

ANA RAQUEL DAS NEVES CABRITA

EFEITO DE UM BRANQUEAMENTO COMBINADO COM ULTRASSONS NAS  
CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE UMA ESPÉCIE HALÓFITA

*(Salicornia ramosissima)*



UNIVERSIDADE DO ALGARVE

Instituto Superior de Engenharia

2019

ANA RAQUEL DAS NEVES CABRITA

EFEITO DE UM BRANQUEAMENTO COMBINADO COM ULTRASSONS NAS  
CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE UMA ESPÉCIE HALÓFITA

*(Salicornia ramosissima)*

**Mestrado em Tecnologia de Alimentos**

**Trabalho sob a orientação de:** Rui Mariano Sousa da Cruz

**Co-orientação de:** Maria Margarida Cortez Vieira



UNIVERSIDADE DO ALGARVE

Instituto Superior de Engenharia

2019

EFEITO DE UM BRANQUEAMENTO COMBINADO COM ULTRASSONS NAS  
CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE UMA ESPÉCIE HALÓFITA

*(Salicornia ramosissima)*

Declaro ser a autora deste trabalho, que é original e inédito. Autores e trabalhos consultados estão devidamente citados no texto e constam na listagem de referências incluída.

---

(Ana Raquel das Neves Cabrita)

© 2019 Ana Raquel das Neves Cabrita

A Universidade do Algarve reserva para si o direito, em conformidade com o disposto no Código do Direito de Autor e dos Direitos Conexos, de arquivar, reproduzir e publicar a obra, independentemente do meio utilizado, bem como de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição para fins meramente educacionais ou de investigação e não comerciais, conquanto seja dado o devido crédito ao autor e editor respetivos.

## AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Superior de Engenharia da Universidade do Algarve, que possibilitou a realização deste trabalho, oferecendo todas as condições necessárias para a sua concretização.

À empresa Agro-On, que disponibilizou as amostras de *Salicornia ramosissima*, indispensáveis para a sua execução.

Ao Professor Rui Mariano Sousa da Cruz, orientador deste projeto, que sempre se mostrou exigente, paciente, motivado e disponível no apoio constante na área científica.

À Professora Maria Margarida Cortez Vieira, co-orientadora pela disponibilidade em ajudar, sempre que necessário.

Às técnicas de laboratório Clárisse Ramalho e Vera Gonçalves, que ao longo deste projeto sempre se mostraram bastante disponíveis para ajudar e apoiar, tanto nas respetivas áreas científicas como a nível pessoal.

Às minhas colegas de trabalho, em particular, à Mara Santos, que sempre cooperou e se mostrou disponível para ajuste de horários, e que, também me apoiou em alguns momentos mais difíceis.

E, por fim, porque sem eles não seria a pessoa que sou hoje, aos meus pais e irmã, pela força e confiança que depositam incondicionalmente em mim.

## RESUMO

Com a necessidade de apresentar produtos saudáveis, de rápida e fácil utilização para o consumidor, têm vindo a ser desenvolvidos novos métodos de processamento de alimentos na indústria alimentar, que visam a obtenção de produtos seguros e de qualidade, aumentando o seu tempo de conservação.

Neste trabalho estudou-se o efeito de um branqueamento combinado com ultrassons na qualidade da *Salicornia ramosissima*, planta halófito, que se apresenta como uma excelente alternativa ao sal correntemente utilizado na alimentação.

O processamento combinado imersão em água com ultrassons foi efetuado a cinco temperaturas diferentes entre 75-98 °C, e tempos, 0,17-7,5 min, com uma potência de 125 W e frequência de 20 kHz.

Após o processamento determinou-se a atividade da enzima peroxidase, para verificar a eficácia deste tratamento emergente na sua inativação, e vários parâmetros de qualidade, como a textura, cor, teor em compostos fenólicos totais e atividade antioxidante, de modo a obter um alimento processado com alterações mínimas nas suas características.

A aplicação do branqueamento combinado com ultrassons reduziu a atividade da enzima peroxidase acima de 90 % quando aplicadas temperaturas e tempos de 85 °C, 5 min, 90 °C, 2,5 e 5 min e 98 °C, 0,5 e 1 min.

Relativamente aos parâmetros de qualidade analisados, a uma temperatura de processamento de 98 °C durante 0,5 min foi possível reduzir cerca de 90 % da atividade enzimática, obtendo uma amostra ligeiramente mais firme (4 %), mais escura, devido à diminuição de cerca de 10 % de luminosidade e mais verde, visto que, o parâmetro de cor a, aumentou, aproximadamente 60 %. Além disso, esta aplicação promoveu um aumento da atividade antioxidante (16 %) que, de certo modo, vem contrabalançar a diminuição do teor em compostos fenólicos totais (57 %).

Em suma, este tratamento permitiu reduzir a atividade enzimática em 90 %, possibilitando a diminuição do tempo de processamento e, em alguns casos, melhorar certos parâmetros de qualidade analisados, nomeadamente a textura, cor e atividade antioxidante.

**Palavras-chave:** *Salicornia ramosissima*, halófito, tratamentos emergentes, qualidade

## ABSTRACT

In the food industry new methods of food processing have been developed, in one hand to obtain safe and quality products and increasing their shelf life, and on the other hand to present healthy food products that are easy to use.

In this work the effect of a combined blanching treatment with ultrasound was studied on the quality of *Salicornia ramosissima*, a halophyte plant, which is an excellent alternative to the salt currently used in food.

A combined water immersion processing with ultrasound was carried out at five different temperatures and times between 75-98 °C and 0.17-7.5 min, with a power of 125 W and a frequency of 20 kHz.

After the processing, the peroxidase enzyme activity was determined to verify the effectiveness of this emergent treatment in its inactivation, and several quality parameters, such as texture, color, total phenolic compounds content and antioxidant activity were evaluated, in order to obtain a processed food with minimal changes in its characteristics.

The application of the combined blanching with ultrasound reduced peroxidase enzyme activity above 90% when applied at temperatures and times of 85 °C, 5 min, 90 °C, 2.5 and 5 min and 98 °C, 0.5 and 1 min.

Regarding the analyzed quality parameters, at a processing temperature of 98 °C for 0.5 min it was possible to reduce the enzymatic activity to about 90%, obtaining a slightly firmer sample (4%), darker due to the decrease of about 10 % in lightness, and greener, since the color parameter *a* increased by approximately 60 %. In addition, this application promoted an increase in antioxidant activity (16 %), which, in a way, counterbalances the decrease in total phenolic compounds content (57 %).

This treatment allowed reducing 90% of the enzymatic activity, at shorter processing times and, in some cases, to improve some of the quality parameters analyzed, namely texture, color and antioxidant activity.

**Keywords:** *Salicornia ramosissima*, halophyte, emerging technologies, quality

## ÍNDICE DE TABELAS

<b>Tabela 2.1</b> - Combinações tempo/temperatura.....	18
<b>Tabela 3.2</b> - Parâmetros de qualidade avaliados - Valores de referência em amostras frescas (os valores apresentados são correspondentes à média $\pm$ desvio padrão).....	23
<b>Tabela 6.3</b> - Resultados da atividade enzimática ( $C/C_0$ ), parâmetros de cor ( $L/L_0$ , $a/a_0$ e $b/b_0$ ), e textura ( $T/T_0$ ) para cada tempo (min) e temperatura ( $^{\circ}C$ ).....	ii
<b>Tabela 6.4</b> - Resultados do teor em compostos fenólicos totais ( $CFT/CFT_0$ ) e atividade antioxidante ( $AAOX/AAOX_0$ ) para cada tempo (min) e temperatura ( $^{\circ}C$ ). ....	v
<b>Tabela 6.5</b> - Análise de variância para a atividade enzimática relativamente ao tempo (min) e temperatura ( $^{\circ}C$ ).....	viii
<b>Tabela 6.6</b> - Comparação entre os diferentes tempos para a atividade enzimática. ....	viii
<b>Tabela 6.7</b> - Comparação entre as diferentes temperaturas para a atividade enzimática.....	x
<b>Tabela 6.8</b> - Análise de variância para a textura relativamente ao tempo (min) e temperatura ( $^{\circ}C$ ).....	x
<b>Tabela 6.9</b> - Comparação entre os diferentes tempos para a textura. ....	xi
<b>Tabela 6.10</b> - Comparação entre as diferentes temperaturas para a textura. ....	xii
<b>Tabela 6.11</b> - Análise de variância para o parâmetro de cor L relativamente ao tempo (min) e temperatura ( $^{\circ}C$ ). ....	xiii
<b>Tabela 6.12</b> - Comparação entre os diferentes tempos para o parâmetro de cor L. ....	xiii
<b>Tabela 6.13</b> - Comparação entre as diferentes temperaturas para o parâmetro de cor L. ....	xv
<b>Tabela 6.14</b> - Análise de variância para o parâmetro de cor a relativamente ao tempo (min) e temperatura ( $^{\circ}C$ ).....	xv
<b>Tabela 6.15</b> - Comparação entre os diferentes tempos para o parâmetro de cor a.....	xvi
<b>Tabela 6.16</b> - Comparação entre as diferentes temperaturas para o parâmetro de cor a. ....	xvii
<b>Tabela 6.17</b> - Análise de variância para o parâmetro de cor b relativamente ao tempo (min) e temperatura ( $^{\circ}C$ ). ....	xviii
<b>Tabela 6.18</b> - Comparação entre os diferentes tempos para o parâmetro de cor b.....	xviii
<b>Tabela 6.19</b> - Comparação entre as diferentes temperaturas para o parâmetro de cor b. ....	xx
<b>Tabela 6.20</b> - Análise de variância para o teor em compostos fenólicos totais relativamente ao tempo (min) e temperatura ( $^{\circ}C$ ).....	xx
<b>Tabela 6.21</b> - Comparação entre os diferentes tempos para o teor em compostos fenólicos totais. ....	xxi
<b>Tabela 6.22</b> - Comparação entre as diferentes temperaturas para o teor em compostos fenólicos totais. ....	xxii
<b>Tabela 6.23</b> - Análise de variância para a atividade antioxidante relativamente ao tempo (min) e temperatura ( $^{\circ}C$ ). ....	xxiii
<b>Tabela 6.24</b> - Comparação entre os diferentes tempos para a atividade antioxidante. ....	xxiii
<b>Tabela 6.25</b> - Comparação entre as diferentes temperaturas para a atividade antioxidante. ....	xxv

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.1</b> - Localização da radiação UV no espectro eletromagnético. Fonte: Faustino (2013). .....	8
<b>Figura 1.2</b> - Mecanismo desencadeado pela aplicação de ultrassons numa célula. Adaptado de Chemat et al. (2011). .....	10
<b>Figura 1.3</b> - Fenómeno de cavitação durante o processamento com ultrassons. Adaptado de Khan et al. (2018). .....	10
<b>Figura 1.4</b> - Esquema da reação de conversão do guaiacol e o peróxido de hidrogênio em tetraguaicol (composto colorido) (Zeraik et al., 2008). .....	12
<b>Figura 1.5</b> - Esquema de espaço de cor Hunter Lab (HunterLAB, 1996). .....	15
<b>Figura 1.6</b> - Estrutura básica dos flavonóides incluindo quercetina e canferol, dois dos presentes em algumas espécies halófitas (Kumar, 2017; Qasim et al., 2017). .....	16
<b>Figura 2.7</b> - Seleção das amostras frescas de <i>Salicornia ramosissima</i> (imagem própria). ...	18
<b>Figura 3.8</b> - Efeito de um branqueamento combinado com ultrassons na atividade da enzima peroxidase (os valores apresentados são correspondentes à média $\pm$ desvio padrão). .....	26
<b>Figura 3.9</b> - Efeito de um branqueamento combinado com ultrassons na textura (os valores apresentados são correspondentes à média $\pm$ desvio padrão). .....	28
<b>Figura 3.10</b> - Efeito de um branqueamento combinado com ultrassons na coordenada de cor L (os valores apresentados são correspondentes à média $\pm$ desvio padrão). .....	30
<b>Figura 3.11</b> - Efeito de um branqueamento combinado com ultrassons na coordenada de cor a (os valores apresentados são correspondentes à média $\pm$ desvio padrão). .....	31
<b>Figura 3.12</b> - Efeito de um branqueamento combinado com ultrassons na coordenada de cor b (os valores apresentados são correspondentes à média $\pm$ desvio padrão). .....	33
<b>Figura 3.13</b> - Efeito de um branqueamento combinado com ultrassons no teor em compostos fenólicos totais (os valores apresentados são correspondentes à média $\pm$ desvio padrão). .....	35
<b>Figura 3.14</b> - Efeito de um branqueamento combinado com ultrassons na atividade antioxidante (os valores apresentados são correspondentes à média $\pm$ desvio padrão). .....	37

## LISTA DE ABREVIATURAS

AAET - Atividade antioxidante equivalentes em Trolox  
AAOX - Atividade antioxidante  
ABTS - Ácido 2,2-azino-bis (3-etilbenzotiazolino-6-sulfónico)  
APH - Alta pressão hidrostática  
BSA - Albumina Sérica Bovina  
°C - Graus Celsius  
CFT - Compostos fenólicos totais  
cm - Centímetro  
cm<sup>2</sup> - Centímetro quadrado  
DNA - Ácido Desoxirribonucleico  
EAG - Equivalentes em ácido gálico  
g - Grama  
kHz - kiloHertz  
kV - kiloVolt  
l - Largura  
LSD (Least significant difference) - Método da diferença mínima significativa  
M - Molar  
mg - Miligrama  
min - Minuto  
mL - Mililitro  
mm - Milímetro  
mM - Milimol  
MPa - Mega Pascal  
N - Newton  
nm – Nanómetro  
pH - Potencial hidrogénico  
POD - Enzima peroxidase  
rpm - Rotações por minuto  
s - Segundo  
T - Textura  
µg - Micrograma  
µL - Microlitro  
µmol - Micromol  
UV - Ultravioleta  
W - Watt

## ÍNDICE

1.	INTRODUÇÃO .....	1
1.1.	Plantas halófitas.....	1
1.1.1.	Propriedades nutricionais.....	2
1.1.2.	<i>Salicornia ramosissima</i> .....	2
1.2.	Processamento alimentar.....	4
1.2.1.	Branqueamento tradicional .....	4
1.2.2.	Tratamentos emergentes .....	6
1.2.2.1.	Aquecimento ôhmico.....	6
1.2.2.2.	Alta pressão hidrostática (APH) .....	7
1.2.2.3.	Pulsos elétricos.....	7
1.2.2.4.	Radiação UV-C .....	7
1.2.2.5.	Luz pulsada .....	8
1.2.2.6.	Ultrassons .....	9
1.2.3.	Branqueamento combinado com ultrassons .....	11
1.3.	Enzima Peroxidase.....	12
1.4.	Parâmetros de qualidade .....	13
1.4.1.	Textura .....	13
1.4.2.	Cor .....	14
1.4.3.	Compostos fenólicos.....	15
1.4.4.	Atividade antioxidante.....	16
1.5.	Objetivos .....	17
2.	MATERIAIS E MÉTODOS .....	18
2.1.	Amostragem .....	18
2.2.	Processamento térmico combinado com ultrassons .....	18
2.3.	Atividade enzimática – peroxidase .....	19
2.3.1.	Preparação do extrato .....	19
2.3.2.	Determinação da atividade da peroxidase .....	19
2.3.3.	Determinação do teor de proteína .....	19
2.4.	Determinação da textura .....	20
2.5.	Determinação da cor.....	20
2.6.	Compostos fenólicos totais .....	20
2.6.1.	Preparação do extrato .....	20
2.6.2.	Determinação dos compostos fenólicos totais.....	20
2.7.	Atividade antioxidante (ABTS).....	21

2.8.	Tratamento de resultados .....	21
2.9.	Análise estatística.....	22
3.	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	23
3.1.	Atividade enzimática – peroxidase .....	24
3.2.	Textura .....	27
3.3.	Cor .....	29
3.3.1.	Coordenada <i>L</i> .....	29
3.3.2.	Coordenada <i>a</i> .....	30
3.3.3.	Coordenada <i>b</i> .....	33
3.4.	Compostos fenólicos totais .....	34
3.5.	Atividade antioxidante .....	36
4.	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	39
5.	PERSPETIVAS DE TRABALHOS FUTUROS.....	40
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	41
7.	ANEXOS .....	i

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1. Plantas halófitas

As plantas halófitas representam apenas 1 % da flora mundial e podem classificar-se em obrigatórias, preferenciais e de subsistência, de acordo com a sua tolerância a ambientes com elevada concentração salina. De modo a completarem o seu ciclo de vida, nestas condições, estas plantas adotaram mecanismos de defesa, um deles é a presença de células especializadas nas suas folhas que se denominam “glândulas de sal”. Estas armazenam o excesso de sal, particularidade, que faz com que seja uma planta rica em sódio (Na), tornando-as uma excelente alternativa ao sal correntemente utilizado na alimentação, conferindo assim um sabor salgado aos alimentos (Barreira et al., 2017; Julião, 2013).

Atualmente, o consumo destas plantas tem vindo a ganhar destaque devido, não só, às suas características organolépticas mas também às suas características nutricionais (Barreira et al., 2017).

Além disso, sendo o consumo excessivo de sal uma das principais causas do aparecimento de doenças cardiovasculares, cerca de 5000 mg/dia/pessoa a Organização Mundial de Saúde (OMS) pretende reduzi-lo a 30 %. Visto que, o consumo de 100 g de *Salicornia ramosissima*, em fresco, equivale 1393 mg de sódio, este consumo iria beneficiar essa redução (Graça, 2013; Barreira et al., 2017; Lopes, Cavaleiro & Ramos, 2017).

Estas plantas, encontram-se distribuídas na natureza em zonas marinhas, no litoral costeiro, em pântanos e sapais salgados ou salinas temporariamente alagadas. Deste modo, é necessário ter em conta fatores como a influência de poluentes e acumulação de metais pesados nestas plantas, antes de as consumir, pois, o seu consumo pode trazer efeitos prejudiciais para a saúde quando colhidas no seu habitat natural (Isca, 2013; Lopes et al., 2017).

De modo a solucionar este problema, têm vindo a ser desenvolvidas técnicas alternativas de cultivo na produção destas plantas, sendo a hidroponia uma técnica bastante promissora, pois, além de se apresentar como sustentável vem também solucionar o problema da acumulação de metais pesados. Vários estudos indicam que as plantas produzidas deste modo apresentam um teor em compostos fenólicos superior. Estas plantas são utilizadas na alimentação podendo também ser aproveitadas para a produção de biodiesel, ração animal, extração de sal e óleos, e na remoção de metais pesados (Patel, 2016).

#### 1.1.1. Propriedades nutricionais

A principal característica nutricional que define estas plantas é a abundância em sódio (Na), no entanto, estas são ricas noutros minerais, como o potássio (K), magnésio (Mg), cálcio (Ca) e ferro (Fe). Além da sua riqueza em minerais também apresentam um alto teor em fibra, níveis de proteína entre 5,20-13,2 g/100 g, capacidades antioxidantes e são fonte de ácidos gordos polinsaturados, nomeadamente, ácido  $\alpha$ -linolénico (Barreira et al., 2017).

