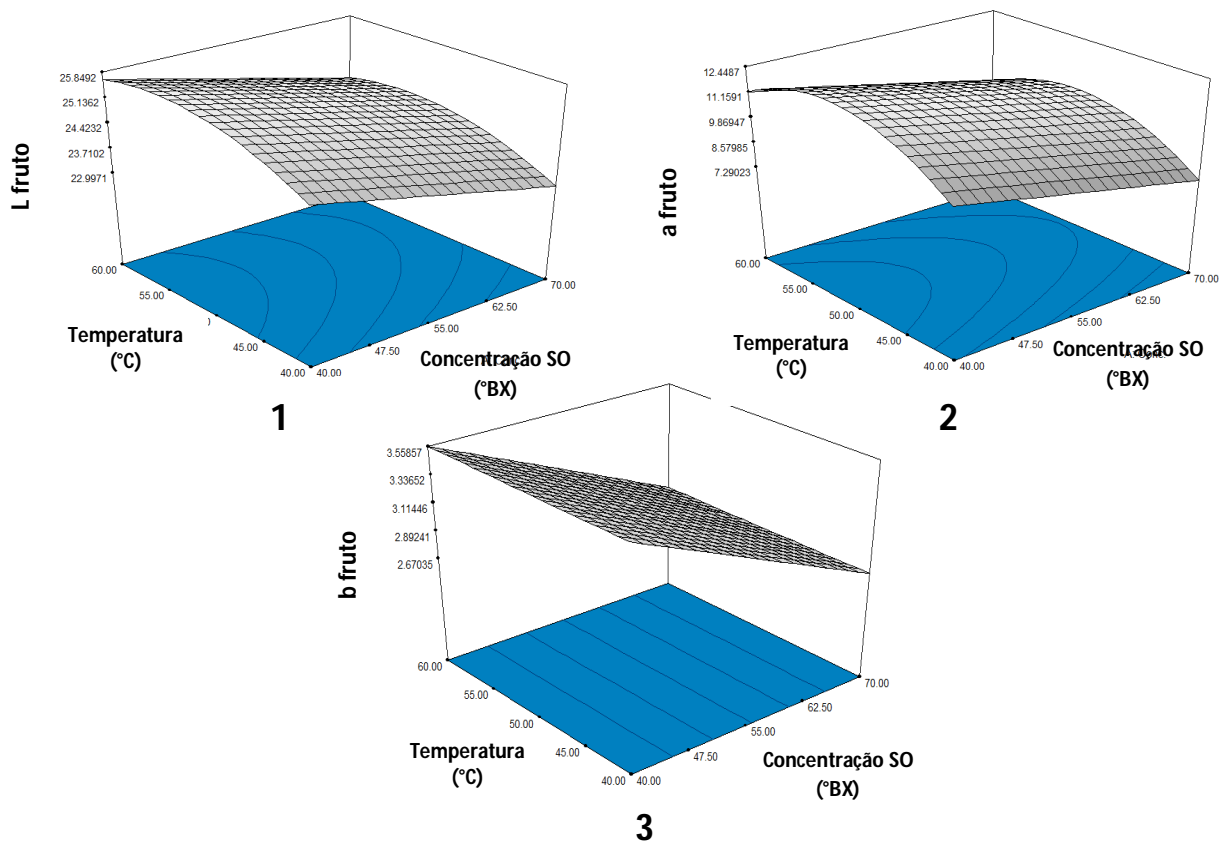


Figura 46 – Interação do: 1) parâmetro *L* da groselha; 2) parâmetro *a* da groselha; 3) parâmetro *b* da groselha com a temperatura e concentração das SO no ensaio 11.

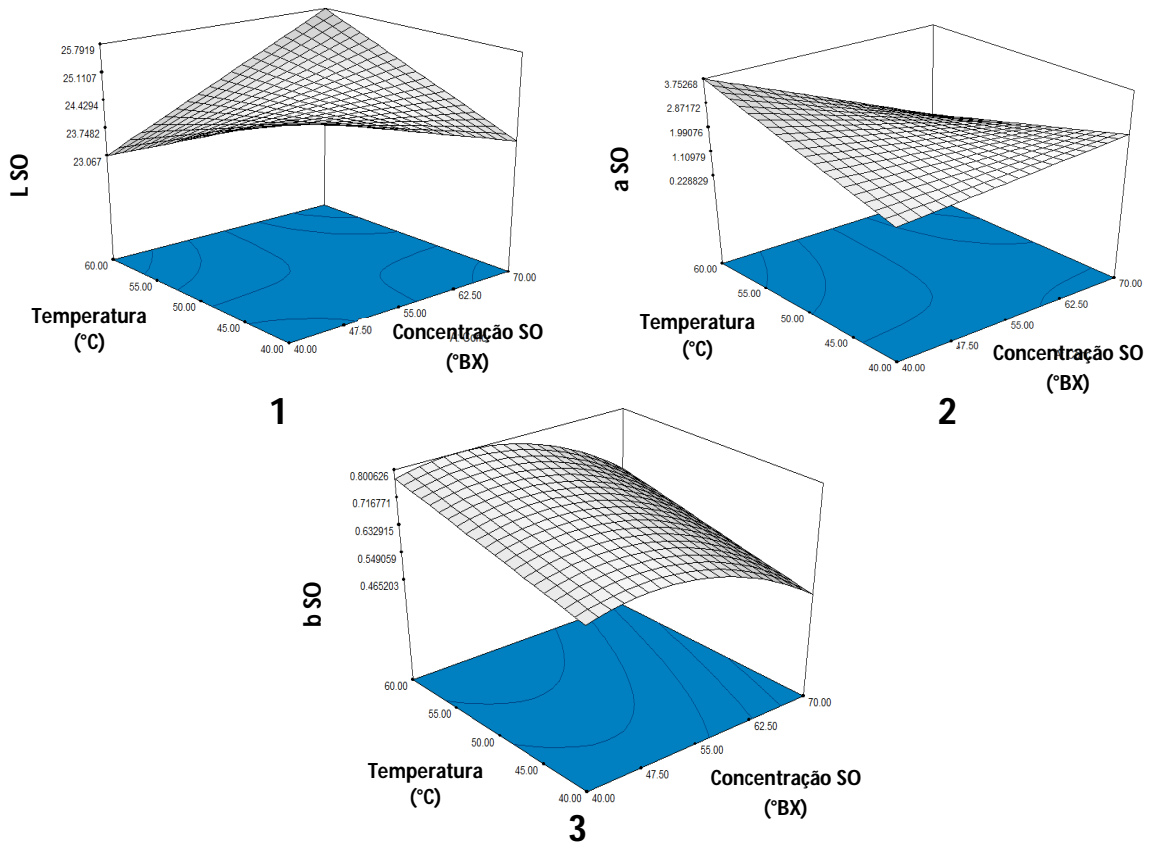


Figura 47 - Interação do: 1) parâmetro L das soluções finais; 2) parâmetro a das soluções finais; e 3) parâmetro b das soluções finais com a temperatura e concentração das SO, no ensaio 11.

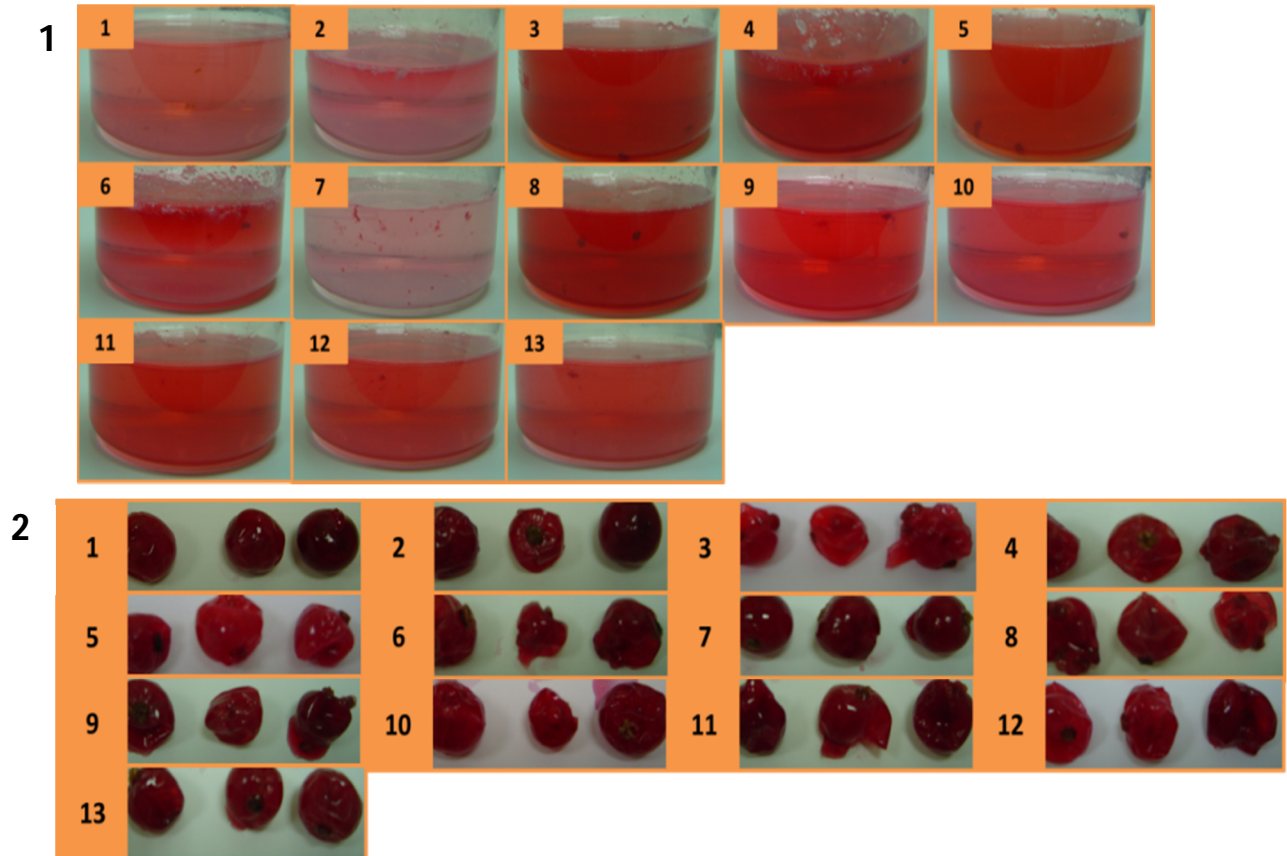


Figura 48 - Fotografia de: 1) soluções osmóticas finais; 2) frutos após tratamentos, com respectivo número de experiência.

3.12 Ensaio 12

Devido a reaparecimento das groselhas de origem Holandesa, fez-se de novo o ensaio anterior com este novo fruto de maneira a verificar se os resultados eram parecidos, para se poder fazer a sua validação.

Continuou-se a obter maior °Brix nos frutos a temperaturas elevadas e SO de concentração baixa, tendo sido a variação de temperatura o fator principal de variação (Figura 49-1).

Já nas perdas de massa dos frutos verificou-se que as variações na temperatura não foram a principal causa, mas sim a concentração das SO, onde houve uma maior perda de massa com concentrações altas (Figura 49-2).

Os frutos frescos que não foram sujeitos a qualquer tratamento, tinham cerca de 94,99 mg/100 ml de compostos fenólicos totais, e em comparação com os frutos tratados, houve amostras que aumentaram um pouco esses valores com temperaturas altas e de novo com soluções de concentrações mais baixas, tendo a amostra com maior valor, cerca de 100 mg/100 ml. Nas amostras onde houve perda de compostos, o valor mais baixo obtido tinha 68,10 mg/100 ml. Como se pode ver na Figura 49-3, o fator que influencia mais o ganho ou perda de compostos fenólicos é a concentração das soluções, embora a temperatura também influencia ligeiramente.

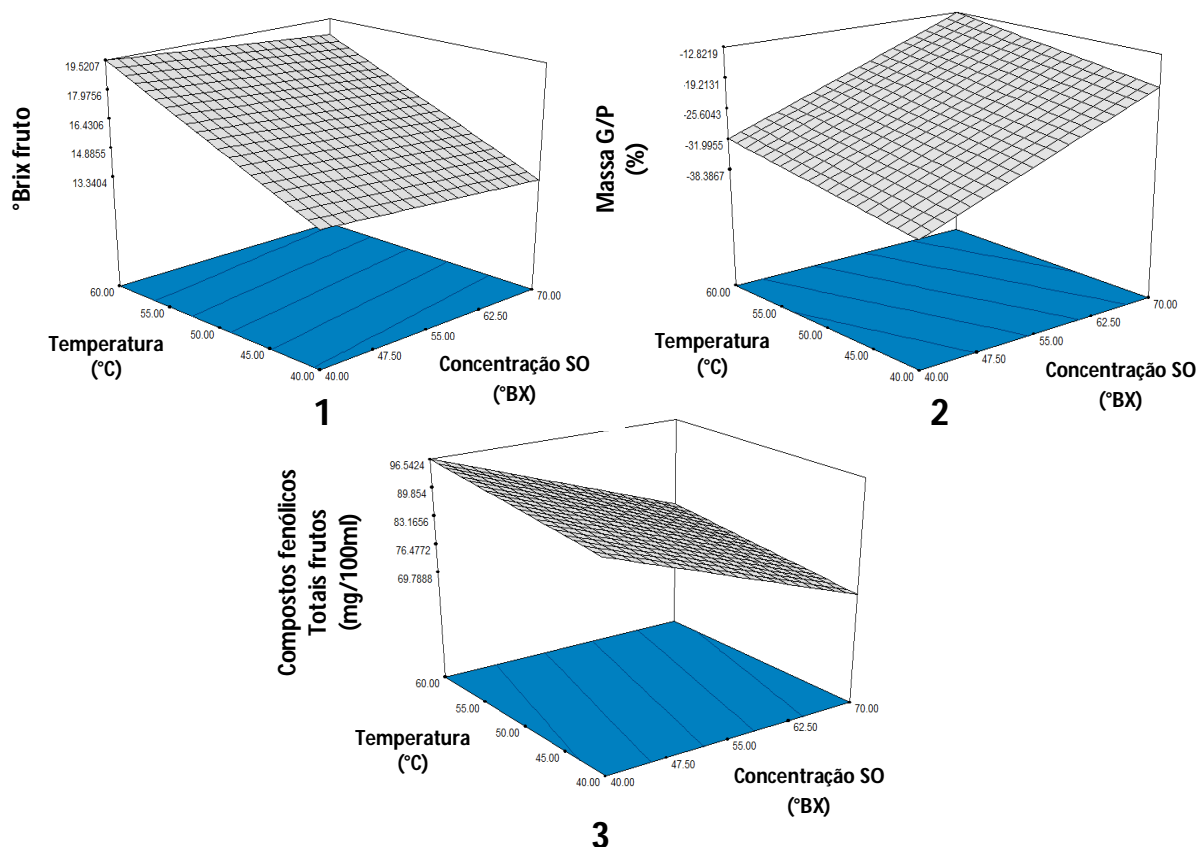


Figura 49 – Ensaio 12: 1) concentração de sólidos nos frutos; 2) percentagem de massa G/P nos frutos; 3) teor de compostos fenólicos com interação da temperatura e concentração das SO.

Para a luminosidade conseguiu-se obter frutos após tratamentos com valores acima das groselhas frescas e que estes valores aumentavam com o aumento da temperatura e com o uso de SO de concentrações baixas, sendo mais uma vez a concentração das SO a principal causa de variação. Em relação ao parâmetro a , conseguiu-se aumentar a cor vermelha do fruto na maioria dos casos, e que este aumentava com as mesmas características de temperatura e SO que a luminosidade, mas neste caso a temperatura tinha o principal papel nas mudanças (Figura 50).

No caso da análise das SO finais, ocorre perda de luminosidade em relação à solução inicial, pois esta aumenta para temperaturas baixas e soluções de alta concentração. Nota-se um ganho de cor vermelha nestas soluções, e seria tanto maior quanto maior fosse a temperatura e a concentração das soluções osmóticas iniciais (Figura 51).