O facto de apresentarem atividade antioxidante pode estar diretamente relacionado com a resistência que estas apresentam às condições a que estão expostas, nomeadamente, alta concentração salina e elevada exposição solar, o que leva à produção de compostos fenólicos como resposta ao stress oxidativo a que estão sujeitas (Barreira et al., 2017; Isca, 2013).

#### 1.1.2. *Salicornia ramosissima*

A *Salicornia ramosissima* é uma planta halófita obrigatória, da subfamília *Chenopodiaceae*, apresenta a particularidade de se desenvolver em locais não ocupados por outras halófitas e encontra-se distribuída, preferencialmente, na parte oeste da Europa, no Mediterrâneo e noroeste de África, podendo ser encontrada em todo o litoral da Península Ibérica (Isca, 2013; Lopes et al., 2017).

Em Portugal, durante muitos anos esta planta foi considerada uma “praga”, no entanto, noutros países, outras do mesmo género começaram a ser utilizadas na medicina tradicional, para o tratamento de problemas como a obstipação, obesidade e diabetes (Lopes et al., 2017).

Recentemente, o seu consumo tem vindo a destacar-se não só devido ao seu sabor salgado e à sua textura crocante mas também devido às suas propriedades medicinais que têm vindo a ser comprovadas, tais como, capacidades antioxidantes, anti-inflamatórias, antibacterianas, antifúngicas, anti hiperglicémicas, anti hiperlipémicas e anticancerígenas (Isca, 2013; Lopes et al., 2017).

Em estudos recentemente realizados, a *S. ramosissima* tem apresentado características nutricionais benéficas para a saúde do consumidor. Sendo uma das mais ricas em minerais, como sódio, cálcio, magnésio, ferro, zinco e possuindo uma concentração bastante elevada de manganês (204 µg/g) (Barreira et al., 2017).

Além disso, apresenta também um elevado número de ácidos gordos saturados, insaturados e diácidos, bem como, álcoois, esteróis e compostos aromáticos. Dos ácidos gordos identificados, o ácido palmítico foi o que se apresentou em concentrações mais elevadas, já nos diácidos destacaram-se o ácido succínico, málico, subérico e azelaíco. O tetracosanol e o octacosanol são álcoois que apresentam vários benefícios, nomeadamente, no tratamento da diabetes, que também foram identificados na composição desta planta (Isca, 2013; Patel, 2016).

Embora apresente características nutricionais benéficas para o consumo humano, a nível proteico é das espécies que apresentam baixo teor, cerca de 5,20 g/100 g (Barreira et al., 2017).

A sua atividade antioxidante também é uma propriedade bastante valorizada nos dias que correm, parte dela deve-se ao teor de clorofilas, pigmentos responsáveis pela coloração verde da planta. Sendo a cor um parâmetro de qualidade bastante importante do ponto de vista do consumidor estas plantas apresentam relativamente ao teor em clorofilas a e b, respetivamente, cerca de 13,8 e 7,76 mg/100 g (Barreira et al., 2017).

Normalmente, estas plantas são comercializadas em fresco, contudo, com o aumento da procura de produtos alimentares saudáveis, de utilização rápida e de maior conveniência existe, por vezes, a necessidade de produzir e comercializar produtos, não só em fresco, mas noutras formas, como desidratados ou congelados, o que permite não só aumentar a oferta ao consumidor, mas também aumentar o tempo de vida útil do produto.

## 1.2. Processamento alimentar

Atualmente, o consumidor também se preocupa com aspetos relacionados com a qualidade e segurança dos alimentos. De forma a manter a qualidade do produto as indústrias alimentares têm vindo a implementar técnicas específicas de processamento que visam não só o aumento de tempo de vida útil do produto mas também uma oferta de produtos seguros (Khan et al., 2018).

As técnicas de processamento alimentar podem ser térmicas, quando existe ação do calor, ou não térmicas. Dentro dos tratamentos térmicos pode-se identificar, entre outros, o branqueamento tradicional ou a vapor, os microondas e o aquecimento óhmico. Quanto aos não térmicos, são tratamentos utilizados recentemente e pode-se destacar a utilização de alta pressão hidrostática, pulsos elétricos, radiação UV-C, luz pulsada e ultrassons (Faustino, 2013; Khan et al., 2018).

Estes processamentos podem ser aplicados como um pré-tratamento, antes de efetuar processos como a congelação ou secagem. Relativamente aos tratamentos térmicos o branqueamento tradicional é correntemente utilizado no processamento de frutas e vegetais e apresenta-se como um dos mais antigos (Chemat et al., 2011; Xiao et al., 2017).

### 1.2.1. Branqueamento tradicional

A aplicação de um branqueamento tradicional além de ajudar na manutenção da qualidade do produto, também atua na preservação da textura e qualidade nutricional durante o processamento e armazenamento. Neste tratamento térmico o alimento é colocado em água quente, a uma determinada temperatura, entre 70 - 100 °C, durante um determinado período de tempo, dependendo das características do produto a tratar. Após o tratamento térmico, é necessário fazer com que este cesse rapidamente, imergindo o alimento tratado num banho de água e gelo a uma temperatura de cerca de 0 a 1 °C (Amaral et al., 2017; Faustino, 2013; Xiao et al., 2017).

O principal objetivo deste tratamento térmico é eliminar as enzimas que promovem a degradação do alimento, em particular, a peroxidase. Alguns autores afirmam que um branqueamento deve diminuir a atividade da peroxidase de 3-10 % de modo a evitar a deterioração do alimento (Faustino, 2013; Xiao et al., 2017).

Outras das finalidades deste tratamento são a lavagem da superfície do alimento, o aumento da taxa de desidratação, a remoção de resíduos de pesticidas e constituintes tóxicos, a expulsão do ar do interior dos tecidos, o aumento da eficiência da extração dos compostos bioativos, a diminuição do escurecimento causado pelas reações não enzimáticas e a redução da carga microbiana inicial do produto (Xiao et al., 2017).

No entanto, a utilização de um tratamento térmico severo apresenta algumas desvantagens, pois, o aquecimento irá promover perdas nutricionais no alimento, principalmente, de nutrientes solúveis em água, como vitaminas, minerais, hidratos de carbono, açúcares e proteínas o que, conseqüentemente, irá promover alterações sensoriais indesejáveis. Além disso, o branqueamento também poderá provocar uma perda significativa em compostos fenólicos totais e atividade antioxidante (Faustino, 2013; Xiao et al., 2017).

A aplicação deste tratamento afeta características como a cor e a textura do alimento, sendo o acastanhamento exemplo de uma alteração de cor que ocorre devido à libertação de ácidos orgânicos, levando a uma diminuição do pH que, conseqüentemente, promove a transformação das clorofilas em feofitinas que apresentam coloração verde-acastanhada (Cruz, 2011).

Relativamente à textura, quanto maior a intensidade do tratamento térmico, mais afetada é a textura do produto fresco, reduzindo assim, parâmetros como a dureza e a firmeza do alimento, diminuição que se encontra relacionada com a ruptura da membrana celular, que é provocada pela turgência da célula devido a trocas de solutos e água entre o meio intracelular e extracelular (Cruz, 2011; Xiao et al., 2017).

Deste modo, nos últimos anos, tem existido a procura de tratamentos alternativos, com o objetivo de reduzir a severidade deste tratamento térmico e, neste sentido, contribuir para a obtenção de produtos branqueados de maior qualidade aumentando o seu tempo de conservação (Amaral et al., 2017).

### 1.2.2. Tratamentos emergentes

Os tratamentos emergentes são tecnologias de processamento alimentar alternativas, recentemente estudadas e desenvolvidas, entre as quais se podem destacar, como referidas anteriormente, o aquecimento óhmico, a alta pressão hidrostática, os pulsos elétricos, a radiação UV-C, a luz pulsada, os ultrassons e a combinação destes com outras tecnologias (Chemat et al., 2011; Faustino, 2013).

A utilização destes tratamentos alternativos apresentam vantagens do ponto de vista da preservação ambiental, reduzindo, em alguns casos, a utilização de água e solventes, bem como, a redução de produção de águas residuais, geração de substâncias perigosas e menos gastos energéticos. No entanto, a sua aplicação causa modificações biológicas, químicas e físicas severas, levando, por vezes, a alterações nas características organolépticas e nutricionais do alimento, sendo necessário avaliar os prós e contras de cada um deles (Chemat et al., 2011; Khan et al., 2018).

#### 1.2.2.1. Aquecimento óhmico

Neste tratamento térmico, o aquecimento do alimento é promovido pela passagem de corrente elétrica alternada através do alimento. A condutividade elétrica do alimento, bem como a potência elétrica irá determinar o aquecimento interno do produto associado à resistência elétrica (Duygu & Ümit, 2015).

Em comparação com os tratamentos térmicos convencionais este apresenta algumas vantagens, além de atingir rapidamente a temperatura de aquecimento necessária, realiza-o de forma uniforme, a baixos custo de manutenção e com elevada eficiência, mantendo as características nutricionais do alimento. No entanto, é uma tecnologia de difícil monitorização e controlo devido à complexidade em gerir temperatura vs. distribuição elétrica (Khan et al., 2018).

#### 1.2.2.2. Alta pressão hidrostática (APH)

A alta pressão hidrostática é uma tecnologia que submete o alimento a altas pressões, aplicadas uniformemente numa câmara de alta pressão, acima de 100 MPa (Mega Pascal), pressão que varia de acordo com o produto a processar. A utilização desta tecnologia possibilita a redução do tempo de processamento e pode ser efetuada em alimentos sólidos e/ou líquidos. Permite eliminar bactérias vegetativas, a realização do processamento após embalagem e a redução ou eliminação de substâncias químicas, preservando a qualidade do alimento (Faustino, 2013; Khan et al., 2018).

Em contrapartida, é uma técnica dispendiosa devido ao equipamento utilizado, apresenta efeito reduzido relativamente à inativação de enzimas responsáveis pela degradação do alimento (Faustino, 2013; Khan et al., 2018).

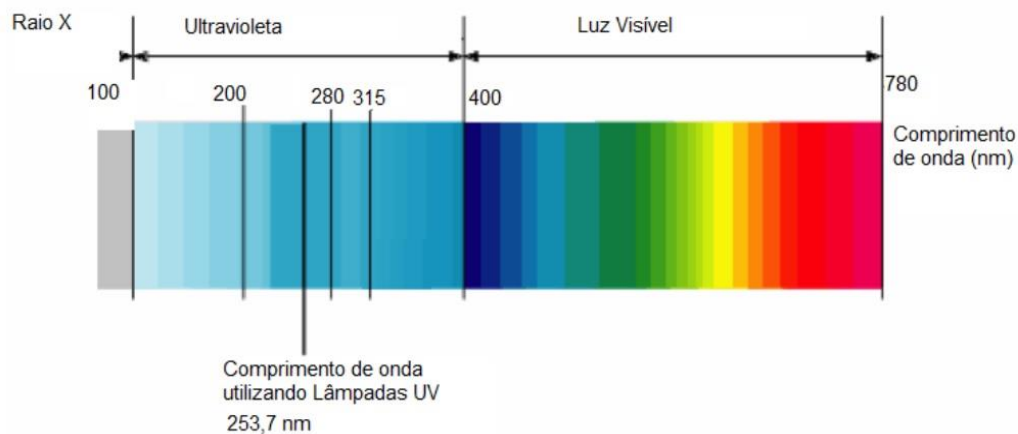
#### 1.2.2.3. Pulsos elétricos

A aplicação de pulsos elétricos na indústria alimentar embora apresentada como tecnologia emergente não é das mais recentes. Este método, consiste em aplicar sobre o produto pulsos elétricos de elevada intensidade (20-80 kV/cm), numa câmara de tratamento. O aumento do tempo de processamento e da intensidade dos pulsos é proporcional à inativação microbiana, quanto maior a durabilidade e intensidade de pulsos, durante o processamento, maior a eficácia na redução da carga microbiana. No entanto, este processamento é limitado a alimentos líquidos, e para além desta desvantagem também apresenta dificuldades na inativação enzimática (Faustino, 2013; Khan et al., 2018).

#### 1.2.2.4. Radiação UV-C

A radiação ultravioleta (UV) (Fig.1.1) encontra-se no espectro eletromagnético na faixa 100-400 nm, tem como origem natural o sol, e começou a ser aplicada, inicialmente, em tratamento de águas e, posteriormente, utilizada no tratamento de outros alimentos. Na aplicação em alimentos é utilizada a radiação UV-C, que se encontra num comprimento de onda entre 200-280 nm, região eficaz na inativação de microrganismos, devido à sua capacidade de quebrar ligações de DNA (Faustino, 2013; Tremarin, Brandão & Silva, 2017).

A sua eficiência na eliminação de microrganismos depende do período de tempo e intensidade aplicada sobre o alimento. Apresenta-se como uma alternativa ao uso de conservantes químicos. É maioritariamente, utilizada em líquidos para inativação de vírus, bactérias e seus esporos, mantendo as características organoléticas e nutricionais do produto, sendo a sua principal limitação a baixa capacidade de penetração nos alimentos (Faustino, 2013).



**Figura 1.1** - Localização da radiação UV no espectro eletromagnético. Fonte: Faustino (2013).

#### 1.2.2.5. Luz pulsada

Os princípios de atuação desta técnica são idênticos à aplicação da radiação UV-C e consistem em fazer incidir sobre o alimento a tratar, flashes sucessivos de luz de alta intensidade, que abrange comprimentos de ondas dos 100 aos 1100 nm, respetivamente, do ultravioleta ao infravermelho, sendo a radiação ultravioleta crucial na eficiência do processamento (Dhineshkumar, 2015; Faustino, 2013).

Embora, a inativação de microrganismos e enzimas responsáveis pela deterioração do alimento se encontre relacionada com a intensidade da radiação e o número de pulsos aplicados, comparativamente à aplicação de luz de alta intensidade em modo contínuo, este método de aplicação, por flashes de luz, promove um aumento de energia fornecida, e através do efeito fotoquímico irá promover alterações no DNA das células que levará à desnaturação proteica e outras alterações atrasando a deterioração do alimento.

As vantagens e desvantagens deste processamento coincidem com as apresentadas na utilização de radiação UV-C, apresentando esta a principal vantagem de ser aplicada por flashes de luz aumentando assim a sua eficiência na inativação enzimática (Dhineshkumar, 2015; Faustino, 2013).

#### 1.2.2.6. Ultrassons

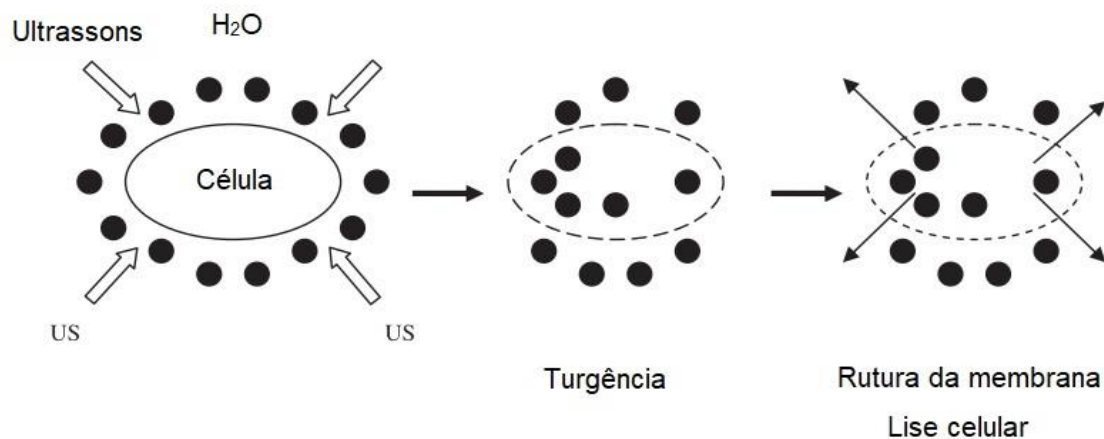
Os ultrassons são ondas mecânicas idênticas às ondas sonoras, no entanto, apresentam uma frequência acima do limite da audição humana ( $> 16$  kHz) podendo ser caracterizadas pela sua intensidade e potência, ondas de baixa energia apresentam uma frequência acima de 100 kHz e intensidade abaixo de  $1 \text{ W/cm}^2$ , enquanto que, ondas de alta energia apresentam frequências entre 20 e 500 kHz e intensidade acima de  $1 \text{ W/cm}^2$ . As ondas de ultrassons de alta intensidade podem ser utilizadas na rutura celular e desnaturação enzimática, já as de baixa intensidade são capazes de modificar o metabolismo celular. Normalmente, as ondas utilizadas no processamento de alimentos são as de alta intensidade em que a frequência varia entre os 20 e 500 kHz (Chemat et al., 2011; Faustino, 2013; Majid et al., 2015).

Este tratamento alternativo apresenta várias utilizações na indústria alimentar, nomeadamente, no processamento, preservação e extração, podendo ser aplicada de três formas distintas, diretamente no produto, acoplado a outra tecnologia, ou através da imersão num banho de ultrassons. Pode também ser utilizado na confeção, degaseificação, filtração, emulsão, oxidação e corte de alimentos (Chemat et al., 2011; Majid et al., 2015).

Além disso, apresenta efeitos positivos na inativação enzimática e destruição de microrganismos, incluindo fungos, bactérias, leveduras, esporos e vírus e, atua na preservação das características iniciais do produto, nomeadamente, teor em compostos fenólicos e, conseqüentemente, atividade antioxidante (Sledz et al., 2016; Chemat et al., 2011).

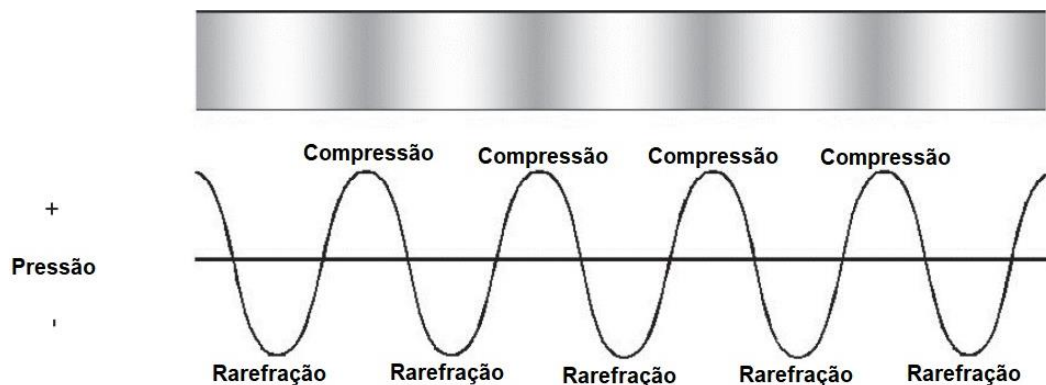
A eficácia deste tratamento pode variar de acordo com a frequência e potência utilizada, tempo de exposição e de contacto, e com as características do alimento a processar. Apresenta-se como uma tecnologia eficaz na manutenção da qualidade do produto, sendo considerada uma alternativa ecológica não destrutiva (Amaral et al., 2017; Majid et al., 2015; Chemat et al., 2011).

Quando aplicada por longos períodos, pode afetar a conformidade das proteínas uma vez que, as ondas ultrassônicas são responsáveis por quebrar as cadeias polipeptídicas entre os aminoácidos, devido a processos de cavitação que provocam desordem nas células, o que, conseqüentemente, trará impacto no aumento da eficiência da inativação enzimática (Fig.1.2) (Chemat et al., 2011; Xiao et al., 2017).



**Figura 1.2** - Mecanismo desencadeado pela aplicação de ultrassons numa célula. Adaptado de Chemat et al. (2011).

Os fenômenos de cavitação ocorrem devido à passagem das ondas de ultrassons num líquido, fazendo com que haja regiões de compressão e rarefação (Fig. 1.3), respetivamente, pressão positiva e pressão negativa. Esta pode-se dividir em cavitação transitória, quando num ciclo acústico as bolhas de ar se formam durante a rarefação e colapsam no decorrer da compressão originando micro-jactos, ou estável, quando as bolhas crescem moderadamente durante cada ciclo rarefação-compressão. A cavitação estável ocorre quando a intensidade dos ultrassons é relativamente baixa (Faustino, 2013).



**Figura 1.3** - Fenómeno de cavitação durante o processamento com ultrassons. Adaptado de Khan et al. (2018).

Um dos grandes objetivos da utilização destes tratamentos combinados é a manutenção e preservação do valor nutricional e das características organolépticas, nomeadamente, cor, textura e sabor, sem a utilização dos conservantes correntemente utilizados. Recentemente, a utilização destes tratamentos combinados tem demonstrado eficácia na redução da carga microbiana inicial, bem como na manutenção da cor (Chemat et al., 2011; Xiao et al., 2017).

Em resolução, a utilização de ultrassons pode ser combinada com calor (termossonicação), pressão (manossonificação), ou ambos, calor e pressão (manotermossonicação), de modo a melhorar a eficiência do processo, diminuindo o tempo de processamento e o consumo energético, não afetando as propriedades dos alimentos (Chemat et al., 2011; Faustino, 2013).

### 1.2.3. Branqueamento combinado com ultrassons

A termossonicação pode ser realizada utilizando um branqueamento tradicional em simultâneo com ondas de ultrassons, o que possibilita a diminuição da intensidade e duração do tratamento térmico, reduzindo assim as desvantagens associadas à ação do calor e, além disso, acelerar a taxa de esterilização nos alimentos (Awad et al., 2012).

A combinação destes dois tratamentos irá promover um aumento significativo da transferência de calor, sendo possível reduzir a severidade do tratamento térmico, contribuindo assim para a diminuição de perdas nutricionais, manutenção de cor e aumento da eficiência energética. Além disso, os ultrassons também irão provocar desordem nas células através de fenómenos de cavitação, o que também trará impacto no aumento da eficiência da inativação enzimática (Chemat et al., 2011; Faustino, 2013; Xiao et al., 2017).

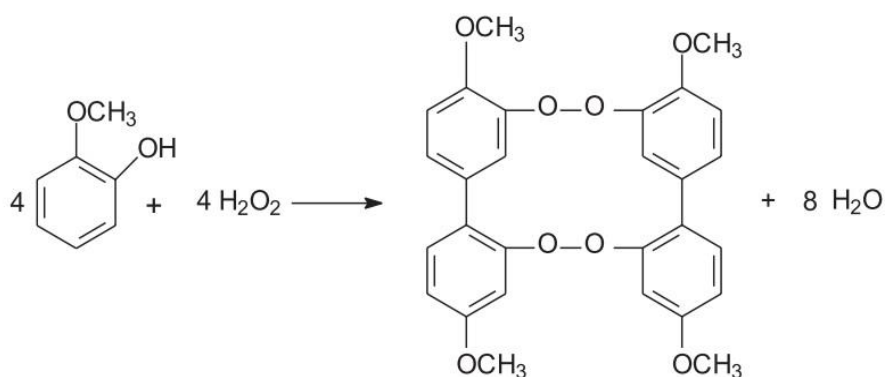
Após o processamento existem análises que são efetuadas de acordo com o produto processado com o objetivo de verificar a eficácia do mesmo. Em alimentos de origem vegetal algumas das correntemente utilizadas são a atividade enzimática específica, o pH, a textura, a cor, o total de compostos fenólicos e a atividade antioxidante (Xiao et al., 2017).

### 1.3. Enzima Peroxidase

A atividade enzimática é das principais causas da degradação alimentar e é promovida por enzimas como a peroxidase e polifenoloxidase. Uma vez que é fundamental aplicar um processamento alimentar que leve à inativação das enzimas responsáveis por esta ação, é necessário, posteriormente, verificar a sua eficácia. Para tal, dentro do grupo de enzimas responsáveis pela degradação dos alimentos é utilizada a determinação da atividade da peroxidase visto ser a mais estável à ação do calor, tornando-a um indicador viável (Cruz, 2011; Chemat et al., 2011).

A peroxidase (POD, EC 1.11.1.7.) é uma enzima que se pode encontrar em frutas e vegetais, capaz de catalisar inúmeras reações associadas à deterioração de alimentos frescos não branqueados. Pertence ao grupo das oxirredutases e é capaz de catalisar a decomposição do peróxido de hidrogénio na presença de um composto dador de hidrogénio ou a oxidação de fenóis e outros compostos aromáticos. Quando combinada com o peróxido de hidrogénio forma radicais livres que, posteriormente, irão reagir com alguns constituintes presentes no alimento, como o ácido ascórbico, os carotenoides e ácidos gordos. Estas reações promovem alterações indesejáveis no alimento, como mudanças de cor, nomeadamente, acastanhamento enzimático, e perdas de sabor e nutrientes (Cruz, 2011; Xiao et al., 2017).

Na determinação da atividade da peroxidase, geralmente, utiliza-se um método espectrofotométrico, em que é lida a absorvância de uma reação catalisada pela peroxidase. Nessa reação, o guaiacol, como substrato, reage com o peróxido de hidrogénio na presença da peroxidase formando o tetraguaiacol que apresenta coloração castanha alaranjada (Fig.1.4) (Bahçeci et al., 2005; Zeraik et al., 2008).



**Figura 1.4** - Esquema da reação de conversão do guaiacol e o peróxido de hidrogênio em tetraguaiacol (composto colorido) (Zeraik et al., 2008).

#### 1.4. Parâmetros de qualidade

Além da atividade enzimática específica existem outros parâmetros que são analisados após o processamento, de modo a determinar em que medida este pode afetar a qualidade do alimento. A qualidade de um alimento pode definir-se através de diversos parâmetros físico-químicos e microbiológicos. A textura e a cor são dos parâmetros indicadores de qualidade com maior impacto na ótica do consumidor, pois, influenciam a aceitação do produto, uma vez que estes se encontram diretamente relacionados com a qualidade do alimento (Xiao et al., 2017).

##### 1.4.1. Textura

De acordo com a norma ISO 11036:1994: “A textura são todos os atributos mecânicos, geométricos e de superfície de um produto, perceptíveis por meios mecânicos, tácteis e quando apropriado, por recetores visuais e auditivos”.

A determinação deste parâmetro é bastante importante na avaliação da qualidade do produto, desde a colheita ao consumidor, sendo que, em alimentos processados é uma das formas de controlar a qualidade do produto durante o processamento e, posterior armazenamento, visto que a aplicação de um processamento alimentar leva, geralmente, a alterações de textura (Chen & Opara, 2013).

As análises de textura mais utilizadas são as instrumentais, pois, apresentam custos inferiores para as entidades, promovem a redução da variabilidade de resultados, aumentam a precisão dos mesmos e, além disso, possibilitam a sua standardização. Estas podem ser divididas em metodologias destrutivas ou não destrutivas dependendo das características do produto a analisar. Nas destrutivas, normalmente, a medição da textura fornece dados de deformação do produto num período devido à força-tempo ou deslocamento de força, permitindo analisar através da aplicação de uma força diversos atributos relacionados com a textura. Inseridos nos destrutivos podem-se enumerar de acordo com a força aplicada e modo de aplicação da mesma os testes de tensão, compressão, extrusão e penetração (Chen & Opara, 2013; Cruz, 2011).

O teste de penetração permite determinar a firmeza, indicador de maturação em frutas e vegetais que determina a aceitabilidade do produto por parte do consumidor, é de fácil execução e pode ser aplicado em alimentos sólidos, apresentando apenas a desvantagem de ser um teste destrutivo (Chen & Opara, 2013).

#### 1.4.2. Cor

A cor de um alimento é determinada por pigmentos, compostos químicos, que apresentam a capacidade de absorver luz na gama do visível do espectro eletromagnético (380-750 nm). As frutas e os vegetais apresentam diversos pigmentos naturais como as antocianinas, os carotenoides, as betalainas e as clorofilas, que determinam características sensoriais e nutricionais dos alimentos.

Os pigmentos naturais podem ser divididos, de acordo com a sua estrutura química, em tetrapiroles (clorofila), carotenoides ( $\beta$ -caroteno), flavonóides (antocianinas), compostos fenólicos (catequina) e heterocíclicos (betalainas) e têm demonstrado efeitos benéficos para a saúde do consumidor, pois, apresentam atividade antioxidante, anti-inflamatória e inibem o crescimento de células cancerígenas (Cruz, 2011).

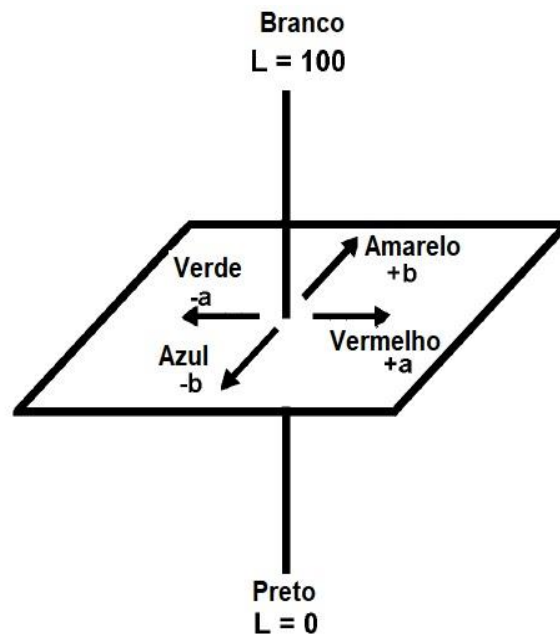
Este parâmetro de qualidade pode ser medido através de dois métodos distintos, o espectrofotométrico e o colorimétrico, sendo este último baseado nos princípios da reflexão da luz, responsável por medir através de um colorímetro as coordenadas de vários sistemas de quantificação de cor, utilizando iluminantes normalizados que simulam a luz do dia podendo medir espaços de cor distintos, como o XYZ, CIE *Lab*, CIE  $L^*C^*H^0$  e o Hunter *Lab* (Fig.1.5).

Dos diversos sistemas utilizados nesta determinação o Hunter *Lab* define as coordenadas L, a e b num vetor tridimensional que nos indica:

*L* – Luminosidade, varia entre o preto (0) e o branco (100);

*a* – Coordenada de cromaticidade que define o vermelho para valores positivos e verde para valores negativos;

*b* - Coordenada de cromaticidade que define o amarelo para valores positivos e azul para valores negativos.

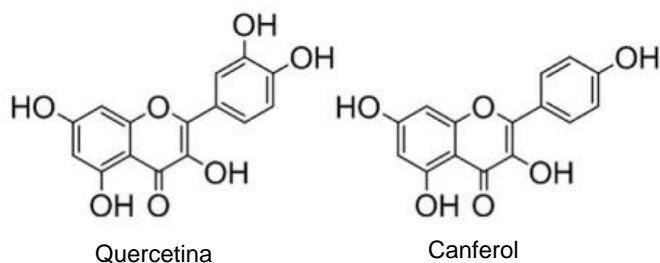
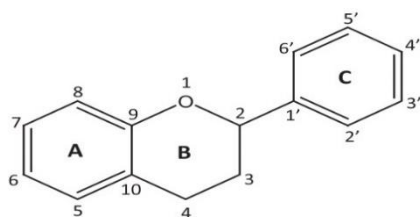


**Figura 1.5** - Esquema de espaço de cor Hunter Lab (HunterLAB, 1996).

### 1.4.3. Compostos fenólicos

Os compostos fenólicos são metabolitos secundários que desempenham um papel importante na cor, sabor e estabilidade oxidativa dos alimentos. São essenciais no crescimento e reprodução das plantas, uma vez que atuam como agentes anti-patogênicos em defesa aos ataques de pragas (Julião, 2013; Soares et al., 2008).

Estes podem ser divididos em flavonóides e não flavonóides. Os não flavonóides são compostos por ácidos fenólicos (ácidos hidroxibenzóicos e ácidos hidroxicinâmicos) e estilbenos, moléculas mais simples, e por moléculas mais complexas oligómeros, taninos e ligninas, os flavonóides, são mais estudados tendo já sido identificados mais de 9000 compostos, apresentam uma estrutura de dois anéis aromáticos, benzenos, (A e B) ligados a uma estrutura heterocíclica central, o pirano, (C) (Fig. 1.6). A partir da estrutura básica dos flavonóides formam-se subclasses que originam compostos como as flavonas, flavanonas, os flavanóis, diidroflavonóis e as antocianinas (Khan et al., 2018). Num estudo realizado por Qasim et al. (2017) foram enumerados vários compostos fenólicos presentes em espécies halófitas, entre eles, dois flavonóides, a quercetina e o canferol (Fig. 1.6).



**Figura 1.6** - Estrutura básica dos flavonóides incluindo quercetina e canferol, dois dos presentes em algumas espécies halófitas (Kumar, 2017; Qasim et al., 2017).

O consumo de alimentos que contenham estes compostos tem demonstrado efeitos benéficos para a saúde, particularmente, devido à atividade antioxidante, pois, estes apresentam a capacidade de reagirem com radicais livres formando radicais estáveis. Além disso, em diversos estudos, estes têm apresentado outros benefícios ao nível da prevenção de doenças degenerativas, devido às suas capacidades anti-inflamatórias, antioxidantes, anti-mutagênicas e anticancerígenas.

Deste modo, atualmente, existe um grande interesse em manter estes compostos nos alimentos, durante o processamento e armazenamento (Khan et al., 2018; Castro-Muñoz et al., 2016; Soares et al., 2008).

#### 1.4.4. Atividade antioxidante

Os antioxidantes são moléculas que apresentam a capacidade de diminuir a velocidade de oxidação nos alimentos, devido à captação e/ou formação de radicais livres. Embora se encontrem presentes naturalmente nos alimentos também podem ser adicionados intencionalmente, de modo a manter a qualidade, prevenindo-o de ações de deterioração como o ranço oxidativo (Julião, 2013; Ventura & Sagi, 2013; Shahidi & Zhong, 2015; Qasim et al., 2017).

Os efeitos inibitórios destas substâncias sobre os processos de oxidação podem ser realizados através de diversos mecanismos de ação, classificados em antioxidantes primários e secundários. Os tocoferóis e alguns compostos fenólicos são antioxidantes primários e atuam na inibição da reação de oxidação como doadores de hidrogénio ou radicais livres, levando à formação de radicais livres mais estáveis. Enquanto que, os antioxidantes secundários previnem e retardam a oxidação, eliminando os compostos que a promovem, incluindo iões metálicos, oxigénio singlete, enzimas pró-oxidativas e outros oxidantes e, além disso, também são capazes de atuar como doadores de hidrogénio, regenerando antioxidantes primários, decompondo hidroperóxidos em espécies não-radicaais ou absorvendo radiações UV de modo a proteger os lípidos da foto-oxidação (Shahidi & Zhong, 2015).

Deste modo, surge interesse em manter os compostos antioxidantes nos alimentos durante o processamento e armazenamento, não só devido à sua capacidade de ajudar na manutenção da qualidade do produto mas também devido aos benéficos que o seu consumo representa para a saúde do consumidor, principalmente na prevenção de doenças crónicas, associadas ao stress oxidativo, evitando deste modo o consumo e a utilização de antioxidantes sintéticos (Qasim et al., 2017).

### 1.5. Objetivos

Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi estudar o efeito da aplicação de um branqueamento combinado com ultrassons em diversos parâmetros físico-químicos da *Salicornia ramosissima*, concretamente, a atividade da enzima peroxidase, textura, cor, teor em compostos fenólicos totais e atividade antioxidante.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1. Amostragem

As amostras frescas de *S. ramosissima*, colhidas entre Janeiro e Maio de 2018, foram fornecidas pela empresa Agro-On, situada na região do Algarve, e selecionadas em peças com cerca de 6 cm de comprimento e 2,5 cm de diâmetro (Fig.2.7).



**Figura 2.7** - Seleção das amostras frescas de *Salicornia ramosissima* (imagem própria).

### 2.2. Processamento térmico combinado com ultrassons

As amostras (3 g) foram processadas em triplicado num Erlenmeyer com 100 mL de água destilada num banho termostatizado, Grant W14, a temperaturas específicas de branqueamento (75-98 °C) e com uma sonda de ultrassons com 13 cm de diâmetro, (Ultrasonic Homogenizer 4710 Series), a uma potência de 50 %, que corresponde a cerca de 125 W, frequência de 20 kHz, e a 1,5 cm de distância do fundo do Erlenmeyer. Este processamento de branqueamento combinado com ultrassons realizou-se para diferentes tempos e temperaturas, de acordo com a Tabela 2.1.

A motorização da temperatura foi realizada com um registador com um termopar, DL2, Delta T Devices Hanna. Para terminar cada processamento as amostras foram colocadas rapidamente diretamente num banho de água e gelo.

**Tabela 2.1** - Combinações tempo/temperatura.

<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Tempo (min)</b>				
75	0	2.5	3.5	5	7.5
80	0	1	2.5	3.5	5
85	0	0.5	1	2.5	5
90	0	0.25	0.5	2.5	5
98	0	0.17	0.25	0.5	1

## 2.3. Atividade enzimática – peroxidase

### 2.3.1. Preparação do extrato

Às diferentes amostras de *Salicornia ramosissima* adicionou-se 50 mL de solução tampão de fosfato de potássio (0,1 M; pH=6,5) e homogeneizou-se num Ultra-Turrax T25 Janke & Kunkel, durante cerca de 4 min a 8000 rpm.