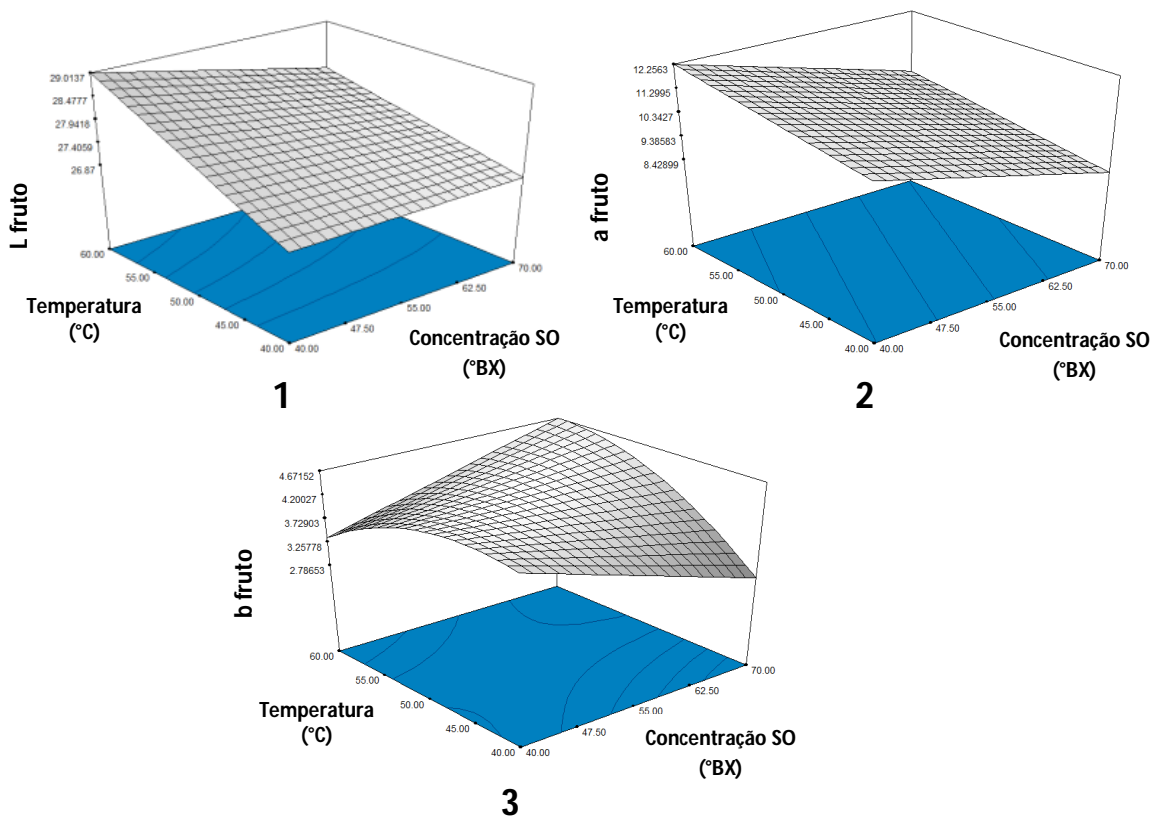


Figura 50 - Interação do: 1) parâmetro L da groselha; 2) parâmetro a da groselha; 3) parâmetro b da groselha com a temperatura e concentração das SO, no ensaio 12.

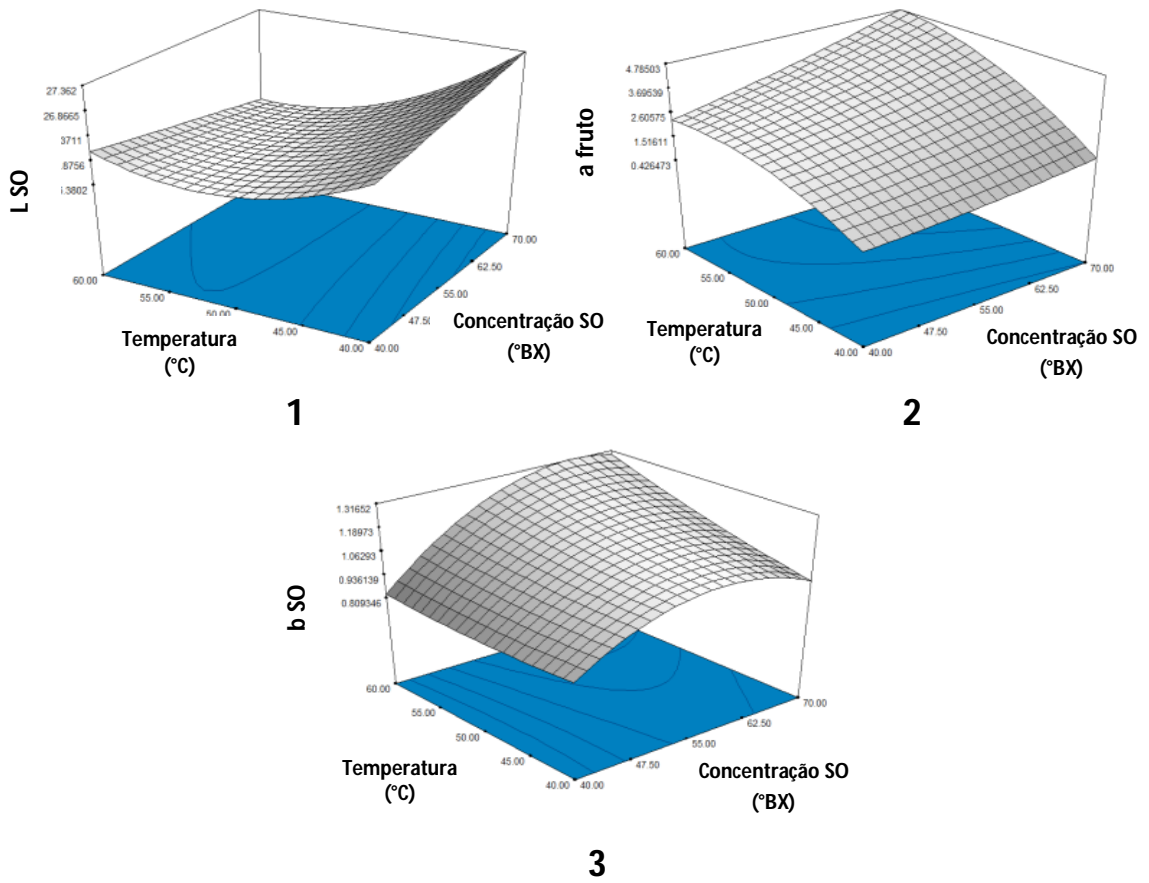


Figura 51 - Interação do: 1) parâmetro L das SO; 2) parâmetro *a* das SO; e 3) parâmetro *b* das SO finais com a temperatura e concentração das SO, no ensaio.

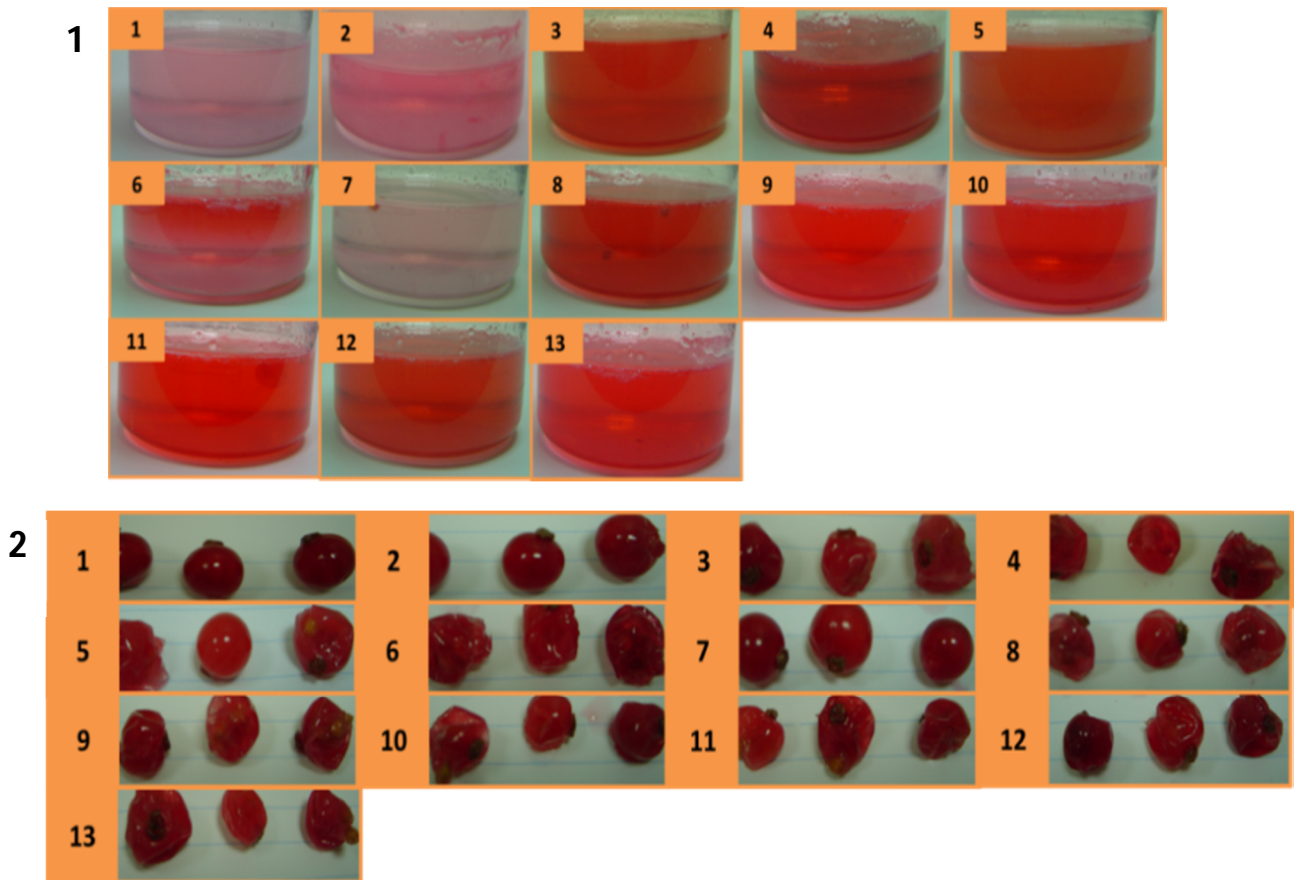


Figura 52 - 1) soluções osmóticas finais; 2) frutos após tratamentos, com respectivo número de amostra.