As amostras foram posteriormente centrifugadas (Sigma 3 K20) a 10000 rpm, 4 °C durante 5 min. Após a centrifugação as amostras foram filtradas com papel de filtro (Prat-Dumas) e mantidas em gelo.

### 2.3.2. Determinação da atividade da peroxidase

A atividade enzimática total foi determinada colocando numa cuvete de vidro ( $l = 1$  cm) 120  $\mu$ L de extrato enzimático e 3,48 mL de solução substrato (preparada adicionando a 99,8 mL de solução tampão de fosfato de potássio, 0,1 M; pH=6,5, 0,1 mL de guaiacol e 0,1 mL peróxido de hidrogénio a 30 %). Posteriormente, o aumento da absorvância foi monitorizado num espectrofotómetro UV-Vis, Hitachi U-2000 a 470 nm em intervalos de 6 s.

A enzima peroxidase através da oxidação do guaiacol produz o tetraguaiacol, produto que a 470 nm tem como coeficiente de extração molar  $26,6 \text{ mM}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ , o que permitiu o cálculo da atividade enzimática. A atividade enzimática específica foi baseada num método reportado por Cruz et al. (2016), calculada pela razão da atividade da enzima e o teor de proteína, expressa em  $\mu\text{mol min}^{-1} \text{ mg proteína}^{-1}$ .

### 2.3.3. Determinação do teor de proteína

A determinação da proteína realizou-se através do método de Lowry (Lowry et al., 1951). Para a realização deste método preparou-se previamente uma solução de Albumina Sérica Bovina (BSA) (0,3 mg/100 mL) que se utilizou como padrão na realização da curva de calibração. Por fim, leram-se as absorvâncias a 540 nm num espectrofotómetro UV-Vis, Hitachi U-2000.

## 2.4. Determinação da textura

A textura das amostras frescas e processadas foi determinada através de um texturómetro LFRA Brookfield e com o software TexturePro Lite® em que se realizou um teste de penetração utilizando uma sonda (TA39) com 2 mm de diâmetro e 20 mm de comprimento. As condições utilizadas no teste relativamente à velocidade do teste, trigger point e target value foram, respetivamente, 0,5 mm/s, 6,8 g e 2 mm.

Esta análise efetuou-se com base na metodologia utilizada num estudo por Cruz et al. (2016) e realizada em triplicado para cada amostra fresca e processada, sendo que, foram efetuadas 10 medições para cada amostra.

## 2.5. Determinação da cor

A cor foi determinada com um colorímetro tristímulus Dr. Lange Spectro-colour através do sistema Hunter *Lab*, em que foram determinadas as coordenadas de *L*, *a* e *b*. O colorímetro foi posteriormente calibrado com uma placa negra ( $X=4,12$ ;  $Y=4,38$ ;  $Z=4,71$ ) e branca ( $X=84,60$ ;  $Y=89,46$ ;  $Z=93,85$ ), com o iluminante D65 e 10° de observador. Esta análise foi baseada num método utilizado por Cruz et al. (2007) e realizada em triplicado para cada amostra fresca e processada, sendo efetuadas 5 medições para cada amostra.

## 2.6. Compostos fenólicos totais

### 2.6.1. Preparação do extrato

Para efetuar a extração preparou-se uma solução de etanol a 70 % (70:30), desta solução adicionou-se 50 mL a cada 3 g de amostra que, posteriormente, foram homogeneizadas com um Ultra-Turrax (T25-Janke and Kunkel), durante aproximadamente 4 min.

Após homogeneizadas as amostras foram sujeitas a uma centrifugação numa centrífuga Sigma K320 a 10000 rpm 4 °C durante 5 min e, posteriormente, a uma filtração do sobrenadante com um filtro (Prat-Dumas).

### 2.6.2. Determinação dos compostos fenólicos totais

Os compostos fenólicos presentes no extrato foram determinados por espectrofotometria com um espectrofotómetro UV-Vis, Hitachi U-2000 através do método Folin-Ciocalteu, reportado por Bilgin e Şahin (2013).

Neste método adicionou-se a 10 µL de extrato, 190 µL de água destilada, 1 mL de reagente de Folin-Ciocalteu e 800 µL de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (Carbonato de Sódio) a 7,5 %, e levou-se a incubar à temperatura ambiente durante 30 min.

Posteriormente, a absorvância foi lida a 760 nm e a concentração de compostos fenólicos totais foi expressa em mg de ácido gálico por grama de *Salicornia ramosissima* (mg EAG g<sup>-1</sup>). A curva de calibração foi calculada utilizando ácido gálico em concentrações entre 0,0016 e 1 mg/mL.

## 2.7. Atividade antioxidante (ABTS)

A atividade antioxidante determinou-se por um método reportado por Sevim e Tuncay (2013). Inicialmente formou-se o radical ABTS<sup>•+</sup>, reagindo uma solução de ABTS (7 mM) (Ácido 2,2-azino-bis (3-etilbenzotiazolino-6-sulfônico)) com persulfato de potássio (2,45 mM) que se levou a incubar na ausência de luz e à temperatura ambiente durante 12-16h. Após esse tempo, a solução foi diluída em etanol até à obtenção de uma solução com absorvância de 0,70 (± 0,020) a 734 nm.

A 2000 µL da solução contendo o radical ABTS<sup>•+</sup> foram adicionados 150 µL da amostra e determinou-se a absorvância a 734 nm com um espectrofotômetro UV-Vis, Hitachi U-2000, após 15 minutos de reação.

Na realização da curva de calibração utilizou-se o reagente Trolox em concentrações 0-0,650 mM, que é um antioxidante derivado da vitamina C, equivalente à solução que contem o radical ABTS<sup>•+</sup>. Os resultados foram expressos em AAET (atividade antioxidante equivalente ao Trolox) em µmol AAET por grama de *Salicornia ramosissima*.

## 2.8. Tratamento de resultados

No tratamento dos resultados os valores das amostras para cada parâmetro foram normalizados dividindo os valores de cada amostra pela média dos valores da amostra fresca do dia de processamento. Deste modo, para a atividade enzimática considerou-se "C<sub>0</sub>" para a amostra em fresco e "C" para a amostra processada. Esta analogia foi utilizada para todos os outros parâmetros analisados determinando "T<sub>0</sub>" e "T" para a textura, "L<sub>0</sub>", "a<sub>0</sub>" e "b<sub>0</sub>" e, respectivamente, "L", "a" e "b", para as diferentes coordenadas de cor, "CFT<sub>0</sub>" e "CFT", para o teor em compostos fenólicos totais e "AAOX<sub>0</sub>" e "AAOX" para a atividade antioxidante.

## 2.9. Análise estatística

Os dados experimentais foram tratados com o software IBM SPSS – Statistics Product and Service Solutions versão 24. Foi efetuada uma análise de variância (ANOVA) para detetar diferenças significativas entre as amostras. O nível de significância utilizados foi de 0,05. Foi utilizado também o método da diferença mínima significativa (LSD) para detetar qual ou quais o (s) par/pares de amostras que apresentavam diferenças significativas.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste trabalho determinaram-se diversos parâmetros de qualidade na *S. ramosissima*, em fresco, e após processado, o que possibilitou verificar e comparar as alterações no alimento após a aplicação de um branqueamento combinado com ultrassons.

Na Tabela 3.2 encontram-se os valores de referência das amostras frescas relativamente aos parâmetros de qualidade analisados, atividade enzimática, textura, parâmetros de cor, compostos fenólicos e atividade antioxidante.

**Tabela 3.2** - Parâmetros de qualidade avaliados - Valores de referência em amostras frescas (os valores apresentados são correspondentes à média  $\pm$  desvio padrão).

Parâmetros	Valores de referência
Atividade da peroxidase ( $\mu\text{mol min}^{-1} \text{mg prote\acute{a}na}^{-1}$ )	60,34 $\pm$ 12,15
Textura (g)	276,88 $\pm$ 21,38
Cor	
<i>L</i>	35,53 $\pm$ 3,44
<i>a</i>	-3,02 $\pm$ 0,58
<i>b</i>	5,74 $\pm$ 1,33
Compostos fenólicos totais (mg EAG $\text{g}^{-1}$ )	0,39 $\pm$ 0,26
Atividade antioxidante ( $\mu\text{mol AAET g}^{-1}$ )	4,73 $\pm$ 1,17

No trabalho realizado por Bertoša (2018) em que amostras de *Salicornia ramosissima* foram branqueadas através de um tratamento apenas com imersão em água verificou-se valores nas amostras frescas de atividade enzimática ( $105,48 \pm 13,83 \mu\text{mol min}^{-1} \text{mg prote\acute{a}na}^{-1}$ ) e textura ( $376,09 \pm 85,75 \text{ g}$ ), mais elevados comparativamente aos obtidos neste trabalho. Quanto ao teor em compostos fenólicos totais e à atividade antioxidante, apresentaram-se inferiores,  $1,07 \pm 0,11 \text{ mg EAG g}^{-1}$  e  $9,57 \pm 0,87 \mu\text{mol AAET g}^{-1}$ , respetivamente. Já os resultados obtidos relativamente aos parâmetros de cor *L*, *a* e *b*, assemelham-se aos obtidos no estudo anteriormente referido,  $29,59 \pm 0,56$ ,  $-3,20 \pm 0,31$  e  $4,70 \pm 0,68$ , o que reflete a cor verde característica das amostras de *S. ramosissima*.

Estas diferenças poderão estar relacionadas com fatores genéticos, climatéricos, e ainda com práticas agrícolas a que a planta esteve sujeita durante o seu ciclo de reprodução (Isca, 2013; Nunes et al., 2002).

### 3.1. Atividade enzimática – peroxidase

A atividade enzimática é uma das principais causas da degradação em alimentos frescos sendo um dos objetivos desta aplicação, branqueamento combinado com ultrassons, eliminá-la, pelo menos, a 90 %, de modo a manter a qualidade do produto.

Na figura seguinte (Fig. 3.8) encontra-se representado o efeito deste tratamento sobre a atividade da peroxidase em que se pode observar uma diminuição significativa ( $p < 0,05$ ) entre os diferentes tempos e temperaturas de processamento, pois, quanto maior a intensidade e duração do tratamento maior a eficácia do mesmo na redução da atividade enzimática. Sendo o tratamento responsável por provocar alterações na conformação da enzima, nomeadamente, na estrutura terciária e centro ativo, irá afetar as ligações enzima-substrato e, conseqüentemente, a eficácia do seu funcionamento (Chemat et al., 2011).

Quando aplicada uma temperatura de 75 °C pode-se verificar uma diminuição significativa ( $p < 0,05$ ) da atividade da peroxidase quanto maior o tempo de processamento, maior a inativação. Utilizando um tempo de processamento de 2,5 min a atividade reduziu em cerca de 34 %, significativamente inferior ( $p < 0,05$ ) à redução quando aplicada uma temperatura de 80 °C durante o mesmo período de tempo, 81 %.

Ainda relativamente à temperatura de 80 °C, verificou-se um decréscimo até ao tempo de processamento, 2,5 min, no entanto, nos tempos realizados posteriormente, 3,5 e 5 min, houve uma tendência para a atividade estabilizar, limitando o decréscimo a cerca de 81 %.

Comparando o processamento a 85 °C, 0,5 min com 80 °C, 1 min pode observar-se que um aumento de temperatura de 5 °C permitiu diminuir o tempo de processamento para metade, visto que, a diminuição da atividade da peroxidase é semelhante em ambas as aplicações, respetivamente 68 % e 63 %.

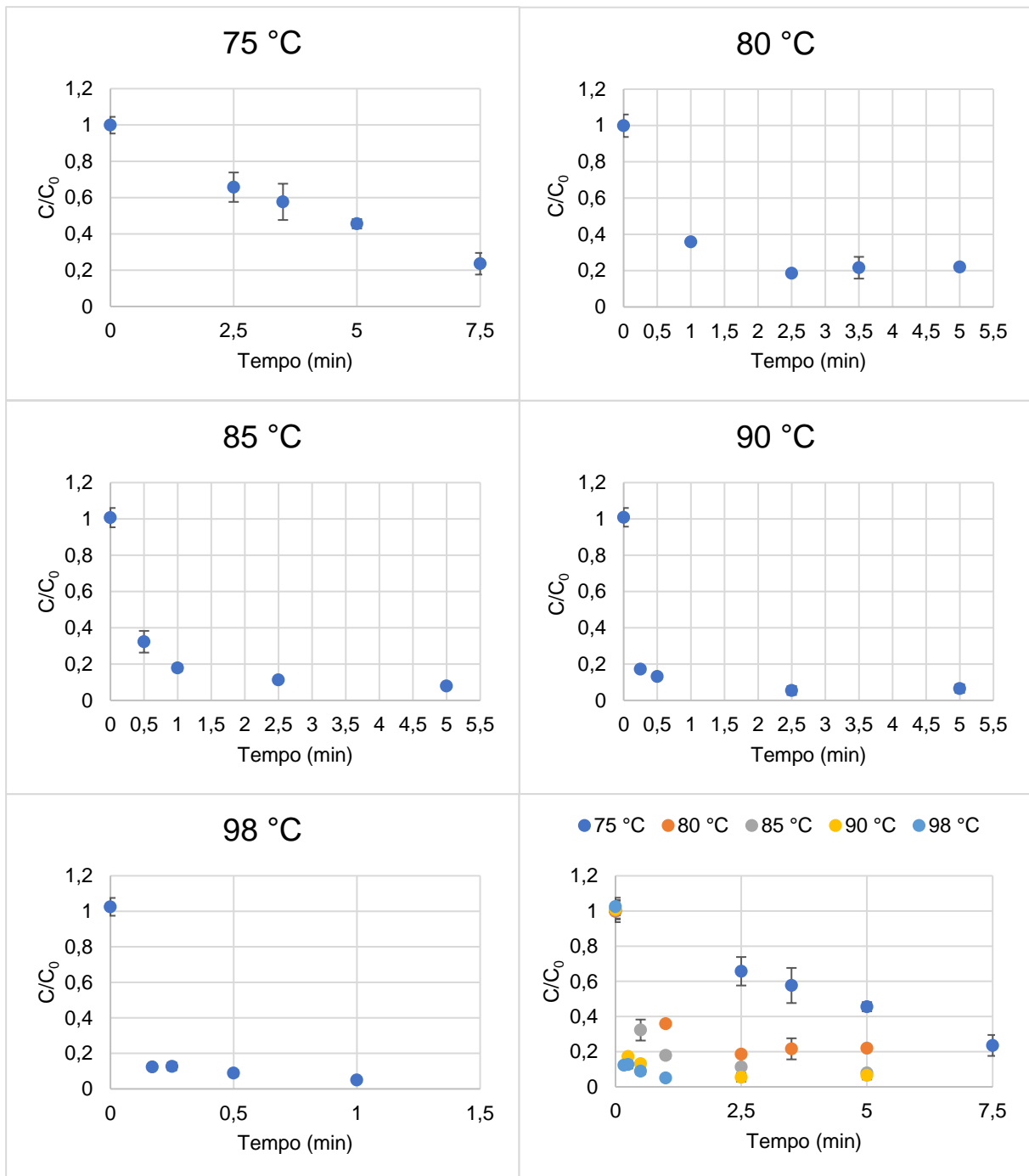
Na aplicação deste tratamento a temperaturas superiores, nomeadamente, 90 °C e 98 °C não se verificou diferenças significativas ( $p > 0,05$ ). No entanto, uma vez que o processamento visa uma redução de, pelo menos, 90 % da atividade enzimática, com a utilização destas temperaturas foi possível reduzi-la a uma percentagem superior. quando aplicada uma temperatura de 85 °C, 5 min, 90 °C, 2,5 e 5 min e 98 °C 0,5 e 1 min (Anexos I e II; Tabelas 6.3 e 6.5-6.7).

Comparando um estudo realizado por Cruz et al. (2006) em folhas de agrião, com a aplicação deste tratamento à temperatura de 85 °C durante 1 min na *Salicornia ramosissima*, pode-se verificar que a redução da atividade enzimática variou cerca de 10 % entre os dois produtos, sendo superior a 80 % quando aplicada nesta halófita o que também vem comprovar, como descrito anteriormente, que a capacidade de penetração das ondas de ultrassons varia de acordo com as características do alimento a processar (Amaral et al., 2017; Majid et al., 2015; Chemat et al., 2011).

Este comportamento também se pode verificar comparando os resultados obtidos no trabalho realizado por Bertoša (2018) sobre o efeito da aplicação de um branqueamento tradicional na qualidade da *Salicornia ramosissima*, pois, enquanto que com a aplicação de um branqueamento tradicional reduziu-se cerca de 90 % da atividade enzimática a uma temperatura de 85 °C durante 15 min, com a aplicação de ultrassons foi possível diminuir o tempo de processamento a 5 min atingindo-se o mesmo objetivo.

Já em aplicações a temperaturas superiores a redução do tempo de processamento é inferior, sendo a atividade reduzida a 91 % com a aplicação de um branqueamento a 98 °C, 1 min e com ultrassons a 95 %, à mesma temperatura, tempo de processamento inferior, 0,5 min.

Estas considerações vêm reforçar o facto do tratamento combinado permitir a diminuição do tempo de processamento, uma vez que, a utilização dos ultrassons promove um aumento significativo das transferências de calor possibilitando assim a diminuição da severidade do tratamento térmico, permitindo a redução dos efeitos causados na qualidade do produto (Chemat et al., 2011; Faustino, 2013; Xiao et al., 2017).



**Figura 3.8** - Efeito de um branqueamento combinado com ultrassons na atividade da enzima peroxidase (os valores apresentados são correspondentes à média  $\pm$  desvio padrão).

Neste caso, analisou-se a textura, cor, teor em compostos fenólicos totais e atividade antioxidante de modo a verificar qual a aplicação de tempo/temperatura que seria capaz de reduzir, pelo menos, 90 % da atividade enzimática, permitindo manter a qualidade do alimento.

### 3.2. Textura

Na seguinte figura (Fig.3.9) encontram-se representados os resultados do efeito de um branqueamento combinado com ultrassons sobre a textura do alimento em que se pode verificar um aumento de firmeza para temperaturas de processamento mais elevadas, tempos mais curtos.

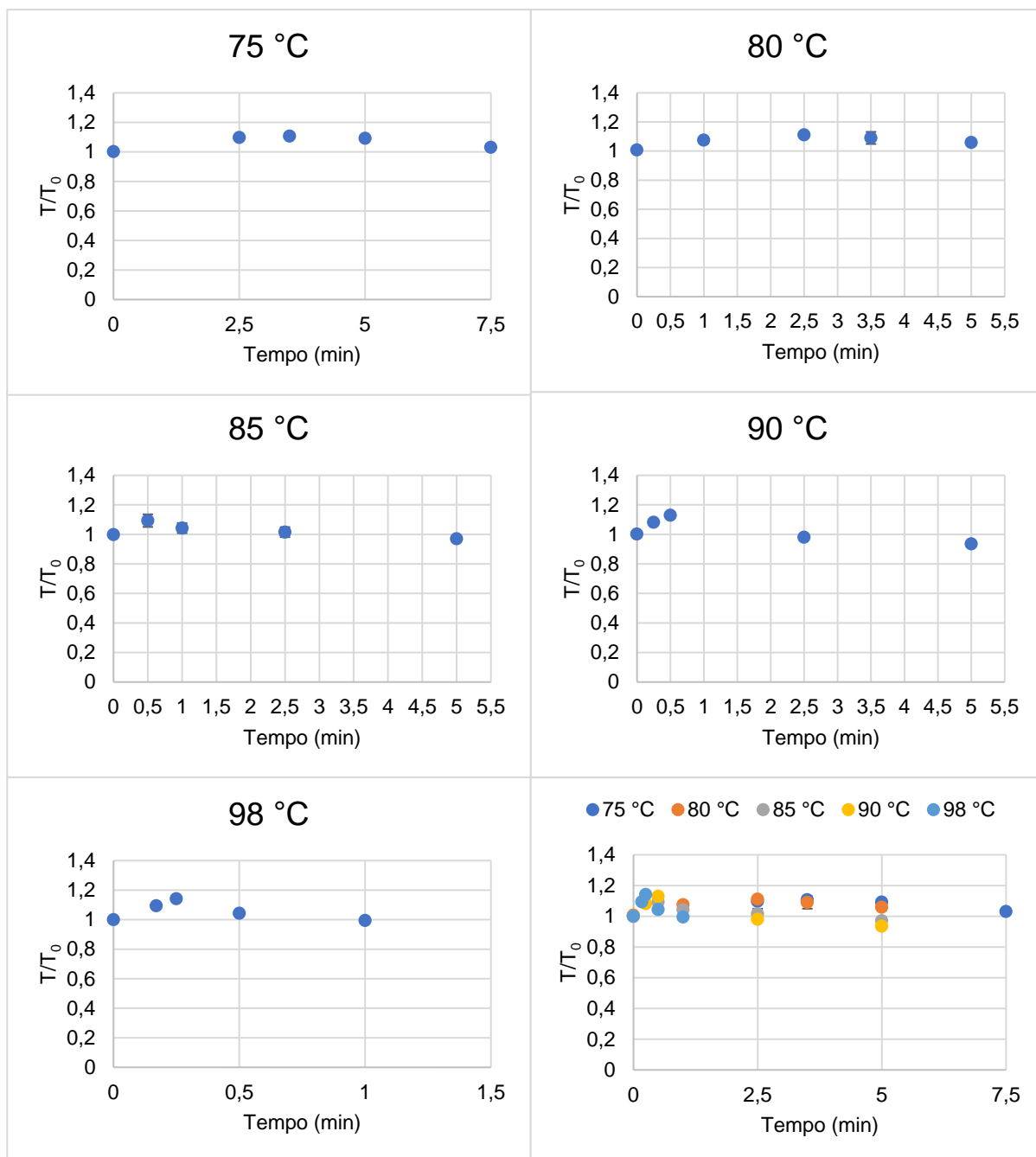
Na aplicação de um tratamento a temperaturas inferiores, nomeadamente, 75 °C e 80 °C não houve diferenças significativas ( $p>0,05$ ), verificando-se o mesmo comportamento para ambas, a firmeza do alimento aumentou ligeiramente nos primeiros tempos de processamento, até 10 %, voltando, posteriormente, a aproximar-se do valor da amostra fresca quanto maior o tempo de processamento.

Comparando o tratamento a 80 °C e a 85 °C pode-se verificar diferenças significativas entre temperaturas. Graficamente também foi possível observar um aumento de textura idêntico para 80 °C, 1 min e 85 °C, 0,5 min. Além disso, numa aplicação a 85 °C a aproximação aos valores da amostra fresca inicia a partir de 1 min de processamento, mais rápida do que na aplicação a 80 °C.

Entre temperaturas mais elevadas de processamento, 90 °C e 98 °C verificou-se diferenças significativas ( $p<0,05$ ). Neste caso os valores de textura aumentaram nos dois primeiros tempos de processamento, entre 13 e 14 %, respetivamente, diminuindo nos tempos seguintes e mais rápido para a temperatura de 98 °C (Anexos I e III; Tabelas 6.3 e 6.8-6.10).

Noutro trabalho já realizado em folhas de couve portuguesa verificou-se a mesma tendência, ou seja, nos primeiros tempos de processamento, a temperaturas entre 80-95 °C a firmeza das amostras aumentou comparativamente aos valores do alimento não processado, diminuindo progressivamente a textura com o aumento do tempo de processamento (Cruz et al., 2016).

Na aplicação de um branqueamento tradicional nas amostras de *Salicornia ramosissima*, trabalho realizado por Bertoša (2018), também se pode verificar o mesmo comportamento, um ligeiro aumento de firmeza do alimento com a aplicação a temperaturas mais elevadas, 90 °C e 98 °C, tempos mais curtos, bem como, uma diminuição para tempos mais longos de processamento.



**Figura 3.9** - Efeito de um branqueamento combinado com ultrassons na textura (os valores apresentados são correspondentes à média  $\pm$  desvio padrão).

Estas alterações de textura ocorrem, por um lado, devido a mudanças químicas desencadeadas durante o tratamento, como a solubilização e a despolimerização de polissacarídeos pécicos que afetam os constituintes da parede celular levando, conseqüentemente, a alterações no alimento, nomeadamente, ao amolecimento. Por outro lado, a utilização deste tratamento irá promover a entrada de água no interior da planta originando um aumento de textura quando utilizados tempos de processamento mais curtos (Cruz et al., 2016).

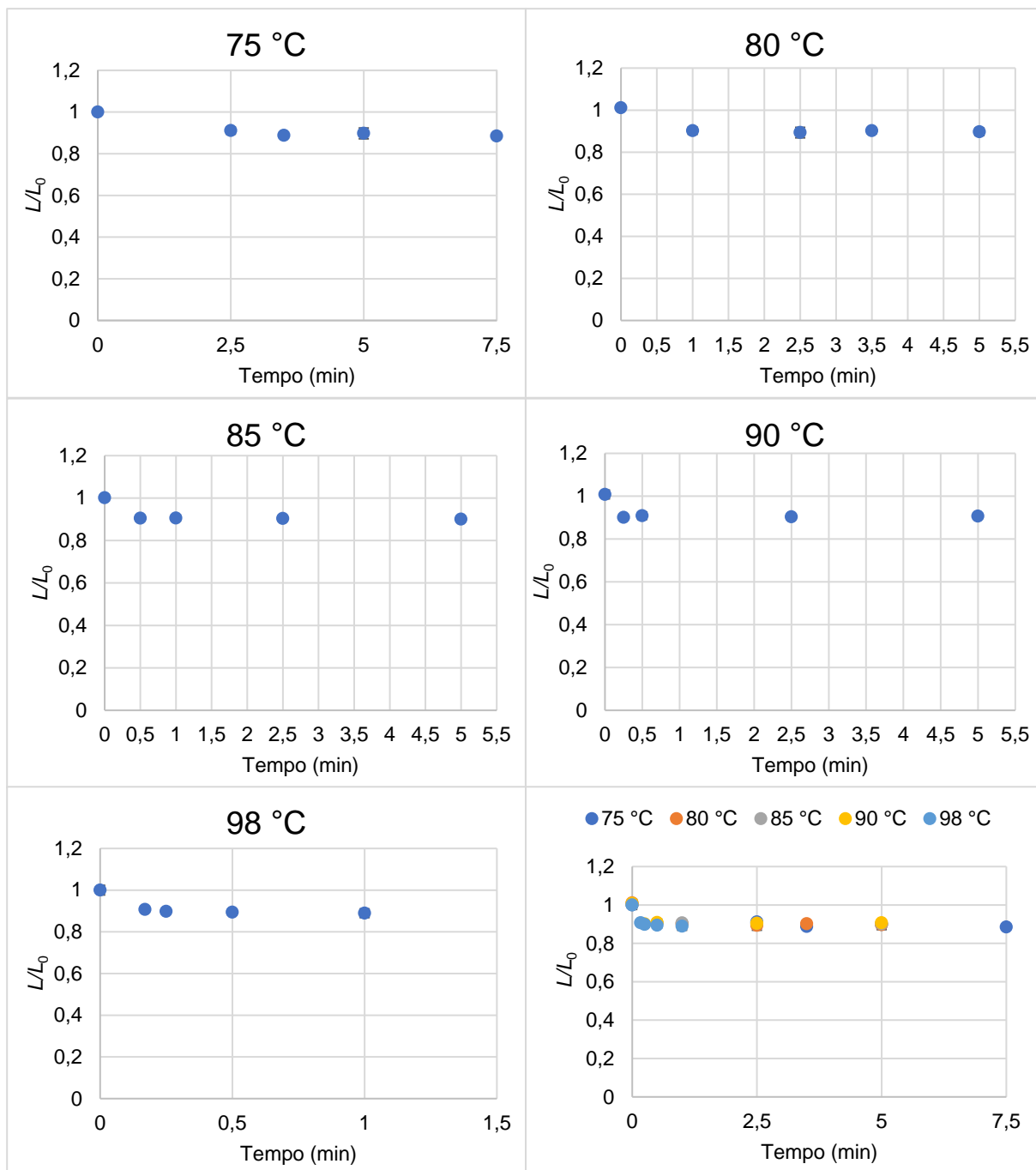
### 3.3. Cor

Nas figuras seguintes (Fig.3.10, 3.11 e 3.12) pode-se verificar o efeito da aplicação de um branqueamento combinado com ultrassons sobre a cor da *Salicornia ramosíssima*.

#### 3.3.1. Coordenada *L*

Relativamente à luminosidade (*L*) pode-se verificar na seguinte figura (Fig. 3.10) uma diminuição significativa ( $p < 0,05$ ) de luminosidade, cerca de 10 %, para todos os tempos e temperaturas de processamento, o que vem reforçar que, efetivamente, a aplicação de um tratamento térmico promove o escurecimento da cor inicial do produto devido, à saída de ar e gases da célula do espaço intracelular para o extracelular (Anexos I e IV; Tabelas 6.3 e 6.11-6.13).

Noutros trabalhos já realizados, especificamente, na aplicação de um branqueamento combinado com ultrassons em folhas de agrião e num branqueamento tradicional em *Salicornia ramosíssima*, respetivamente, por Cruz et al. (2007) e Bertoša (2018), verificou-se o mesmo comportamento relativamente a esta coordenada (*L*), diminuindo assim que efetuado o processamento.

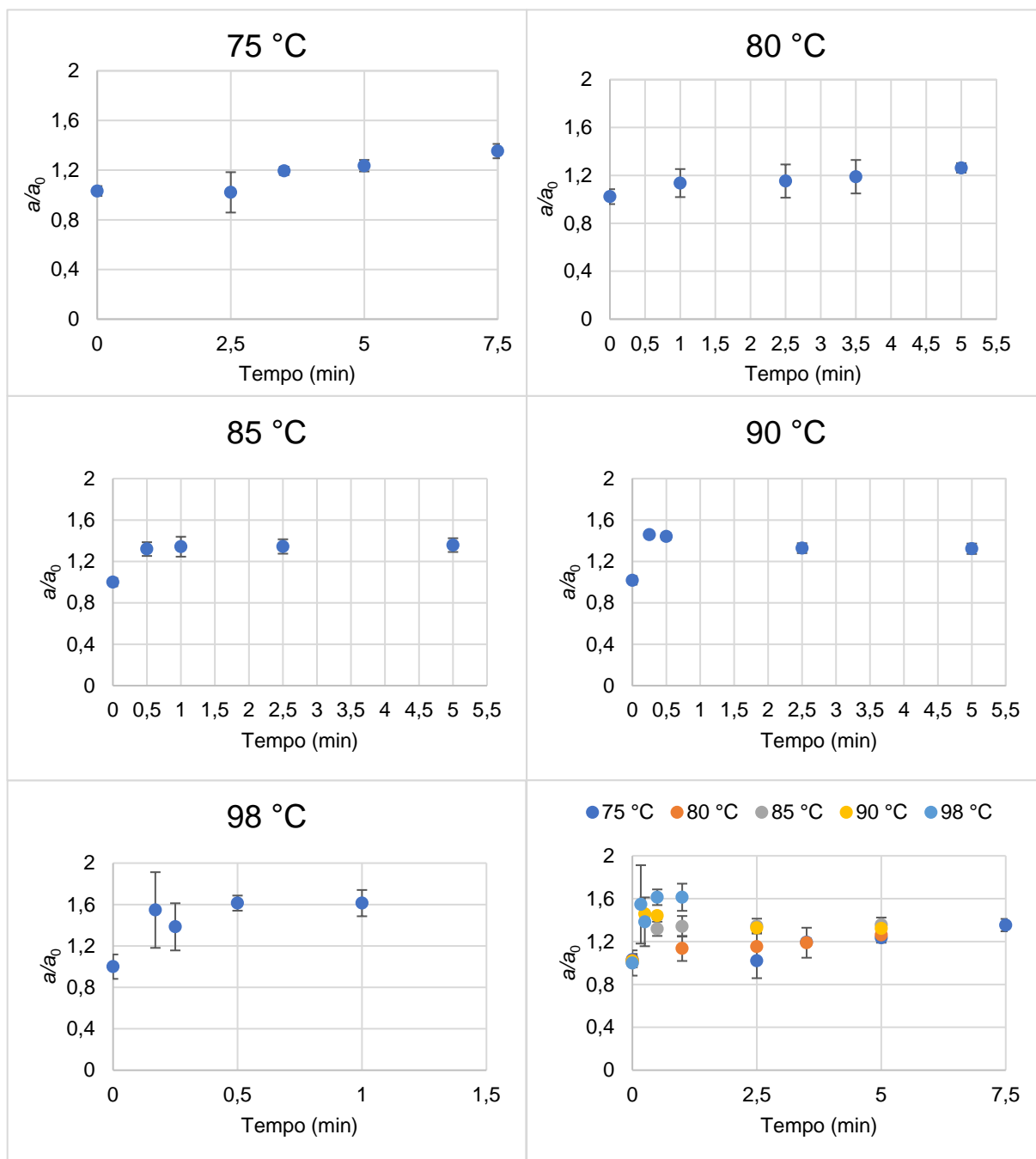


**Figura 3.10** - Efeito de um branqueamento combinado com ultrassons na coordenada de cor  $L$  (os valores apresentados são correspondentes à média  $\pm$  desvio padrão).

### 3.3.2. Coordenada $a$

Na figura seguinte (Fig.3.11) pode-se verificar um aumento significativo desta coordenada de acordo com o tempo e temperatura de processamento.

Quando aplicada uma temperatura de 75 °C verificou-se um aumento gradual deste parâmetro de cor com o tempo de processamento, tendência que também ocorreu na aplicação a 80 °C, não existindo deste modo diferenças significativas ( $p > 0,05$ ) entre ambas.



**Figura 3.11** - Efeito de um branqueamento combinado com ultrassons na coordenada de cor  $a$  (os valores apresentados são correspondentes à média  $\pm$  desvio padrão).

A temperaturas mais elevadas, particularmente, de 85 °C, 90 °C e 98 °C esta coordenada apresentou valores mais elevados, podendo-se verificar para as duas primeiras temperaturas referidas, 85 °C e 90 °C, uma subida no primeiro tempo de processamento de 32 % e 46 %, respetivamente, para 0,5 e 0,25 min diminuindo posteriormente para tempos mais longos de processamento, ainda que acima da amostra não processada.

Já à temperatura mais alta, 98 °C, ainda que com alguma variação nos dois primeiros tempos de processamento foi possível obter uma amostra cerca de 60 % mais verde (Anexos I e V; Tabelas 6.3 e 6.14-6.16).

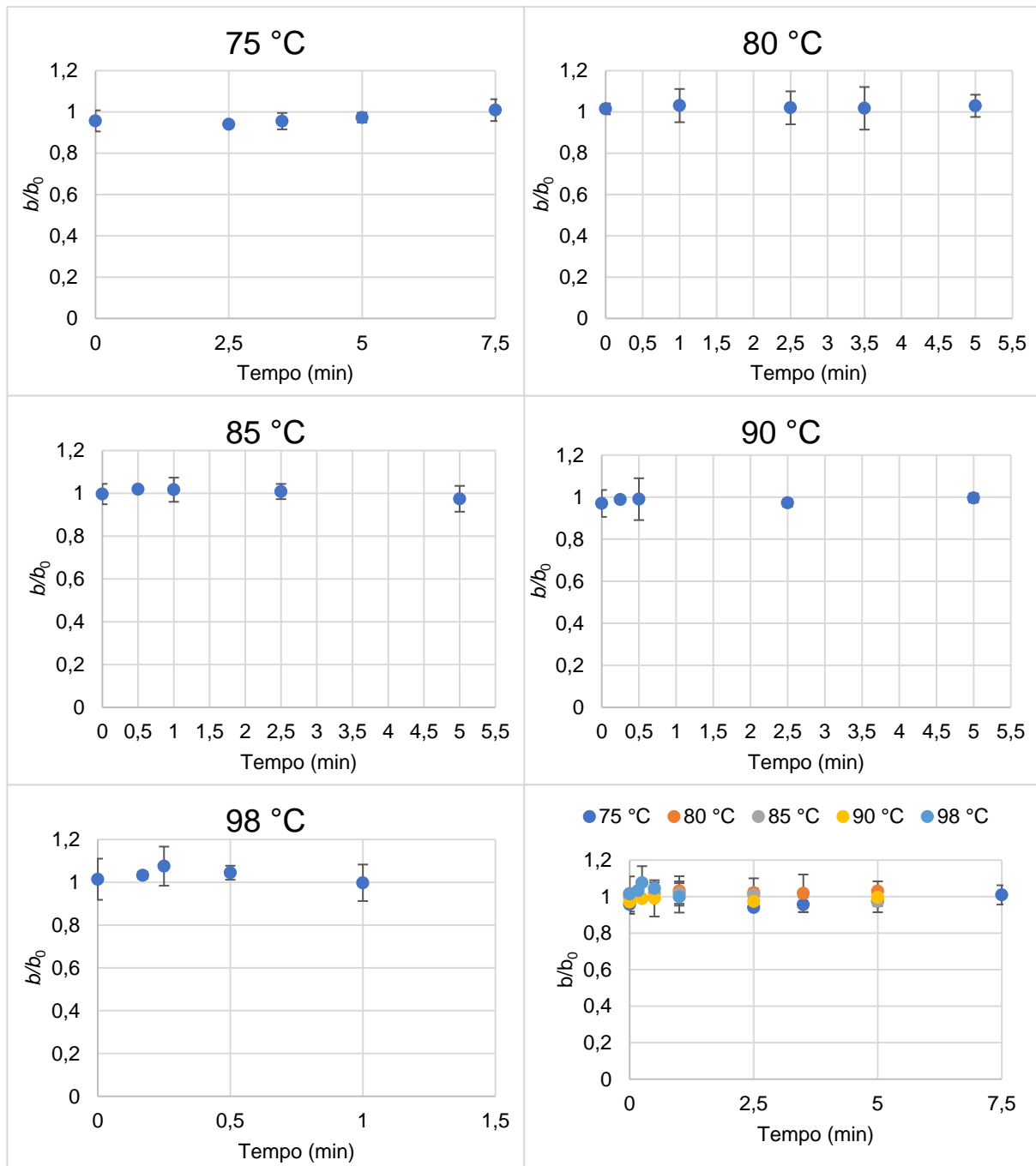
Como referido anteriormente, as trocas entre solutos e água do meio extracelular para o intracelular e a saída de gases da células irá promover também um aumento deste parâmetro de cor, tornando o alimento mais verde (Tijsskens, Schijvens & Biekman, 2001).