Às várias respostas obtidas foi feita uma análise de variância (ANOVA).

No caso do °Brix do fruto apresenta uma regressão significativa e uma falta de ajuste não significativa, tal como na massa G/P (Tabela 21).

Tabela 21 - Análise de variância do modelo ajustado para o °Brix dos frutos, massa G/P e compostos fenólicos totais dos frutos e SO.

°Brix fruto					Massa G/P				
Fonte de variação	GL	SQ	MQ	Fvalue	Fonte de variação	GL	SQ	MQ	Fvalue
Modelo: Linear	2	42,22	21,11	10,12*	Modelo: Linear	2	631,82	315,91	11,62*
Residual	8	16,69	2,09		Residual	9	244,75	27,19	
Falta de ajuste	5	14,69	2,94	0,13	Falta de ajuste	5	182,73	36,55	2,36
Erro puro	3	2,00	0,67		Erro puro	4	62,02	15,51	
Total	10	58,91			Total	11	876,57		
			R ²	0,717				R ²	0,721
Compostos fenólicos totais fruto					Compostos fenólicos totais SO				
Fonte de variação	GL	SQ	MQ	Fvalue	Fonte de variação	GL	SQ	MQ	Fvalue
Modelo: Linear	2	731,35	365,68	4,48*	Modelo: Linear	5	140,73	28,15	11,55*
Residual	9	735,29	81,70		Residual	7	17,06	2,44	
Falta de ajuste	5	403,01	80,60	0,97	Falta de ajuste	3	3,47	1,16	0,34
Erro puro	4	332,28	83,07		Erro puro	4	13,59	3,40	
Total	11	1466,64			Total	12	157,79		
			R ²	0,499				R ²	0,892

GL: Graus liberdade; SQ: Soma quadrática; MQ: Média quadrática; * Significativo

Nos parâmetros de cor *a* dos frutos e SO, ambos apresentaram uma regressão significativa, *a* contrário do parâmetro *b* onde este é não significativo.

Para os parâmetros de cor *L* apresentaram uma regressão não significativa nos frutos e significativa nas SO (Tabela 22).

Em relação ao coeficiente de determinação (R^2), no caso dos parâmetros de cor das SO *L* e *a* obtiveram-se valores altos, 0,9283 e 0,9390 respetivamente, indicando que para os modelos ajustados foram estatisticamente significativos (Tabela 22).

Tabela 22 - Análise de variância do modelo ajustado para os parâmetros de cor *L*, *a* e *b* dos frutos e SO.

L fruto					L SO				
Fonte de variação	GL	SQ	MQ	F_{value}	Fonte de variação	GL	SQ	MQ	F_{value}
Modelo: Linear	3	4,55	1,52	2,10	Modelo: Quadrático	5	6,05	1,21	18,13*
Residual	7	5,05	0,72		Residual	7	0,47	0,067	
Falta de ajuste	4	3,08	0,77	1,18	Falta de ajuste	3	0,23	0,075	1,26
Erro puro	3	1,96	0,65		Erro puro	4	0,24	0,060	
Total	10	9,60			Total	12	6,51		
			R ²	0,474				R ²	0,928
a fruto					a SO				
Fonte de variação	GL	SQ	MQ	F_{value}	Fonte de variação	GL	SQ	MQ	F_{value}
Modelo: Linear	2	15,54	7,77	16,74*	Modelo: Quadrático	5	25,03	5,01	21,53*
Residual	9	4,18	0,46		Residual	7	1,63	0,23	
Falta de ajuste	5	2,54	0,51	1,24	Falta de ajuste	3	0,83	0,28	1,40
Erro puro	4	1,64	0,41		Erro puro	4	0,79	0,20	
Total	11	19,72			Total	12	26,66		
			R ²	0,788				R ²	0,939
b fruto					b SO				
Fonte de variação	GL	SQ	MQ	F_{value}	Fonte de variação	GL	SQ	MQ	F_{value}
Modelo: Quadrático	4	3,89	0,97	1,49	Modelo: Quadrático	5	0,5	0,10	3,07
Residual	8	5,21	0,65		Residual	7	0,23	0,032	
Falta de ajuste	4	1,02	0,26	0,24	Falta de ajuste	3	0,081	0,027	0,74
Erro puro	4	4,18	1,05		Erro puro	4	0,15	0,036	
Total	12	9,10			Total	12	0,73		
			R ²	0,428				R ²	0,687

GL: Graus liberdade; SQ: Soma quadrática; MQ: Média quadrática; * Significativo

A análise dos coeficientes de regressão mostrou um efeito linear para o °Brix dos fruto, massa G/P, compostos fenólicos totais quer dos frutos quer das SO, e para os parâmetros do fruto, L e a . Já para os parâmetros de cor das SO obteve-se um efeito quadrático, tal como no b dos frutos (Tabela 23 e Tabela 24).

Tabela 23 - Coeficientes de regressão, mostrando a relação entre as variáveis independentes e as respostas, Massa G/P, °Brix fruto e compostos fenólicos totais dos frutos e SO.

Coeficientes	Massa G/P	°Brix fruto	Compostos fenólicos totais fruto	Compostos fenólicos totais SO
B₀	-25,6	16,43	83,17	14,11
B₁	9,51	-0,45	-10,77	-1,40
B₂	3,28	2,64	2,60	2,74
B₁₁	-	-	-	-2,17
B₂₂	-	-	-	-2,40
B₁₂	-	-	-	-0,37

Tabela 24 - Coeficientes de regressão, mostrando a relação entre as variáveis independentes e as respostas dos parâmetros de cor dos frutos e SO.

Coeficientes	L	a	b	L sol	a Sol	b Sol
β₀	27,66	10,34	4,22	25,77	2,75	1,14
Bβ₁	-0,28	-1,29	-0,046	0,021	0,80	0,15
B₂	0,78	0,63	0,23	-0,63	1,38	0,08
B₁₁	-	-	-	7,95E-03	0,12	-0,18
B₂₂	-	-	-0,45	0,58	-0,72	0,021
B₁₂	-0,29	-	0,71	-0,36	0,45	0,081

3.13 Ensaio 13 – Otimização 2 e Validação

Com os limites impostos para cada parâmetro em estudo (Tabela 9) obtiveram-se as condições de processamento ótimas de SO e temperatura, dadas pelas rampas de desejabilidade. Para as SO utilizou-se uma concentração de 40 °Bx a uma temperatura de 60 °C, usando 25 inHg de IV com 2 pulsos e US a 25% de potência durante 45 segundos (Figura 53).

Condições de processamento ótimas



Resultados obtidos por previsão

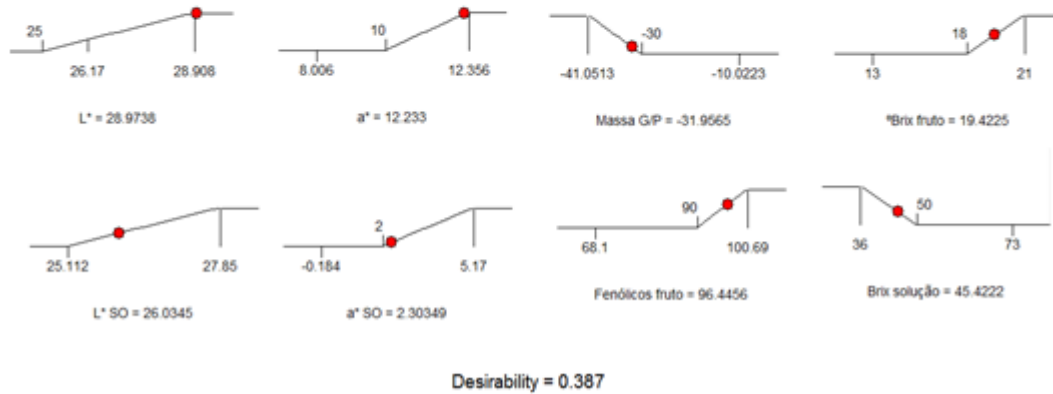


Figura 53 - kampas de desejabilidade para os parâmetros considerados, resultados obtidos por previsão através do modelo matemático e respetiva desejabilidade final.

No laboratório foi-se verificar se os valores previstos pelos modelos matemáticos para as condições de processamento ótimas eram semelhantes.

Pela comparação dos valores previstos com os obtidos, pode-se ver que nos parâmetros mais importantes neste estudo como o °Brix do fruto, compostos fenólicos nos frutos, L e a , as diferenças não foram significativas, ficando dentro dos limites de erro. Já nos outros parâmetros a diferença é significativa mas não são valores muito distantes (Figura 54, Tabela 25).

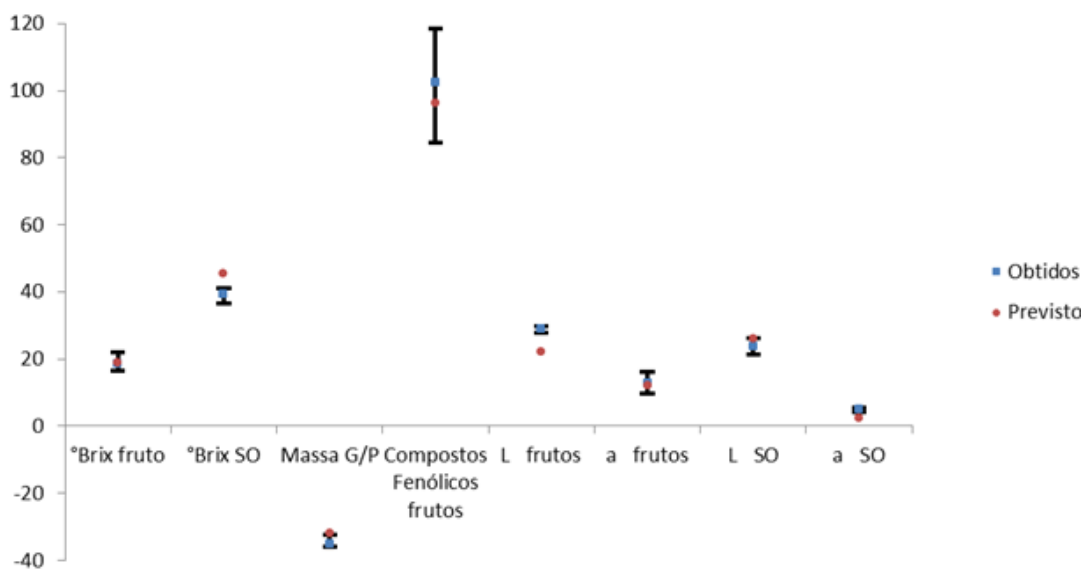


Figura 54 – Representação dos resultados obtidos e dos previstos para os vários parâmetros estudados com respetivo intervalo de erro.

Tabela 25 – Resultados obtidos e previstos dos vários parâmetros em estudo.

Parâmetro	°Brix frutos	°Brix SO	Massa G/P frutos (%)	Compostos fenólicos totais frutos (mg/100ml)
Previstos	19,00	45,42	-32,00	96,45
Obtidos	18,60 ± 3,72	39,2 ± 1,24	-35,05 ± 2,38	102,51 ± 17,24
Parâmetro	L frutos	a frutos	L SO	a SO
Previstos	22,16	12,23	26,04	2,30
Obtidos	28,81 ± 0,98	12,82 ± 3,58	23,85 ± 2,24	5,08 ± 0,59

3.14 Compota tradicional

Foi feita uma compota tradicional com groselhas, de maneira a mostrar as diferenças existentes entre a compota feita com frutos tratados com as condições ótimas.

A compota foi feita numa proporção de 50/50 de sacarose e groselhas tendo-se fervido a mistura até obtenção de um °Brix final de 70, onde os frutos estão rebentados e a maioria praticamente desfeitos. Os compostos fenólicos totais foram de cerca de 63 mg/100 ml, muito abaixo dos frutos frescos que tinham 95 mg/100 ml de compostos (Tabela 26).

Tabela 26 – Resultados obtidos da análise da compota feita de groselhas frescas sem tratamento.

Compota	pH	°Brix	Compostos fenólicos totais (mg/100ml)
Frutos frescos	2,58	70	63,36

Neste caso não foi adicionado ácido cítrico nem pectina, mas como os frutos ficaram destruídos libertaram toda a pectina contida, o que tornou a compota com uma consistência demasiado dura e compacta, o que não aconteceu com o produto elaborado neste estudo com as groselhas tratadas.

3.14.1 Comparação entre compota tradicional e compota com impregnação

Pode ver-se que a compota tradicional (Tabela 27) tem uma luminosidade bastante mais baixa comparando com a compota feita de groselhas tratadas, fazendo com que a sua cor seja muito mais escura (Figura 55).

Tabela 27 – Comparação dos valores dos parâmetros de cor analisados da compota tradicional e compota com impregnação.

Amostra	L	a	b
Compota tradicional	22,162	3,368	1,138
Compota com impregnação Frutos	28,809	12,816	4,308
Compota com impregnação SO	25,486	8,092	2,723

Enquanto para a receita tradicional, se obteve uma compota homogênea com 70 °Bx, devido a todos os frutos terem rebentado, na receita com frutos tratados, permaneceram inteiros e com 18,6 °Bx, estando estes num meio com 39,2 °Bx.

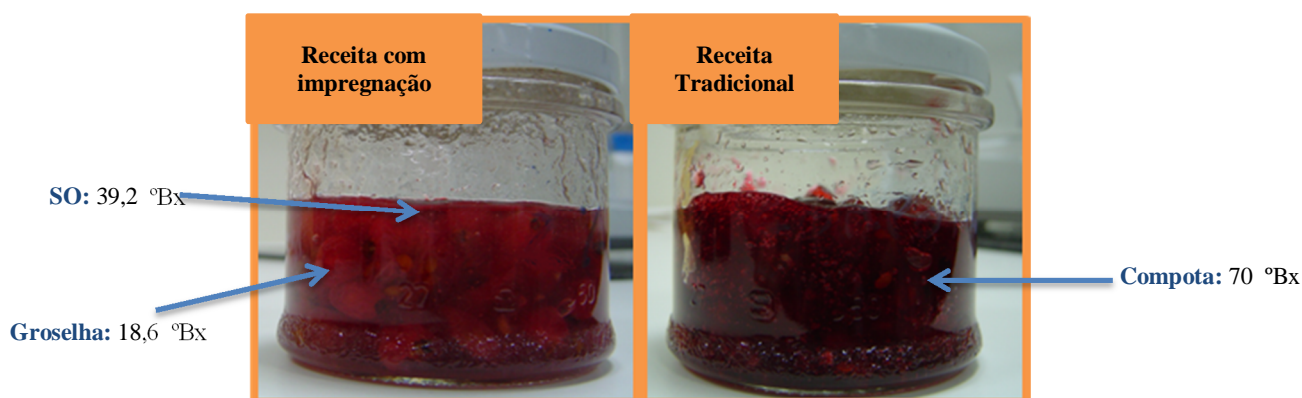


Figura 55 – Compota com impregnação e compota pela receita tradicional.

De acordo como Decreto-Lei nº 230/2003 de 27 de Setembro, um produto para ser chamado doce é resultante da mistura do uso de polme, açúcar e água, até adquirir uma consistência gelificada. Para cada 1000 g de produto a quantidade de polme usado não pode ser inferior a 250 g no caso das groselhas vermelhas.

Para um doce extra, é necessário o uso de açúcares, água e polme não concentrado, mas no caso das groselhas vermelhas podem ser fabricados exclusivamente de polme não concentrado dos frutos. Neste caso são necessárias 350 g de polme de groselhas por cada 1000 g de produto final.

Uma vez que neste trabalho não foi usada polme da groselha mas sim o fruto inteiro, não se pode denominar este produto de doce. Como este seria um produto novo teria então de ser encontrada uma nova designação.

4. Conclusão

Neste trabalho propõe-se uma metodologia com impregnação por vácuo e a baixa temperatura para a fabricação de uma compota de groselhas.

Com um mundo cada vez mais consciente da importância de uma alimentação saudável, e com vontade de envelhecer cada vez mais tarde, a obtenção de produtos o mais naturais possível e com um mínimo de perdas das suas características tornou-se fundamental para uma boa aceitação e sucesso comercial.

Com os resultados obtidos pode-se ver o quanto esta técnica estudada poderá ser útil na indústria alimentar, pois no caso dos compostos fenólicos conseguiu-se um aumento considerável desse valor em comparação aos frutos frescos. O aproveitamento da solução osmótica na produção da compota permitiu também não se desperdiçar qualquer nutriente que tenha saído dos frutos, e toda a cor que possa ter sido extraída ficou ali retida e é usada, sem posterior necessidade de qualquer corante.

Demonstrou-se que a temperatura é um fator de grande influência na impregnação da solução osmótica, quanto maior a temperatura maior o °Brix final dos frutos. Mas há que ter em conta que temperaturas acima dos 50-60 °C podem danificar irreversivelmente o tecido dos frutos.