Comparando este tratamento com outro realizado por Bertoša (2018) em que não houve aplicação de ultrassons, na mesma espécie halófito, verificou-se que, para a mesma temperatura de processamento, 75 °C, houve um aumento até 13 % durante 20 min de tratamento, acoplado as ondas de ultrassons, durante 5 min este parâmetro sofreu um aumento de 35 %. Deste modo, é possível reduzir a aplicação em 15 min à mesma temperatura aumentando a cor verde em mais 22 %. Esta distinção verifica-se também para outras temperaturas, pois, na aplicação de uma temperatura mais elevada, 98 °C, com a utilização de ultrassons este parâmetro aumentou até 61 % enquanto que, sem esta aplicação, o aumento foi inferior em 13 % (48 %). No entanto, embora que em percentuais distintos, a tendência verificada nos dois tratamentos para este parâmetro (a), foi semelhante, pois, após o processamento, para todas as temperaturas e tempos os valores aumentaram no início e, com o decorrer do tempo de processamento foram diminuindo ainda que, mais elevados relativamente à amostra em fresco, ou seja, a cor aproximou-se de um tom ainda mais verde do que no alimento em fresco.

Noutro estudo realizado anteriormente por Cruz et al. (2007) a aplicação deste tratamento em folhas de agrião também levou ao aumento desta coordenada de cor, inclusive, quando comparada à utilização de um branqueamento tradicional com a aplicação de um combinado com ultrassons.

### 3.3.3. Coordenada $b$

Relativamente ao efeito deste tratamento na coordenada de cromaticidade  $b$ , pode-se verificar na figura seguinte (Fig.3.12), que, apesar da existência de uma pequena variabilidade, após o processamento, para todas as temperaturas e tempos, este parâmetro não apresentou diferenças significativas ( $p>0,05$ ) (Anexos I e VI; Tabelas 6.3 e 6.17-6.19).



**Figura 3.12** - Efeito de um branqueamento combinado com ultrassons na coordenada de cor  $b$  (os valores apresentados são correspondentes à média  $\pm$  desvio padrão).

Noutros trabalhos referidos anteriormente, Cruz et al. (2007 e 2016) e Bertoša (2018), em que se aplicou um processamento alimentar sobre vegetais de cor verde também não se verificaram alterações aparentes neste parâmetro de cor, uma vez que, apenas define cores entre o amarelo e azul, neste caso, não sofrerá alterações.

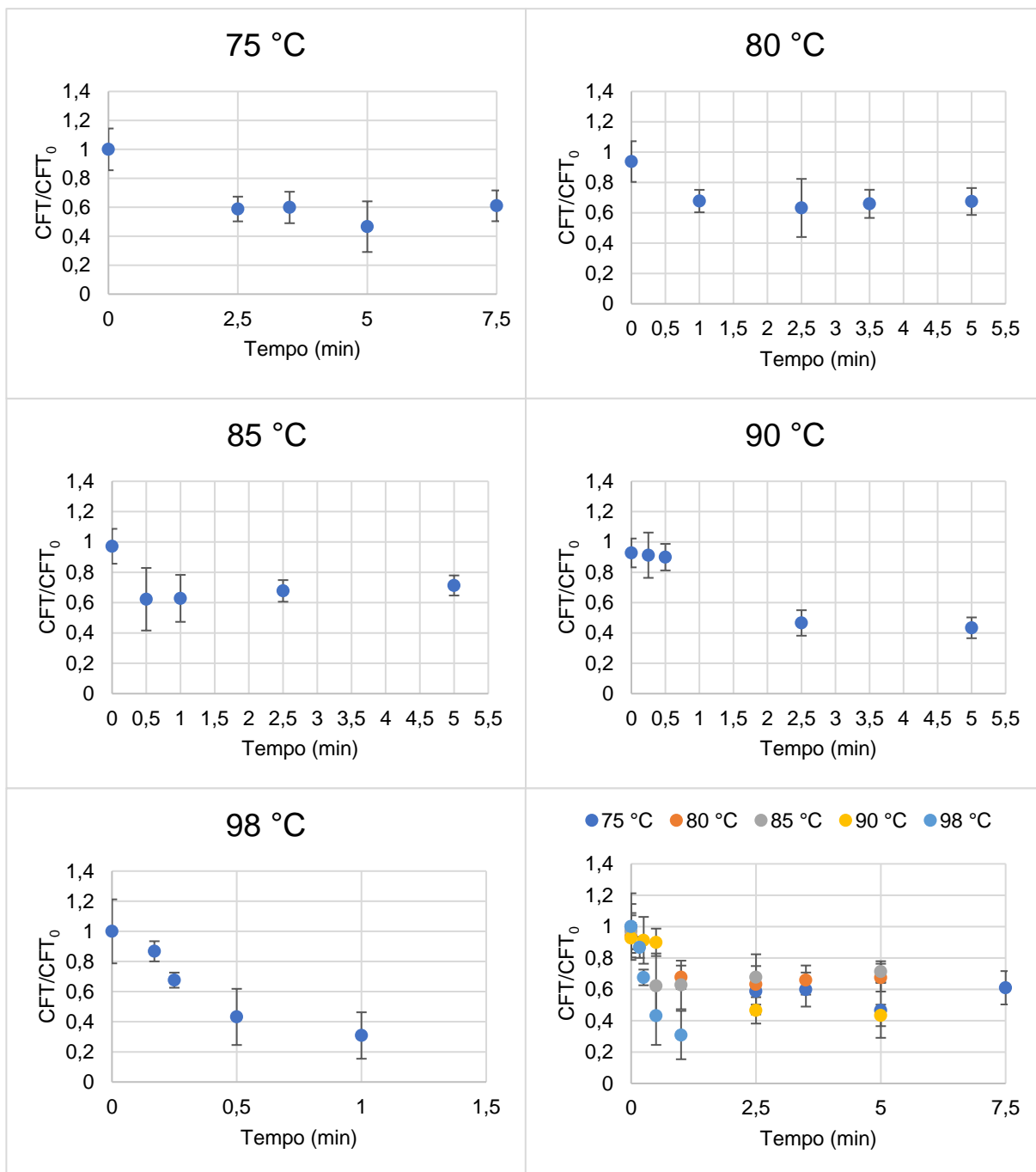
#### 3.4. Compostos fenólicos totais

Na figura seguinte (Fig.3.13) pode-se verificar que a temperatura e tempo de processamento promoveram uma diminuição significativa ( $p < 0,05$ ) do teor em compostos fenólicos totais da *Salicornia ramosissima*.

Efetuada um processamento a 75 °C, 80 °C, e 85 °C ainda que não se verifiquem diferenças significativas entre temperaturas ( $p > 0,05$ ), independentemente do tempo de processamento, o teor em compostos fenólicos diminuiu, em média, cerca de 40 %, para todos os tempos de processamento.

Relativamente à temperatura de 90 °C e para tempos de processamento mais curtos, 0,25 e 0,5 min o teor em compostos fenólicos totais manteve-se, diminuindo, praticamente, 50 % para tempos mais longos, 2,5 e 5 min. Para a temperatura de 98 °C houve uma diminuição gradual à medida que se aumentou o tempo de processamento. Confrontando a aplicação destas temperaturas para o mesmo tempo de processamento, 0,5 min, pode-se verificar que o aumento da temperatura levou a um decréscimo de, praticamente, 50 % do teor em compostos fenólicos totais (Anexos I e VII; Tabelas 6.4 e 6.20-6.22).

Segundo Xiao et al. (2017) a aplicação de um branqueamento tradicional durante 1 min a uma temperatura de 100 °C levou a uma degradação de compostos fenólicos totais em couve, espinafre e cebolinhas de, respetivamente, 26 %, 14 % e 13 %, redução média de quase 20 %. Não considerando as características estruturais de cada produto, neste caso, ao aplicar um branqueamento combinado com ultrassons durante 1 min a uma temperatura de 98 °C verificou-se uma diminuição de 70 % do teor em compostos fenólicos totais, degradação que pode estar de certo modo relacionada com a utilização de ultrassons, uma vez que, a sua utilização promove o aumento de transferência de calor e, além disso, desordem nas células devido aos processos de cavitação.



**Figura 3.13** - Efeito de um branqueamento combinado com ultrassons no teor em compostos fenólicos totais (os valores apresentados são correspondentes à média  $\pm$  desvio padrão).

Já num trabalho descrito anteriormente, realizado por Bertoša (2018), no processamento de *Salicornia ramosissima* pode-se verificar que na aplicação de um branqueamento tradicional às temperaturas de 75 °C, 80 °C e 85 °C houve uma degradação progressiva do teor em compostos fenólicos até cerca de 30 %, o mesmo não se verificou com a combinação de ultrassons, pois, neste caso, a degradação demonstrou-se ligeiramente superior, aproximadamente, 40 %, para todos os tempos de processamento.

Esta tendência também se observou a uma temperatura mais elevada, 98 °C, 1 min, em que a termossonicação possuiu maior impacto na degradação destes compostos promovendo uma redução, 50 % mais elevada comparativamente à aplicação do tratamento tradicional.

No entanto, a aplicação de ultrassons também demonstrou efeitos positivos na manutenção do conteúdo em compostos fenólicos, nomeadamente a uma temperatura de 90 °C durante 0,25 e 0,5 min e de 98 °C durante 0,17 min, comportamento que também se verificou noutro estudo realizado em sumo de manga por Amaral et al. (2017).

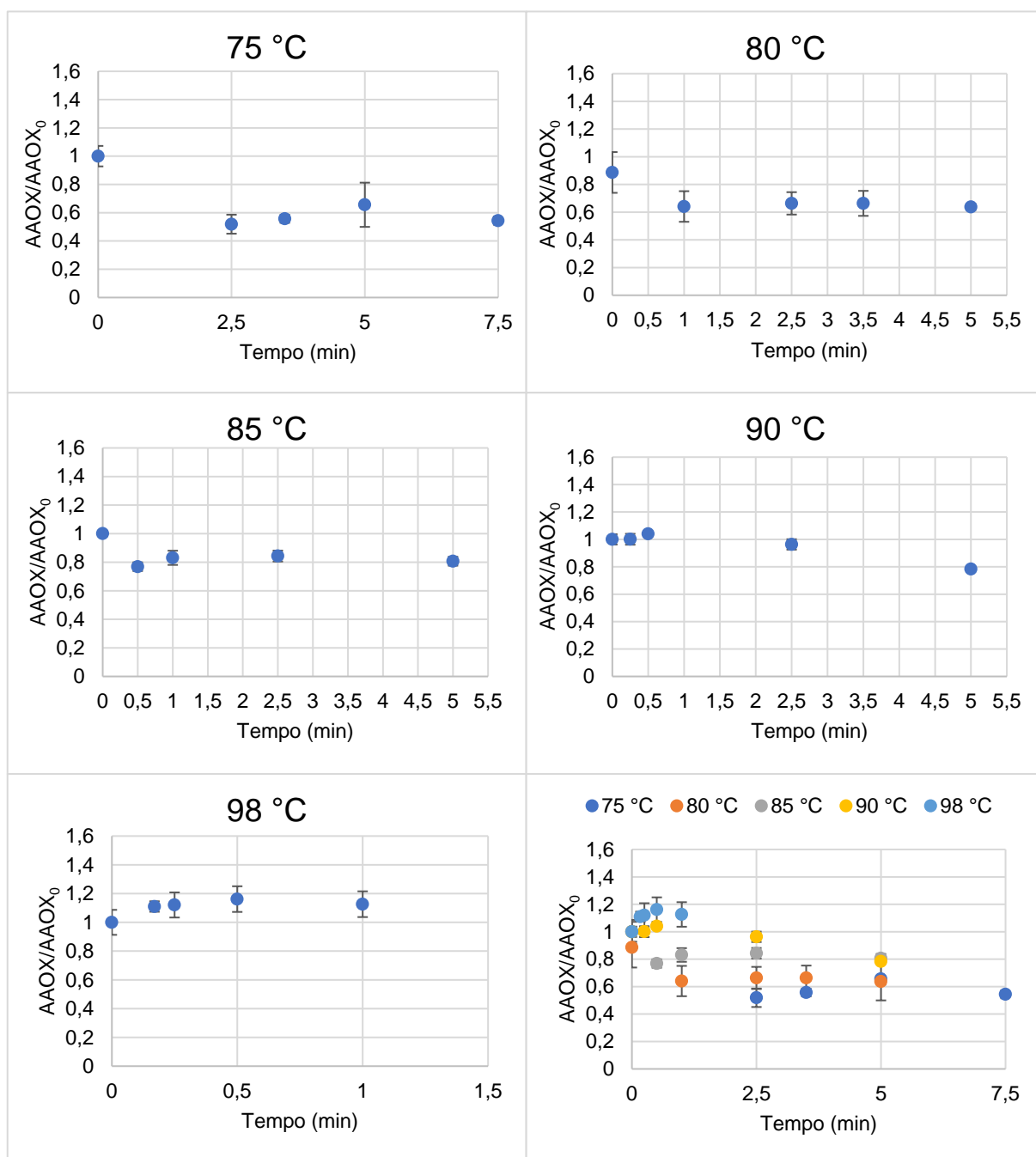
### 3.5. Atividade antioxidante

Na figura seguinte (Fig. 3.14) encontra-se representado o efeito da aplicação de um branqueamento combinado com ultrassons na atividade antioxidante desta planta halófito, em que se pode verificar que o tempo e temperatura tiveram influência, reduzindo significativamente ( $p < 0,05$ ) este parâmetro de qualidade.

A utilização de temperaturas mais baixas de processamento, nomeadamente, 75 °C, 80 °C e 85 °C levou a uma degradação da atividade antioxidante do alimento, embora que com alguma dispersão para a temperatura de 75 °C, em média de 50 %, 25 % e 20 %, respetivamente, para todos os tempos de processamento.

Já na aplicação de temperaturas mais elevadas este comportamento não se verificou, uma vez que, houve uma manutenção da atividade antioxidante a uma temperatura de 90 °C tempos de processamento mais curtos, 0,5 e 1 min e um aumento significativo na aplicação de 98 °C, cerca de 13 % (Anexos I e VIII; Tabelas 6.4 e 6.23-6.25).

Este comportamento tem sido reportado por outros autores, pois, num estudo realizado num polissacarídeo de *Cyclocarya paliurus*, planta utilizada na realização de infusões, verificou-se que a aplicação de um tratamento com ultrassons levou ao aumento da atividade antioxidante (Tang et al., 2016).



**Figura 3.14** - Efeito de um branqueamento combinado com ultrassons na atividade antioxidante (os valores apresentados são correspondentes à média  $\pm$  desvio padrão).

Num trabalho em que se realizou uma aplicação de um branqueamento tradicional, também nesta halófito, por Bertoša (2018) houve uma redução significativa da atividade antioxidante para todos os tempos e temperaturas de processamento, mais acentuada quando aplicados tempos de processamento mais longos. Esta tendência foi contrariada com a aplicação de ultrassons a 98 °C em que houve um aumento para todos os tempos e temperaturas comparativamente ao valor da amostra não processada.

Normalmente, a atividade antioxidante dos alimentos encontra-se, na maioria das vezes, associada ao teor em compostos fenólicos totais, neste trabalho pode-se verificar uma diminuição semelhante em ambos os parâmetros, após o processamento às temperaturas de 75 °C - 90 °C.

Em contrapartida, quando utilizada uma temperatura superior, 98 °C, pode-se verificar uma diminuição gradual no teor em compostos fenólicos, sendo que, apenas para a aplicação a 0,17 min existiu uma proximidade ao valor da amostra não processada, o mesmo não se verifica para a atividade antioxidante, existindo um aumento significativo ( $p < 0,05$ ) quando aplicada esta temperatura.

Alguns autores justificam este comportamento com a inativação enzimática que impede a catálise da oxidação dos fenóis, ou, por outro lado, devido à possibilidade de formação de novos compostos que apresentem atividade antioxidante (Bertoša, 2018; Turkmen, Sari & Velioglu, 2005).

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após análise dos resultados obtidos foi possível chegar a algumas conclusões relativamente à aplicação deste tratamento no processamento da *Salicornia ramosissima*.

A utilização de uma termossonicação no processamento desta halófito permitiu inativar a enzima peroxidase a mais de 90 % quando utilizadas temperaturas de 85 °C, 90 °C e 98 °C, durante tempos de processamento superiores, respetivamente, 5 min, 2,5 e 5 min, e 0,5 e 1 min.

Após atingir o objetivo principal do processamento, reduzir a atividade enzimática a pelo menos 10 % pode-se verificar quais destas condições de processamento poderão contribuir para um alimento com melhor qualidade. Aplicando um processamento a 98 °C durante 0,5 min foi possível aumentar a firmeza em cerca de 4 % comparativamente à amostra em fresco tornando-a ligeiramente mais escura e aumentando 61 % do parâmetro de cor *a* o que irá refletir uma amostra mais verde. Relativamente ao teor em compostos fenólicos totais e à atividade antioxidante, esta aplicação levou a uma redução do teor em compostos fenólicos, 57 % e, em contrapartida a um aumento da atividade antioxidante, 16 %.

Em suma, a utilização desta tecnologia emergente na indústria alimentar permite reduzir o tempo de processamento necessário para inativar as enzimas responsáveis pela degradação do alimento e, conseqüentemente, auxiliar na manutenção da qualidade, aumentando o tempo de vida útil do produto e mantendo as características organoléticas do mesmo.

## 5. PERSPETIVAS DE TRABALHOS FUTUROS

Deste modo, existe, cada vez mais, um grande interesse em estudar as novas tecnologias de processamento alimentar para, de certo modo, satisfazer as necessidades do consumidor em obter alimentos ricos nutricionalmente, garantido a segurança do mesmo. Assim, podemos sugerir como perspectiva de trabalho futuro o estudo da aplicação de outras tecnologias emergentes no processamento desta halófito, como a radiação UV-C ou outros tratamentos combinados.