A solução osmótica com melhores resultados foi a de frutose, que permitiu maiores ganhos de sólidos nos frutos. Sendo o objetivo conseguir um fruto com maior teor de sólidos, deveria ter-se experimentado o processo com um açúcar (ou adoçante) cuja molécula tivesse um tamanho inferior ao da frutose de maneira a comprovar se haveria melhorias nos resultados e de que maneira alterava os restantes parâmetros em estudo.

Já na perda de massa nas groselhas, verificou-se que a perda de massa coincidia com a perda de água. O fator que mais importância teve foi a concentração das soluções osmóticas, indicando que para maiores concentrações, maior seria a massa perdida nas groselhas.

No que diz respeito aos parâmetros estudados na cor das groselhas vão também ser influenciados pela temperatura, o L será maior para temperaturas de 60 °C, e o a , parâmetro da cor vermelha será tanto menor quanto maior for a concentração da solução osmótica e temperatura.

Todo este processo estudado permitiu a obtenção dum produto com características aceitáveis.

Como trabalho futuro, devia ser feito uma análise sensorial para saber se os consumidores prefeririam esta compota à tradicional.

Deveriam também ser experimentadas outras moléculas com características adoçantes em mistura com a frutose.

5. Bibliografia

- Allali, H., Marchal, L., & Vorobiev, E. (2010). Effects of vacuum impregnation and ohmic heating with citric acid on the behaviour of osmotic dehydration and structural changes of apples fruit. *Biosystems Engineering*, 106: 6-13.
- Alves, D., Barbosa, J., Antonio, G., & Murr, F. (2005). Osmotic dehydration of acerola fruit (*Malpighia puniceifolia* L.). *Journal of Food Engineering*, pp. 68: 99-103.
- Anderson, M., & Whitcomb, P. (1999). *Optimizing processes using response surface methods for design of experiments*. USA: Productivity Press.
- Andrade, S., Metri, J., Neto, B., & Guerra, N. (2003). Osmotic dehydration of jenipapo (*Genipa americana* L.). *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 23: 276-281.
- Angelo, P., & Jorge, N. (2007). Compostos fenólicos em alimentos: uma breve revisão. *Revista Instituto Adolfo Lutz*, 66(1): 232-240.
- Anjo, D. (2004). Alimentos funcionais em angiologia e cirurgia vascular. *Jornal Vasculiar Brasileiro*, 171-176.
- Arabi, R. (2001). Alimentos funcionais: aspectos gerais. *Nutrire*, 87-102.
- Barbetta, P., & Lehrer, C. (2001). O uso da metodologia de superfície de resposta para adequar os parâmetros de entrada de um algoritmo genético. *VII International conference on Industrial Engineering and Op.Man*.
- Barney, D., & Hummer, K. (2005). *Currants, Gooseberries and Jostaberries*. Food Products Press.
- Beirabaga. (s.d.). Obtido em Julho de 2011, de <http://www.beirabaga.com/index.php>
- Benevides, C., & Furtunato, D. (s.d.). *Hortaliças acidificadas*. Obtido em Julho de 2011, de <http://pt.scribd.com/doc/53156982/relatorio-parte>
- Botanic Online*. (s.d.). Obtido em 27 de 04 de 2011, de www.botanical-online.com/grosellas.htm
- Botanical Garden*. (s.d.). Obtido em Julho de 2011, de http://www.botanicalgarden.ubc.ca/potd/2009/06/ribes_sativum_red_lake.php
- Box, G., Hunter, W., & Hunter, D. (1978). *Statistics for experimenters*. USA: John Wiley & Sons.
- Branco, I., & Gasparetto, C. (2003). Aplicação da metodologia de superfície de resposta para o estudo do efeito da temperatura sobre o comportamento reológico de misturas ternárias de polpa de manga e sucos de laranja e cenoura. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 166-171.
- Canhoto, J. (2010). *Biotecnologia vegetal: da clonagem de plantas à transformação genética*. Coimbra: Imprensa da Universidade de Coimbra.

- Cárcel, J., Benedito, J., Rosselló, C., & Mulet, A. (2007). Influence of ultrasound intensity on mass transfer in apple immersed in a sucrose solution. *Journal of Food Engineering*, 78: 472-479.
- Cataneo, C., Caliari, V., Gonzaga, L., Kuskoski, E., & Fett, R. (2008). Atividade antioxidante e conteúdo fenólico do resíduo agroindustrial da produção de vinho. *Semina: Ciências Agrárias*, 29: 93-102.
- Chandra, R. (2002). Preventive nutrition: consideration of cost-benefit and cost-effective ratios. *Nutrition Research*, 1-3.
- Chen, Y., & Lin, K. (2007). Effects of heating temperature on the total phenolic compound, antioxidative ability and the stability of dioscorin of various yam cultivars. *Food Chemistry*, 101: 955-963.
- Chiralt, A., Martínez-Navarrete, N., Martínez-Monzó, J., Talens, P., Moraga, G., & Ayala, A. (2001). Changes in mechanical properties throughout osmotic process cryoprotectant effect. *Journal of Food Engineering*, 49: 129-135.
- Chiralt, A., P.Fito, Barat, J., A.Andrés, C.Conzález-Martínez, I.Escriche, et al. (2001). Use vacuum impregnation in food salting process. *Journal of Food Engineering*, 49: 141-151.
- Cisse, M., Vaillant, F., Acosta, O., Mayer, C., & Dornier, M. (2009). Thermal degradation kinetics of anthocyanins from blood orange, and Roselle using the Arrhenius, Eyring and Ball models. *Journal of Agricultural and Chemistry*, 54 (14): 6285-6291.
- Colorimetria. (s.d.). *Flexomagazine*. Obtido de <http://flexomagazine.blogspot.com/2010/10/colorimetria-transformando-teoria-em.html>
- Cruz, R., & Vieira, M. (2009). Impact on thermal blanching and thermosonication treatments on watercress (*nasturtium officinale*) quality: thermosonication process optimisation and microstructure evaluation. *Food and Bioprocess Technology*.
- Cuidados saúde*. (s.d.). Obtido em Junho de 2011, de <http://cuidadossaude.com/2010/05/beneficios-da-groselha-para-saude/>
- Deng, Y., & Zhao, Y. (2008). Effects of pulsed-vacuum and ultrasound on the osmodehydration kinetics and microstructure of apples (Fuji). *Food Science & Technology*, 15: 84-93.
- Dx6. (2005). *Design-expert software, version 6.0.11*. Minneapolis: Stat-Ease.
- Emed, T. (Fevereiro de 2007). *Aplicação e histórico dos alimentos*. Obtido de Instituto de Metabolismo e Nutrição: <http://www.nutricaoclinica.com.br/20070204729/alimentos-funcionais-definicoes/aplicacao-e-historico-dos-alimentos-funcionais>
- Escobar, M., Galindo, F., Wadso, L., Nájera, J., & Sjöholm, I. (2007). Effect of long-term storage and blanching pre-treatments on the osmotic dehydration kinetics of carrots (*Daucus carota* L. cv. Nerac). *Journal of Food Engineering*, 81: 313-317.

- FAO. (2010). Fats and fatty acids in human nutrition - report of an expert consultation. *Food and agriculture organization of the United Nation*, Geneva.
- FAO-a. (s.d.). Obtido em Julho de 2011, de <http://faostat.fao.org/site/612/default.aspx#ancor>
- FAO-b. (s.d.). Obtido de <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>
- Ferreira, V., Teixeira-Neto, R., Moura, S., & Silva, M. (1999). Cinética da degradação da cor de solução hidrossolúvel comercial de urucum, submetida a tratamentos térmicos. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*.
- Fito, P. (1994). Modelling of vacuum osmotic dehydration of food. *Journal of Food Engineering*, 22: 313-328.
- Fito, P., Andrés, A., Chiralt, A., & Pardo, P. (1996). Coupling of hydrodynamic mechanism and deformation-relaxation phenomena during vacuum treatments in solid porous-liquid systems. *Journal of Food engineering*, 27: 229-240.
- Fito, P., Chiralt, A., Barat, J., Andrés, A., & Martínez-Monzo, J. (2001). Vacuum impregnation for development of new dehydrated products. *Journal of Food Engineering*, 49: 297-302.
- Food Quad*. (s.d.). Obtido em Julho de 2011, de <http://www.ayushveda.com/dietfitness/health-benefits-of-red-currants/>
- Garcia-Martínez, E., Ruiz-Díaz, G., Martínez-Monzó, L., Camacho, M., Martínez-Navarrete, N., & Chiralt, A. (2002). Jam manufacture with osmodehydrated fruit. *Food Research International*, 35: 301-306.
- Gibertoni, C. (2008). *Tese - Estudo da previsibilidade de tonalidade na decoração em vidrados transparentes*. São Paulo: Universidade Federal de São Carlos.
- Giraldo, G., Talens, P., Fito, P., & Chiralt, A. (2003). Influence of sucrose solution concentration on kinetics and yield during osmotic dehydration of mango. *Journal of Food Engineering*, 58: 33-43.
- Grizotto, R., Bruns, R., Aguirre, J., & Batista, G. (2005). Optimização via metodologia de superfície de respostas dos parâmetros tecnológicos para produção de fruta estruturada e desidratada a partir de polpa concentrada de mamão. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 25(1): 158-164.
- Grupo escolar*. (s.d.). Obtido em Maio de 2011, de http://www.grupoescolar.com/materia/a_diferenca_entre_o_acucar_do_acucareiro_e_o_das_frutas.html
- Gutteridge, J. (1995). Lipid peroxidation and antioxidants as biomarkers of tissue damage. *Clinical Chemistry*, 1819-1828.
- Harder, M., Spada, F., & Savino, V. (2010). Coloração de cortes cozidos de frango alimentados com urucum. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 507-509.
- Hasler, C. (2000). The changing face of functional foods. *Journal of the American College of Nutrition*, 4995-5065.

- Health and life style.* (s.d.). Obtido em Julho de 2011, de <http://www.ayushveda.com/magazine/benefits-of-redcurrants/>
- Healthyrecipes.* (s.d.). Obtido em Setembro de 2011, de http://healthyrecipes.wikia.com/wiki/Red_currant
- Hubbard, M. (1990). *Statistical quality control for the food industry.* USA: Van Nostrand Reinhold.
- Hui, Y., Barta, J., Cano, M. P., Sinha, N. K., & Gusek, T. W. (2006). *Handbook of Fruits and Fruit Processing - Part III.* USA: blackwell Publishing.
- Hutchings, J. (1999). *Food Color and Appearance.* Aspen Publishers.
- ifood.* (s.d.). Obtido em Julho de 2011, de <http://www.ifood.tv/network/currant/recipes>
- Infojardim.* (s.d.). Obtido em 28 de 05 de 2011, de <http://articulos.infojardin.com/Frutales/fichas/grosella-roja-grosellas-grosellero-rojo-ribes-rubrum.htm>
- Ito, A., Cavenaghi, M., Bertoldo, C., Park, K., & Hubinger, M. (2007). Efeito do processo de desidratação osmótica a pulso de vácuo na transferência de massa e nas propriedades reológicas e de cor de fatias de manga. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 27: 54-63.
- Jayaprakasha, G., Negi, P., Jena, B., Jagan, L., & Rao, J. (2007). Antioxidant and antimutagenic activities of Cinnamomum zeylanicum fruit extracts. *Journal of Food Composition and Analysis*, 330-336.
- Jeong, S., Kim, S., Kim, D., Jo, S., Nam, K., & Ahn, D. (2004). Effect of heat treatment on the antioxidant activity of extracts from Citrus peels. *Agricultural and Food chemistry*, 52: 3389-3393.
- Justo, O., Harber-Perez, V., & Alegre, C. (2009). Efeito da adição de precursores na produção de alcaloide anticancerígeno usando a técnica de planejamento experimental. *Química Nova*, 1394-1398.
- Korn, M., Andrade, M., & Borges, S. (Fevereiro de 2003). Procedimentos analíticos assistidos por ultra-sons. *Analytica*, 33: 4-39.
- Laurence, R. (s.d.). *All About Stuff.* Obtido de http://www.allaboutstuff.com/Garden_Tips/Currants.asp
- Lee, S., Kim, J., Jeong, S., Kim, D., Ha, J., Nam, K., et al. (2003). Effect of far-infrared radiation on the antioxidant activity of rice hulls. *Agricultural and Food Chemistry*, 51: 4400-4403.
- Lule, S.U., & Xia, W. (2005). Food phenolics, pros and cons: a review. *Food Reviews International*, 367-388.
- Lupetti, K., Carvalho, L., Moura, A., & Fatibello-Filho, O. (2005). Estudo sobre a oxidação enzimática e prevenção do escurecimento de frutas no ensino médio. *Químicanova*, 28: 548-554.

- Maatta, K., Kama-Eldin, A., & Torronen, R. (2001). Phenolic compounds in berries of black, red, green and white currants (*Ribes* sp.). *Antioxidants and Redox Signaling*, 3: 981-993.
- MacDougall, D. (2002). *Colour in food: improving quality*. Woodhead Publishing Limited.
- Machado, F., & Santiago, V. (2001). Os benefícios do consumo dos alimentos funcionais. *Ponto Crítico*, 35-44.
- Mancini-Filho, J., Van-Koijj, A., Mancini, D., Cozzolino, F., & Torres, R. (1998). Antioxidant activity of cinnamon (*cinnamomum Zeylanicum Breyne*) extracts. *Bollettino Chimico Farmaceutico*, 443-447.
- Mason, T., Paniwnyk, L., & Lorimer, J. (1996). The uses of ultrasound in food technology. *Ultrasonics Sonochemistry*, 3: 253-260.
- Mira, N., Barros, R., Schioccets, M., Noldin, J., & Lanfer-Marquez, U. (2008). Extração, análise e distribuição dos ácidos fenólicos em genótipos pigmentados e não pigmentados de arroz (*Oryza sativa* L.). *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 28(4): 994-1002.
- Montgomery, D. (1976). *Design and analysis of experiments*. New Yourk: Willey.
- Moraes, F., & Colla, L. (2006). Alimentos funcionais e nutraceuticos: definições, legislação e benefícios à saúde. *Revista Eletrônica de Farmácia*, 109-122.
- Moulton, G., & King, J. (2008). *Fruit Handbook for Western Washington - Section II*. USA: Washington State University.
- Mulet, A., Cárcel, J., Benedito, J., Rosselló, C., & Simal, S. (2003). 18 - Ultrasonic Mass Transfer Enhancement in Food Processing. In J. Welti-Chanes, & J. Velez-Ruiz, *Transport Phenomena in Food Processing* (pp. 265-270). USA: CRC Press.
- Multipant. (s.d.). *Propiedades del grosellero rojo*. Obtido em Junho de 2011, de <http://multipant.com/propiedades-del-grosellero-rojo/>
- Naczka, M., & Shahidi, F. (2004). Extraction and analysis of phenolics in food. *Journal of Chromatography A*, 1054: 95-111.
- Neto, M., Maia, G., Lima, J., Figueiredo, R., Filho, M., & Lima, A. (2004). Osmotic dehydration kinetics of mango. *Ciência Agrotécnica*, 10(2): 37-44.
- Niki, E., Noguchi, N., Tsuchihashi, H., & Gotoh, N. (1995). Interaction among vitamin C, vitamin E, and B-carotene. *The American Journal of Clinical Nutrition*.
- Noticias Aveiro. (s.d.). Obtido em Agosto de 2011, de <http://www.noticiasdeaveiro.pt/noticias/show.aspx?idioma=pt&idcont=1072>
- Núcleo de Manufatura Avançada. (s.d.). Obtido em Setembro de 2011, de http://www.numa.org.br/conhecimentos/conhecimentos_port/pag_conhec/DOE.html
- OMAIAA. (s.d.). *Observatório Agrícola*. Obtido em Maio de 2011, de http://www.observatorioagricola.pt/item.asp?id_item=115

- Osório, C., Franco, M., Castaño, M., González-Miret, M., Heredia, F., & Morales, A. (2007). Colour and flavour changes during osmotic dehydration of fruits. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 8(3): 353-359.
- Pedersen, H. (2011). Black and red currant cultivars for organic production. *15th International Conference on Organic Fruit Growing*.
- Pinheiro, A., Toledo, I., & Stringueta, P. (2009). Pigmentos naturais bioativos. *Alimentos e Nutrição*, 157-166.
- Plantamed*. (s.d.). Obtido em Julho de 2011, de http://www.plantamed.com.br/plantaservas/especies/Ribes_nigrum.htm
- Plantas Medicinales*. (s.d.). Obtido em Junho de 2011, de <http://plantamedicinales.net/category/grosellero-rojo>
- Queiroz, V., Berbert, P., Molina, M., Gravina, G., Queiroz, L., & Deliza, R. (2007). Desidratação por imersão-impregnação e secagem por convecção de goiaba. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 42(10): 1479-1486.
- Reinhard, T. (2010). *Superfoods: the healthiest foods on the planet*. USA: Firefly Books.
- Ribeiro, M. (2009). *Efeito do processo térmico nas características físico-química, nutricionais, microbiológicas e na atividade enzimática de polpa de mamão formosa (Carica papaya L.)*. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.
- Ribeiro, S., Park, K., Hubinger, M., Ribeiro, F., Araujo, E., & Tobinaga, S. (2008). Otimização da desidratação osmótica de filés de mapará (*Hypophthalmus edentatus*) através da metodologia de superfície de resposta. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 28(2): 485-492.
- Ribeiro, S., Ribeiro, C., Park, K., Araujo, E., & Tobinaga, S. (2007). Alteração da cor da carne de Mapará (*Hypophthalmus edentatus*) desidratada osmoticamente e seca. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, 125-135.
- Sacchet, F., Storck, C., Fagundes, G., Rombaldi, C., & Dias, A. (2006). Batata doce minimamente processada. *XV Congresso de Iniciação Científica*. Brasil.
- Schwarz, B., & Hofmann, T. (2007). Sensory-guided decomposition of red currant juice and structure determination of key astringent compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 1394-1404.
- Shi, J., Maguer, M., Wang, S., & Liptay, A. (1997). application of osmotic treatment in tomato processing - effect of skin treatments on mass transfer in osmotic dehydration of tomatoes. *Food Research International*, 30(9): 669-674.
- silva, H., & Silva, M. (s.d.). *Aplicação de um projeto de experimentos (DOE) na soldagem de tubos de zircaloy-4*. Obtido em Setembro de 2011, de http://www.revistaproducaoengenharia.org/artigos/68_21.pdf