Além disso, também seria interessante avaliar a qualidade do produto após efetuar um pré-tratamento seguido de uma congelação e monitorizá-la durante um determinado período de tempo.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amaral, R. D. A., Achaerandio, I., Benedetti, B. C., & Pujolà, M. (2017). The influence of edible coatings, blanching and ultrasound treatments on quality attributes and shelf-life of vacuum packaged potato strips. *LWT - Food Science and Technology*, 85, 449–455. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.03.062>.
- Awad, T. S., Moharram, H. A., Shaltout, O. E., Asker, D., & Youssef, M. M. (2012). Applications of ultrasound in analysis, processing and quality control of food: A review. *Food Research International*, 48(2), 410–427. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2012.05.004>.
- Bahçeci, S., Serpen, A., Gökmen, V., & Acar, J. (2005). Study of lipoxygenase and peroxidase as indicator enzymes in green beans: Change of enzyme activity, ascorbic acid and chlorophylls during frozen storage. *Journal of Food Engineering*, 66(2), 187–192. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2004.03.004>.
- Barreira, L., Resek, E., Rodrigues, M. J., Rocha, M. I., Pereira, H., Bandarra, N., Custódio, L. (2017). Halophytes: Gourmet food with nutritional health benefits? *Journal of Food Composition and Analysis*, 59, 35–42. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2017.02.003>.
- Bertoša, K. (2018). *The effect of blanching treatments on the physico-chemical parameters of a halophyte species (Salicornia ramosissima)*. (Graduate Thesis). University of Zagreb Faculty of Food Technology and Biotechnology.
- Bilgin, M., Şahin, S. (2013) Effects of geographical origin and extraction methods on total phenolic yield of olive tree (*Olea europaea*) leaves. *J. Taiwan Inst. Chem. E.* 44, 8-12. Bingol.
- Chemat, F., Zill-E-Huma, & Khan, M. K. (2011). Applications of ultrasound in food technology: Processing, preservation and extraction. *Ultrasonics Sonochemistry*, 18(4), 813–835. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2010.11.023>.
- Chen, L., & Opara, U. L. (2013). Texture measurement approaches in fresh and processed foods - A review. *Food Research International*, 51(2), 823–835. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.01.046>.
- Cruz, R. M. S. (2011). *Practical food and research* (pp.3-50) Dublin: Nova Science Publisher, Inc.
- Cruz, R. M. S., Godinho, A. I. A., Aslanc, D., Koc, N. F., & Vieira, M. C. (2016). Modeling the kinetics of peroxidase inactivation, colour and texture changes of Portuguese cabbage (*Brassica oleracea* L. var. *costata* DC) during UV-C light and heat blanching. *International Journal of Food Studies*, 5(2), 180–192. <https://doi.org/10.7455/ijfs/5.2.2016.a6>.
- Cruz, R. M. S., Vieira, M. C., & Silva, C. (2007). Modelling kinetics of watercress (*Nasturtium officinale*) colour changes due to heat and thermosonication treatments. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 8(2), 244–252. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2007.01.003>.
- Dhineshkumar, V. (2015). High Intensity Pulsed Light Technology in Food Preservation. *The international journal of science & technolodge*, 3(3), 149–157.

- Duygu, B., & Ümit, G. (2015). Application of Ohmic Heating System in Meat Thawing. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 195, 2822–2828. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.06.400>.
- Faustino, R. C. S. (2013). *Processos Emergentes de Produção e Conservação de Alimentos*.(Dissertação de Mestrado). Instituto Superior de Engenharia. Universidade do Algarve.
- Graça, P. (2013). Estratégia para a redução do consumo de sal na alimentação em Portugal. *Ministério da Saúde*.
- HunterLAB. (1996). Hunter Associates Laboratory, Inc. *Insight on Color*, 8(7), 1–4. <https://doi.org/10.1128/AEM.02997-13>.
- Isca, V. M. S. I. (2013). *Salicornia ramosissima J. Woods: Estudo fitoquímico das partes aéreas*.(Dissertação de Mestrado). Universidade de Aveiro.Aveiro.
- Julião, M. R. A. (2013). Avaliação do potencial da Salicornia ramosissima para saladas frescas ou e pó (sal verde). (Dissertação de Mestrado). Instituto Superior de Engenharia. Universidade do Algarve.
- Lowry, O. H., Rosebrough, N. J., Farr, A. L., Randall, R. J. (1951) Protein measurement with the folin phenol reagent. *J. Biol. Chem.* 193, 265-275.
- Khan, M. K., Ahmad, K., Hassan, S., Imran, M., Ahmad, N., & Xu, C. (2018). Effect of novel technologies on polyphenols during food processing. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 45(June 2017), 361–381. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2017.12.006>.
- Lopes, M., Cavaleiro, C., & Ramos, F. (2017). Sodium Reduction in Bread: A Role for Glasswort (*Salicornia ramosissima J. Woods*). *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 16(5), 1056–1071. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12277>.
- Majid, I., Nayik, G. A., & Nanda, V. (2015). Ultrasonication and food technology: A review. *Cogent Food & Agriculture*, 1(1), 1–11. <https://doi.org/10.1080/23311932.2015.1071022>.
- Nunes, Cláudia; Saraiva, D. J., Auxiliar, I., & Ant, D. M. (2002). *Purificação da peroxidase da azeitona Negrinha do Douro – Identificação e caracterização das principais*.
- Patel, S. (2016). Salicornia: Evaluating the halophytic extremophile as a food and a pharmaceutical candidate. *3 Biotech*, 6(1), 1–10. <https://doi.org/10.1007/s13205-016-0418-6>.
- Qasim, M., Abideen, Z., Adnan, M. Y., Gulzar, S., Gul, B., Rasheed, M., & Khan, M. A. (2017). Antioxidant properties, phenolic composition, bioactive compounds and nutritive value of medicinal halophytes commonly used as herbal teas. *South African Journal of Botany*, 110, 240–250. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2016.10.005>.
- Shahidi, F., & Zhong, Y. (2015). Measurement of antioxidant activity. *Journal of Functional Foods*, 18, 757–781. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2015.01.047>.

- Soares, M., Welter, L., Gonzaga, L., Lima, A., Mancini-Filho, J., & Fett, R. (2008). Avaliação da atividade antioxidante e identificação dos ácidos fenólicos presentes no bagaço de maçã cv. Gala. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 28(3), 727–732. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612008000300032>.
- Tang, W., Lin, L., Xie, J., Wang, Z., Wang, H., Dong, Y., Xie, M. (2016). Effect of ultrasonic treatment on the physicochemical properties and antioxidant activities of polysaccharide from *Cyclocarya paliurus*. *Carbohydrate Polymers*, 151(235), 305–312. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2016.05.078>.
- Tijsskens, L. M. M., Schijvens, E. P. H. M., & Biekman, E. S. A. (2001). Modelling the change in colour of broccoli and green beans during blanching. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 2, 303–313.
- Tremarin, A., Brandão, T. R. S., & Silva, C. L. M. (2017). Application of ultraviolet radiation and ultrasound treatments for *Alicyclobacillus acidoterrestris* spores inactivation in apple juice. *LWT - Food Science and Technology*, 78, 138–142. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.12.039>.
- Turkmen, N., Sari, F., & Velioglu, Y. S. (2005). Food Chemistry The effect of cooking methods on total phenolics and antioxidant activity of selected green vegetables. *Food Chemistry*, 93, 713–718. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.12.038>.
- Ventura, Y., & Sagi, M. (2013). Halophyte crop cultivation: The case for salicornia and sarcocornia. *Environmental and Experimental Botany*, 92, 144–153. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2012.07.010>.
- Xiao, H. W., Pan, Z., Deng, L. Z., El-Mashad, H. M., Yang, X. H., Mujumdar, A. S., Zhang, Q. (2017). Recent developments and trends in thermal blanching – A comprehensive review. *Information Processing in Agriculture*, 4(2), 101–127. <https://doi.org/10.1016/j.inpa.2017.02.001>.
- Zeraik, A. E., De Souza, F. S., Fatibello-Filho, O., & Leite, O. D. (2008). Desenvolvimento de um spot test para o monitoramento da atividade da peroxidase em um procedimento de purificação. *Química Nova*, 31(4), 731–734. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422008000400003>.

## 7. ANEXOS

## ANEXO I

Resultados obtidos nas diferentes análises efetuadas para cada tempo (min) e temperatura (°C).

**Tabela 6.3** - Resultados da atividade enzimática ( $C/C_0$ ), parâmetros de cor ( $L/L_0$ ,  $a/a_0$  e  $b/b_0$ ), e textura ( $T/T_0$ ) para cada tempo (min) e temperatura (°C).

Tempo (min)	Temperatura (°C)	$C/C_0$	$L/L_0$	$a/a_0$	$b/b_0$	$T/T_0$
0	75	0,99	0,99	1,00	0,99	1,01
0	75	0,95	1,01	1,06	1,03	1,01
0	75	0,94	1,00	1,10	0,92	1,01
0	75	1,09	1,01	0,99	0,87	1,01
0	75	1,06	1,01	1,02	0,92	1,00
0	75	1,04	0,98	1,09	0,93	1,00
0	75	0,99	0,99	1,02	0,95	1,01
0	75	1,01	1,01	0,99	1,01	1,00
0	75	1,00	1,01	1,00	0,93	1,00
0	75	0,96	0,98	1,02	0,98	1,00
0	75	0,95	1,00	1,07	1,03	1,00
0	75	1,00	1,00	1,02	0,93	1,00
2,5	75	0,61	0,93	1,02	0,94	1,11
2,5	75	0,75	0,90	1,19	0,93	1,11
2,5	75	0,61	0,90	0,86	0,95	1,08
3,5	75	0,51	0,89	1,20	0,95	1,11
3,5	75	0,53	0,88	1,16	1,00	1,10
3,5	75	0,69	0,89	1,22	0,92	1,11
5	75	0,44	0,91	1,24	0,99	1,09
5	75	0,44	0,91	1,19	0,98	1,09
5	75	0,49	0,87	1,28	0,95	1,09
7,5	75	0,30	0,89	1,30	0,95	1,03
7,5	75	0,21	0,87	1,41	1,06	1,03
7,5	75	0,19	0,89	1,35	1,01	1,03
0	80	0,95	1,01	0,97	0,99	1,01
0	80	0,91	1,00	1,00	1,01	1,01
0	80	0,91	0,99	1,00	0,99	1,01
0	80	1,08	1,01	1,04	1,00	1,02
0	80	1,09	1,02	0,99	1,03	0,99
0	80	1,01	1,03	1,15	1,00	1,01
0	80	0,94	1,02	1,07	0,97	1,00
0	80	1,05	1,00	0,91	1,06	1,01
0	80	1,04	1,02	1,02	1,04	1,01
0	80	1,02	1,02	1,09	1,05	1,02
0	80	1,00	1,01	1,03	1,02	1,01
0	80	0,99	1,01	1,00	1,03	0,98

Continuação na página seguinte

Tempo (min)	Temperatura (°C)	C/C <sub>0</sub>	L/L <sub>0</sub>	a/a <sub>0</sub>	b/b <sub>0</sub>	T/T <sub>0</sub>
1	80	0,37	0,91	1,26	0,97	1,05
1	80	0,36	0,91	1,03	1,12	1,09
1	80	0,35	0,88	1,12	1,00	1,08
2,5	80	0,19	0,88	1,05	0,93	1,13
2,5	80	0,19	0,88	1,09	1,05	1,09
2,5	80	0,18	0,92	1,31	1,08	1,11
3,5	80	0,24	0,91	1,08	0,99	1,13
3,5	80	0,15	0,91	1,14	0,93	1,10
3,5	80	0,26	0,89	1,35	1,13	1,04
5	80	0,23	0,90	1,28	0,97	1,06
5	80	0,22	0,91	1,29	1,06	1,06
5	80	0,21	0,88	1,22	1,06	1,05
0	85	0,97	1,01	1,01	0,98	1,00
0	85	1,00	1,01	0,97	0,98	0,99
0	85	1,03	0,98	1,02	1,04	1,01
0	85	0,99	1,00	0,98	1,04	1,02
0	85	0,91	1,00	0,97	0,92	1,00
0	85	1,03	1,00	1,05	1,04	1,00
0	85	1,04	1,00	0,97	1,03	1,00
0	85	0,93	0,99	1,03	1,00	1,00
0	85	0,98	1,03	1,00	0,95	0,98
0	85	1,07	1,02	1,07	0,91	0,97
0	85	1,08	1,00	0,94	1,03	1,02
0	85	1,06	0,98	0,99	1,04	0,99
0,5	85	0,37	0,89	1,34	1,01	1,10
0,5	85	0,34	0,91	1,25	1,03	1,13
0,5	85	0,26	0,92	1,38	1,02	1,05
1	85	0,16	0,91	1,38	1,08	1,04
1	85	0,19	0,92	1,41	1,01	1,01
1	85	0,19	0,89	1,23	0,96	1,08
2,5	85	0,11	0,91	1,29	1,05	0,98
2,5	85	0,10	0,90	1,33	1,01	1,02
2,5	85	0,12	0,91	1,42	0,97	1,05
5	85	0,09	0,89	1,35	0,91	0,98
5	85	0,08	0,91	1,43	0,98	0,98
5	85	0,07	0,90	1,29	1,03	0,95
0	90	1,02	1,03	1,05	0,95	1,01
0	90	1,01	1,00	1,03	0,94	1,00
0	90	0,97	1,03	1,06	0,93	1,00
0	90	0,96	0,98	0,97	0,95	1,00
0	90	1,04	0,98	1,02	0,95	1,00
0	90	1,00	1,02	1,07	0,92	1,00
0	90	1,03	0,99	1,04	0,95	0,99

Continuação na página seguinte

Tempo (min)	Temperatura (°C)	C/C <sub>0</sub>	L/L <sub>0</sub>	a/a <sub>0</sub>	b/b <sub>0</sub>	T/T <sub>0</sub>
0	90	1,09	0,98	0,98	1,09	1,01
0	90	0,90	1,03	0,98	0,96	1,00
0	90	1,00	1,00	1,06	1,04	1,00
0	90	1,08	1,03	0,96	1,08	1,00
0	90	1,00	1,01	0,98	0,89	1,01
0,25	90	0,16	0,90	1,44	1,00	1,09
0,25	90	0,18	0,91	1,44	0,98	1,08
0,25	90	0,18	0,90	1,49	0,98	1,08
0,5	90	0,13	0,91	1,40	0,94	1,13
0,5	90	0,15	0,92	1,46	1,11	1,14
0,5	90	0,12	0,89	1,46	0,93	1,12
2,5	90	0,08	0,91	1,37	0,96	0,99
2,5	90	0,05	0,91	1,27	0,99	0,98
2,5	90	0,03	0,89	1,34	0,97	0,97
5	90	0,09	0,92	1,33	1,01	0,94
5	90	0,04	0,90	1,37	0,97	0,92
5	90	0,07	0,91	1,27	1,00	0,95
0	98	1,09	0,97	0,88	0,96	0,99
0	98	1,04	1,01	1,24	0,96	1,02
0	98	1,12	1,02	0,88	1,06	0,99
0	98	1,04	1,01	1,04	0,98	0,97
0	98	1,06	0,98	1,00	0,95	1,01
0	98	0,97	1,00	0,96	1,02	1,01
0	98	1,03	0,98	0,94	1,03	1,00
0	98	1,00	1,03	1,04	1,08	1,00
0	98	1,05	0,96	1,02	0,96	1,00
0	98	0,98	1,02	0,81	0,96	0,99
0	98	0,98	0,99	1,09	0,93	1,01
0	98	0,96	1,03	1,11	1,28	1,00
0,17	98	0,11	0,90	1,58	1,02	1,10
0,17	98	0,13	0,92	1,90	1,05	1,09
0,17	98	0,12	0,91	1,17	1,02	1,09
0,25	98	0,12	0,90	1,64	1,18	1,16
0,25	98	0,15	0,90	1,32	1,05	1,14
0,25	98	0,11	0,90	1,20	1,00	1,13
0,5	98	0,09	0,88	1,53	1,08	1,05
0,5	98	0,11	0,89	1,66	1,03	1,04
0,5	98	0,07	0,91	1,65	1,02	1,04
1	98	0,05	0,87	1,62	0,91	0,99
1	98	0,04	0,88	1,56	1,08	0,99
1	98	0,06	0,91	1,38	1,00	1,00

**Tabela 6.4** - Resultados do teor em compostos fenólicos totais (CFT/CFT<sub>0</sub>) e atividade antioxidante (AAOX/AAOX<sub>0</sub>) para cada tempo (min) e temperatura (°C).