- Singh, B., Kumar, A., & Gupta, A. (2007). Study of mass transfer kinetics and effective diffusivity during osmotic dehydration of carrot cubes. *Journal of Food Engineering*, 79(2): 471–480.
- Soares, S. (2002). Ácidos fenólicos como antioxidantes. *Revista de Nutrição*, 15(1): 71-81.
- Somogyi, L., Barrett, B., & Hci, Y. (1996). *Processing fruits: Science and technology -Major processed products*, 6: 159-189. USA: CRC Press.
- Sousa, P., Maia, G., Souza-Filho, M., Figueiredo, R., & R, T. N.-N. (2003). Influência da concentração e da proporção fruto:xarope na desidratação osmótica de bananas processadas. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 23: 126-130.
- Stojanovic, J., & Silva, J. (2007). Influence of osmotic concentration, continuous high frequency ultrasound and dehydration on antioxidants, colour and chemical properties of rabbiteye blueberries. *Food Chemistry*, 101: 898-906.
- Suutarinen, J., Honkapaa, K., Heinio, R., Autio, K., & Morkkila, M. (2000). The effect of different prefreezing treatments on the structure of strawberries before and after jam making. *LWT - Food Science and Technology*, 33(3): 188-201.
- Taga, M., Miller, E., & Pratt, D. (1984). Chia seeds as a source of natural lipid antioxidants. *Journal of the American Oil Chemists Society*, 928–993.
- Taguchi, G. (1987). *System of experimental design: Engineering methods to optimize quality and minimize costs*. USA: Unipub.
- The Encyclopedia of Science*. (s.d.). Obtido em Setembro de 2011, de http://www.daviddarling.info/encyclopedia/P/plant_cell.html
- Torezan, G., Favareto, P., Pallet, D., & Menezes, H. (2004). Osmotic dehydration of mango: Effects of temperature and process time. *International Drying Symposium*, (pp. 2165-2172). Brasil.
- Valdés-Ramos, R., & Solomons, N. (2002). Preventive nutrition: its changing context in MesoAmerica. *Nutrition Research*, 145-152.
- Vendruscolo, J. (s.d.). *Conservação de morango para a elaboração de produtos industrializados*. Obtido em Junho de 2011, de Embrapa: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Morango/SistemaProducaoMorango/cap14.htm>
- Vieira, M., & Silva, C. (2004). Optimization of a cupuaçu (*Theobroma Grandiflorum*) nectar formulation. *Journal of Food Process Engineering*, 27: 181-196.
- Wang, H., Cao, G., & Prior, R. (1996). Total antioxidant capacity of fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 701-705.
- Wikipédia*. (s.d.). Obtido em 28 de 06 de 2011, de <http://pt.wikipedia.org/wiki/Ribes>

- Yen, G., & Hung, C. (2000). Effects of alkaline and heat treatment on antioxidative activity and total phenolics of extracts from Hsian-tsao (*Mesona procumbens* Hemsl.). *Food Research International*, 33: 487-492.
- Zadernowski, R., Naczek, M., & Nesterowicz, J. (2005). Phenolic acid profiles in some small berries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(6): 2118-2124.
- Zhao, Y. (2007). *Berry fruit: value-added product for health promotion*. CRC Press.
- Zhao, Y., & Xie, J. (2004). Practical application of vacuum impregnation in fruit and vegetable processing. *Trends in Food Science & Technology*, 15(9): 434-451.
- Ziedrich, L. (2008). *Jams, Jellies and other sweet preserves*. Accessible Publishing Systems.

6. Anexos

Anexo 1 - Factores em estudo no ensaio 1 para cada uma das amostras

Amostra	Temperatura (°C)	IV (inHg)	Nº pulsos IV	US (%)	Amostra	Temperatura (°C)	IV (inHg)	Nº pulsos IV	US (%)
1	25	15	1	0	28	65	25	1	0
2	25	15	3	0	29	25	15	1	50
3	65	15	3	0	30	25	15	3	50
4	65	15	1	0	31	65	15	3	50
5	25	25	3	0	32	65	15	1	50
6	25	25	1	0	33	25	25	3	50
7	65	25	1	0	34	25	25	1	50
8	65	25	3	0	35	65	25	1	50
9	25	15	3	50	36	65	25	3	50
10	25	15	1	50	37	45	20	2	25
11	65	15	1	50	38	45	20	2	25
12	65	15	3	50	39	45	20	2	25
13	25	25	1	50	40	45	20	2	25
14	25	25	3	50	41	45	20	2	25
15	65	25	3	50	42	45	20	2	25
16	65	25	1	50	43	25	20	2	25
17	45	20	2	25	44	65	20	2	25
18	45	20	2	25	45	45	15	2	25
19	45	20	2	25	46	45	25	2	25
20	45	20	2	25	47	45	20	2	0
21	25	15	3	0	48	45	20	2	50
22	25	15	1	0	49	45	20	1	25
23	65	15	1	0	50	45	20	3	25
24	65	15	3	0	51	45	20	2	25
25	25	25	1	0	52	45	20	2	25
26	25	25	3	0	53	45	20	2	25
27	65	25	3	0	54	45	20	2	25

Anexo 2 - Factores em estudo no ensaio 6 e resultados obtidos para cada uma das amostras.

Amostra	SO (°Bx)	IV (inHg)	US (%)	° Brix frutos	Massa G/P frutos (%)	Compostos fenólicos totais frutos (mg/100ml)	Compostos fenólicos totais SO (mg/100ml)
1	40	15	25	10	-9.2	132.85	131.05
3	40	25	25	10	-14.5	128.40	126.67
5	40	20	0	10	-8.2	114.49	112.94
7	40	20	50	10	-13.3	92.49	91.24
9	55	15	0	10	-6.3	102.22	100.84
10	55	25	0	10	-12.0	104.94	103.52
11	55	15	50	10	-11.2	123.96	122.28
12	55	25	50	10	-12.5	137.63	135.77
13	55	20	25	10	-5.9	107.34	105.88
14	55	20	25	10	-6.4	94.51	93.23
15	55	20	25	10	-7.6	170.53	168.22
16	55	20	25	11	-6.4	155.39	153.28
17	55	20	25	11	-7.3	106.08	104.64
2	70	15	25	10	-8.4	123.08	121.41
4	70	25	25	15	-15.8	116.25	114.68
6	70	20	0	10	-8.2	136.12	134.28
8	70	20	50	10	-10.1	124.27	122.59
Frescas				9		102.48	

Anexo 3 - Factores em estudo no ensaio 7 para cada uma das amostras.

Amostra	Tipo de branqueamento	SO (°Bx)	IV (inHg)	US (%)
3	Vapor vivo	70	20	50
4	Água	70	20	50

Anexo 4 - Factores em estudo no ensaio 11 para cada uma das amostras.

Amostra	SO (°Bx)	US (%)	IV (inHg)	Temperatura (°C)
5	34	25	25	50
1	40	25	25	40
3	40	25	25	60
7	55	25	25	36
8	55	25	25	64
9	55	25	25	50
10	55	25	25	50
11	55	25	25	50
12	55	25	25	50
13	55	25	25	50
2	70	25	25	40
4	70	25	25	60
6	76,21	25	25	50

Anexo 5 - Factores em estudo no ensaio 12 e resultados das respostas para cada uma das amostras.

Amostra	SO (°Bx)	US (%)	IV (inHg)	Temperatura (°C)
5	34	25	25	50
1	40	25	25	40
3	40	25	25	60
7	55	25	25	36
8	55	25	25	64
9	55	25	25	50
10	55	25	25	50
11	55	25	25	50
12	55	25	25	50
13	55	25	25	50
2	70	25	25	40
4	70	25	25	60
6	76,21	25	25	50