Tempo (min)	Temperatura (°C)	CFT/CFT <sub>0</sub>	Tempo (min)	Temperatura (°C)	AAOX/AAOX <sub>0</sub>
0	75	1,03	0	75	0,97
0	75	1,12	0	75	1,02
0	75	0,85	0	75	1,00
0	75	0,81	0	75	0,98
0	75	0,95	0	75	0,99
0	75	1,24	0	75	1,03
0	75	1,14	0	75	1,15
0	75	0,77	0	75	1,03
0	75	1,09	0	75	0,82
0	75	1,04	0	75	1,00
0	75	0,91	0	75	1,01
0	75	1,04	0	75	0,99
2,5	75	0,59	2,5	75	0,49
2,5	75	0,67	2,5	75	0,47
2,5	75	0,50	2,5	75	0,60
3,5	75	0,50	3,5	75	0,53
3,5	75	0,59	3,5	75	0,58
3,5	75	0,71	3,5	75	0,56
5	75	0,42	5	75	0,84
5	75	0,66	5	75	0,55
5	75	0,32	5	75	0,59
7,5	75	0,61	7,5	75	0,55
7,5	75	0,72	7,5	75	0,57
7,5	75	0,50	7,5	75	0,51
0	80	0,90	0	80	0,77
0	80	0,76	0	80	0,66
0	80	0,76	0	80	0,67
0	80	1,05	0	80	0,95
0	80	0,85	0	80	0,93
0	80	0,94	0	80	1,01
0	80	1,03	0	80	0,97
0	80	1,12	0	80	1,02
0	80	0,85	0	80	1,00
0	80	0,86	1	80	0,53
0	80	0,97	1	80	0,75
0	80	1,17	1	80	0,64
1	80	0,76	2,5	80	0,68
1	80	0,61	2,5	80	0,53
1	80	0,66	2,5	80	0,64

Continuação na página seguinte

Tempo (min)	Temperatura (°C)	CFT/CFT <sub>0</sub>	Tempo (min)	Temperatura (°C)	AAOX/AAOX <sub>0</sub>
2,5	80	0,57	3,5	80	0,56
2,5	80	0,48	3,5	80	0,71
2,5	80	0,85	3,5	80	0,72
3,5	80	0,57	5	80	0,64
3,5	80	0,76	5	80	0,66
3,5	80	0,65	5	80	0,61
5	80	0,67	0	85	1,00
5	80	0,76	0	85	1,02
5	80	0,59	0	85	0,96
0	85	0,80	0	85	1,03
0	85	1,00	0	85	1,00
0	85	1,00	0	85	1,01
0	85	0,84	0	85	0,99
0	85	1,04	0	85	0,98
0	85	1,12	0	85	1,01
0	85	0,76	0	85	1,01
0	85	1,05	0	85	0,99
0	85	1,05	0	85	1,00
0	85	1,04	0,5	85	0,76
0	85	0,91	0,5	85	0,74
0	85	1,04	0,5	85	0,80
0,5	85	0,85	1	85	0,78
0,5	85	0,44	1	85	0,85
0,5	85	0,57	1	85	0,87
1	85	0,79	2,5	85	0,88
1	85	0,62	2,5	85	0,80
1	85	0,48	2,5	85	0,84
2,5	85	0,76	5	85	0,84
2,5	85	0,66	5	85	0,80
2,5	85	0,62	5	85	0,78
5	85	0,78	0	90	0,98
5	85	0,65	0	90	0,99
5	85	0,71	0	90	1,03
0	90	0,81	0	90	0,96
0	90	0,95	0	90	0,99
0	90	1,00	0	90	1,05
0	90	0,84	0	90	0,97
0	90	0,88	0	90	1,02
0	90	0,78	0	90	1,01
0	90	1,05	0	90	1,03
0	90	0,86	0	90	1,05
0	90	0,97	0	90	0,93

Continuação na página seguinte

Tempo (min)	Temperatura (°C)	CFT/CFT <sub>0</sub>	Tempo (min)	Temperatura (°C)	AAOX/AAOX <sub>0</sub>
0	90	1,00	0,25	90	0,97
0	90	0,92	0,25	90	1,05
0	90	1,08	0,25	90	0,98
0,25	90	0,88	0,5	90	1,03
0,25	90	0,78	0,5	90	1,05
0,25	90	1,08	0,5	90	1,04
0,5	90	0,84	2,5	90	1,00
0,5	90	1,00	2,5	90	0,97
0,5	90	0,86	2,5	90	0,92
2,5	90	0,56	5	90	0,79
2,5	90	0,42	5	90	0,79
2,5	90	0,42	5	90	0,77
5	90	0,35	0	98	0,88
5	90	0,47	0	98	1,11
5	90	0,47	0	98	1,01
0	98	1,59	0	98	0,92
0	98	0,63	0	98	1,11
0	98	0,78	0	98	0,97
0	98	0,97	0	98	0,94
0	98	1,23	0	98	1,10
0	98	0,79	0	98	0,96
0,17	98	0,93	0,17	98	1,15
0,17	98	0,79	0,17	98	1,08
0,17	98	0,88	0,17	98	1,10
0,25	98	0,70	0,25	98	1,22
0,25	98	0,71	0,25	98	1,06
0,25	98	0,62	0,25	98	1,08
0,5	98	0,63	0,5	98	1,25
0,5	98	0,41	0,5	98	1,16
0,5	98	0,26	0,5	98	1,07
1	98	0,48	1	98	1,10
1	98	0,26	1	98	1,22
1	98	0,19	1	98	1,05

## ANEXO II

Análise estatística dos resultados da atividade enzimática para os diferentes tempos (min) e temperaturas (°C) através do software IBM SPSS Statistics.

**Tabela 6.5** - Análise de variância para a atividade enzimática relativamente ao tempo (min) e temperatura (°C).

<b>Tests of Between-Subjects Effects</b>					
Dependent Variable: AtividadeEnz					
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	20,280 <sup>a</sup>	24	,845	371,953	,000
Intercept	7,298	1	7,298	3212,597	,000
tempo	18,793	8	2,349	1034,084	,000
T	1,133	4	,283	124,653	,000
tempo * T	1,020	12	,085	37,408	,000
Error	,216	95	,002		
Total	65,756	120			
Corrected Total	20,495	119			

a. R Squared = ,989 (Adjusted R Squared = ,987)

**Tabela 6.6** - Comparação entre os diferentes tempos para a atividade enzimática.

<b>Multiple Comparisons</b>						
Dependent Variable: AtividadeEnz						
LSD						
(I) tempo	(J) tempo	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval Lower Bound	Upper Bound
,00	,17	,8843*	,02820	,000	,8283	,9403
	,25	,8581*	,02041	,000	,8176	,8986
	,50	,8265*	,01704	,000	,7927	,8603
	1,00	,8118*	,01704	,000	,7779	,8456
	2,50	,7551*	,01507	,000	,7251	,7850
	3,50	,6114*	,02041	,000	,5709	,6519
	5,00	,8026*	,01507	,000	,7727	,8325
	7,50	,7722*	,02820	,000	,7162	,8282
,17	,00	-,8843*	,02820	,000	-,9403	-,8283
	,25	-,0262	,03370	,439	-,0931	,0407
	,50	-,0578	,03178	,072	-,1209	,0053
	1,00	-,0726*	,03178	,025	-,1357	-,0095
	2,50	-,1293*	,03077	,000	-,1903	-,0682
	3,50	-,2729*	,03370	,000	-,3398	-,2060
	5,00	-,0817*	,03077	,009	-,1428	-,0206
	7,50	-,1121*	,03892	,005	-,1894	-,0349
,25	,00	-,8581*	,02041	,000	-,8986	-,8176
	,17	,0262	,03370	,439	-,0407	,0931
	,50	-,0316	,02512	,211	-,0815	,0183
	1,00	-,0464	,02512	,068	-,0963	,0035
	2,50	-,1031*	,02383	,000	-,1504	-,0558
	3,50	-,2467*	,02752	,000	-,3014	-,1921
	5,00	-,0555*	,02383	,022	-,1028	-,0082
	7,50	-,0859*	,03370	,012	-,1528	-,0190

Continuação na página seguinte

,50	,00	-,8265*	,01704	,000	-,8603	-,7927
	,17	,0578	,03178	,072	-,0053	,1209
	,25	,0316	,02512	,211	-,0183	,0815
	1,00	-,0148	,02247	,513	-,0594	,0298
	2,50	-,0715*	,02102	,001	-,1132	-,0297
	3,50	-,2151*	,02512	,000	-,2650	-,1653
	5,00	-,0239	,02102	,258	-,0656	,0178
	7,50	-,0543	,03178	,091	-,1174	,0088
1,00	,00	-,8118*	,01704	,000	-,8456	-,7779
	,17	,0726*	,03178	,025	,0095	,1357
	,25	,0464	,02512	,068	-,0035	,0963
	,50	,0148	,02247	,513	-,0298	,0594
	2,50	-,0567*	,02102	,008	-,0984	-,0150
	3,50	-,2004*	,02512	,000	-,2502	-,1505
	5,00	-,0091	,02102	,664	-,0509	,0326
	7,50	-,0395	,03178	,216	-,1026	,0235
2,50	,00	-,7551*	,01507	,000	-,7850	-,7251
	,17	,1293*	,03077	,000	,0682	,1903
	,25	,1031*	,02383	,000	,0558	,1504
	,50	,0715*	,02102	,001	,0297	,1132
	1,00	,0567*	,02102	,008	,0150	,0984
	3,50	-,1437*	,02383	,000	-,1910	-,0964
	5,00	,0475*	,01946	,016	,0089	,0862
	7,50	,0171	,03077	,579	-,0439	,0782
3,50	,00	-,6114*	,02041	,000	-,6519	-,5709
	,17	,2729*	,03370	,000	,2060	,3398
	,25	,2467*	,02752	,000	,1921	,3014
	,50	,2151*	,02512	,000	,1653	,2650
	1,00	,2004*	,02512	,000	,1505	,2502
	2,50	,1437*	,02383	,000	,0964	,1910
	5,00	,1912*	,02383	,000	,1439	,2385
	7,50	,1608*	,03370	,000	,0939	,2277
5,00	,00	-,8026*	,01507	,000	-,8325	-,7727
	,17	,0817*	,03077	,009	,0206	,1428
	,25	,0555*	,02383	,022	,0082	,1028
	,50	,0239	,02102	,258	-,0178	,0656
	1,00	,0091	,02102	,664	-,0326	,0509
	2,50	-,0475*	,01946	,016	-,0862	-,0089
	3,50	-,1912*	,02383	,000	-,2385	-,1439
	7,50	-,0304	,03077	,326	-,0915	,0307
7,50	,00	-,7722*	,02820	,000	-,8282	-,7162
	,17	,1121*	,03892	,005	,0349	,1894
	,25	,0859*	,03370	,012	,0190	,1528
	,50	,0543	,03178	,091	-,0088	,1174
	1,00	,0395	,03178	,216	-,0235	,1026
	2,50	-,0171	,03077	,579	-,0782	,0439
	3,50	-,1608*	,03370	,000	-,2277	-,0939
	5,00	,0304	,03077	,326	-,0307	,0915

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = ,002.

\*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

**Tabela 6.7** - Comparação entre as diferentes temperaturas para a atividade enzimática.

**Multiple Comparisons**

Dependent Variable: AtividadeEnz

LSD

(I) T	(J) T	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
75,00	80,00	,1183*	,01376	,000	,0909	,1456
	85,00	,1498*	,01376	,000	,1225	,1771
	90,00	,1827*	,01376	,000	,1554	,2100
	98,00	,1788*	,01376	,000	,1515	,2061
80,00	75,00	-,1183*	,01376	,000	-,1456	-,0909
	85,00	,0315*	,01376	,024	,0042	,0588
	90,00	,0645*	,01376	,000	,0371	,0918
	98,00	,0606*	,01376	,000	,0332	,0879
85,00	75,00	-,1498*	,01376	,000	-,1771	-,1225
	80,00	-,0315*	,01376	,024	-,0588	-,0042
	90,00	,0329*	,01376	,019	,0056	,0602
	98,00	,0290*	,01376	,038	,0017	,0563
90,00	75,00	-,1827*	,01376	,000	-,2100	-,1554
	80,00	-,0645*	,01376	,000	-,0918	-,0371
	85,00	-,0329*	,01376	,019	-,0602	-,0056
	98,00	-,0039	,01376	,777	-,0312	,0234
98,00	75,00	-,1788*	,01376	,000	-,2061	-,1515
	80,00	-,0606*	,01376	,000	-,0879	-,0332
	85,00	-,0290*	,01376	,038	-,0563	-,0017
	90,00	,0039	,01376	,777	-,0234	,0312

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = ,002.

\*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

**ANEXO III**

Análise estatística dos resultados da textura para os diferentes tempos (min) e temperaturas (°C) através do software IBM SPSS Statistics.

**Tabela 6.8** - Análise de variância para a textura relativamente ao tempo (min) e temperatura (°C).

**Tests of Between-Subjects Effects**

Dependent Variable: Textura

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	,280 <sup>a</sup>	24	,012	51,802	,000
Intercept	78,576	1	78,576	349487,393	,000
tempo	,208	8	,026	115,552	,000
T	,080	4	,020	89,469	,000
tempo * T	,078	12	,006	28,763	,000
Error	,021	95	,000		
Total	127,740	120			
Corrected Total	,301	119			

a. R Squared = ,929 (Adjusted R Squared = ,911)

**Tabela 6.9** - Comparação entre os diferentes tempos para a textura.

**Multiple Comparisons**

Dependent Variable: Textura

LSD

(I) tempo	(J) tempo	Mean		Sig.	95% Confidence Interval	
		Difference (I-J)	Std. Error		Lower Bound	Upper Bound
,00	,17	-,0920*	,00887	,000	-,1096	-,0744
	,25	-,1097*	,00642	,000	-,1225	-,0970
	,50	-,0866*	,00536	,000	-,0972	-,0759
	1,00	-,0354*	,00536	,000	-,0460	-,0247
	2,50	-,0490*	,00474	,000	-,0584	-,0395
	3,50	-,0968*	,00642	,000	-,1095	-,0840
	5,00	-,0122*	,00474	,012	-,0216	-,0028
	7,50	-,0289*	,00887	,002	-,0465	-,0112
,17	,00	,0920*	,00887	,000	,0744	,1096
	,25	-,0178	,01060	,097	-,0388	,0033
	,50	,0054	,01000	,590	-,0144	,0253
	1,00	,0566*	,01000	,000	,0367	,0764
	2,50	,0430*	,00968	,000	,0238	,0622
	3,50	-,0048	,01060	,653	-,0258	,0163
	5,00	,0798*	,00968	,000	,0606	,0990
	7,50	,0631*	,01224	,000	,0388	,0874
,25	,00	,1097*	,00642	,000	,0970	,1225
	,17	,0178	,01060	,097	-,0033	,0388
	,50	,0232*	,00790	,004	,0075	,0388
	1,00	,0743*	,00790	,000	,0587	,0900
	2,50	,0608*	,00750	,000	,0459	,0757
	3,50	,0130	,00866	,137	-,0042	,0302
	5,00	,0976*	,00750	,000	,0827	,1124
	7,50	,0809*	,01060	,000	,0598	,1019
,50	,00	,0866*	,00536	,000	,0759	,0972
	,17	-,0054	,01000	,590	-,0253	,0144
	,25	-,0232*	,00790	,004	-,0388	-,0075
	1,00	,0512*	,00707	,000	,0371	,0652
	2,50	,0376*	,00661	,000	,0245	,0507
	3,50	-,0102	,00790	,201	-,0259	,0055
	5,00	,0744*	,00661	,000	,0613	,0875
	7,50	,0577*	,01000	,000	,0379	,0776
1,00	,00	,0354*	,00536	,000	,0247	,0460
	,17	-,0566*	,01000	,000	-,0764	-,0367
	,25	-,0743*	,00790	,000	-,0900	-,0587
	,50	-,0512*	,00707	,000	-,0652	-,0371
	2,50	-,0136*	,00661	,043	-,0267	-,0004
	3,50	-,0614*	,00790	,000	-,0771	-,0457
	5,00	,0232*	,00661	,001	,0101	,0363
	7,50	,0065	,01000	,515	-,0133	,0264
2,50	,00	,0490*	,00474	,000	,0395	,0584
	,17	-,0430*	,00968	,000	-,0622	-,0238
	,25	-,0608*	,00750	,000	-,0757	-,0459
	,50	-,0376*	,00661	,000	-,0507	-,0245
	1,00	,0136*	,00661	,043	,0004	,0267
	3,50	-,0478*	,00750	,000	-,0627	-,0329
	5,00	,0368*	,00612	,000	,0246	,0489
	7,50	,0201*	,00968	,041	,0009	,0393

Continuação na página seguinte

3,50	,00	,0968*	,00642	,000	,0840	,1095
	,17	,0048	,01060	,653	-,0163	,0258
	,25	-,0130	,00866	,137	-,0302	,0042
	,50	,0102	,00790	,201	-,0055	,0259
	1,00	,0614*	,00790	,000	,0457	,0771
	2,50	,0478*	,00750	,000	,0329	,0627
	5,00	,0846*	,00750	,000	,0697	,0995
	7,50	,0679*	,01060	,000	,0469	,0890
5,00	,00	,0122*	,00474	,012	,0028	,0216
	,17	-,0798*	,00968	,000	-,0990	-,0606
	,25	-,0976*	,00750	,000	-,1124	-,0827
	,50	-,0744*	,00661	,000	-,0875	-,0613
	1,00	-,0232*	,00661	,001	-,0363	-,0101
	2,50	-,0368*	,00612	,000	-,0489	-,0246
	3,50	-,0846*	,00750	,000	-,0995	-,0697
	7,50	-,0167	,00968	,088	-,0359	,0025
7,50	,00	,0289*	,00887	,002	,0112	,0465
	,17	-,0631*	,01224	,000	-,0874	-,0388
	,25	-,0809*	,01060	,000	-,1019	-,0598
	,50	-,0577*	,01000	,000	-,0776	-,0379
	1,00	-,0065	,01000	,515	-,0264	,0133
	2,50	-,0201*	,00968	,041	-,0393	-,0009
	3,50	-,0679*	,01060	,000	-,0890	-,0469
	5,00	,0167	,00968	,088	-,0025	,0359

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = ,000.

\*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

**Tabela 6.10 - Comparação entre as diferentes temperaturas para a textura.**

**Multiple Comparisons**

Dependent Variable: Textura

LSD

(I) T	(J) T	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
75,00	80,00	-,0038	,00433	,381	-,0124	,0048
	85,00	,0277*	,00433	,000	,0191	,0363
	90,00	,0250*	,00433	,000	,0164	,0336
	98,00	,0078	,00433	,075	-,0008	,0164
80,00	75,00	,0038	,00433	,381	-,0048	,0124
	85,00	,0315*	,00433	,000	,0229	,0401
	90,00	,0288*	,00433	,000	,0202	,0374
	98,00	,0116*	,00433	,009	,0030	,0202
85,00	75,00	-,0277*	,00433	,000	-,0363	-,0191
	80,00	-,0315*	,00433	,000	-,0401	-,0229
	90,00	-,0027	,00433	,527	-,0113	,0058
	98,00	-,0199*	,00433	,000	-,0285	-,0113
90,00	75,00	-,0250*	,00433	,000	-,0336	-,0164
	80,00	-,0288*	,00433	,000	-,0374	-,0202
	85,00	,0027	,00433	,527	-,0058	,0113
	98,00	-,0172*	,00433	,000	-,0258	-,0086
98,00	75,00	-,0078	,00433	,075	-,0164	,0008
	80,00	-,0116*	,00433	,009	-,0202	-,0030
	85,00	,0199*	,00433	,000	,0113	,0285
	90,00	,0172*	,00433	,000	,0086	,0258

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = ,000.

\*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

## ANEXO IV

Análise estatística dos resultados do parâmetro de cor  $L$  para os diferentes tempos (min) e temperaturas ( $^{\circ}\text{C}$ ) através do software IBM SPSS Statistics.

**Tabela 6.11** - Análise de variância para o parâmetro de cor  $L$  relativamente ao tempo (min) e temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ).

<b>Tests of Between-Subjects Effects</b>					
Dependent Variable: CorL					
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	,329 <sup>a</sup>	24	,014	56,375	,000
Intercept	58,915	1	58,915	242534,595	,000
tempo	,326	8	,041	167,513	,000
T	,001	4	,000	1,003	,410
tempo * T	,002	12	,000	,589	,846
Error	,023	95	,000		
Total	109,136	120			
Corrected Total	,352	119			

a. R Squared = ,934 (Adjusted R Squared = ,918)

**Tabela 6.12** - Comparação entre os diferentes tempos para o parâmetro de cor  $L$ .

<b>Multiple Comparisons</b>						
Dependent Variable: CorL						
LSD						
(I) tempo	(J) tempo	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval Lower Bound	Upper Bound
,00	,17	,0969*	,00922	,000	,0786	,1152
	,25	,1045*	,00667	,000	,0912	,1177
	,50	,1012*	,00557	,000	,0902	,1123
	1,00	,1050*	,00557	,000	,0939	,1160
	2,50	,1010*	,00493	,000	,0912	,1108
	3,50	,1091*	,00667	,000	,0958	,1223
	5,00	,1034*	,00493	,000	,0936	,1132
	7,50	,1194*	,00922	,000	,1011	,1377
,17	,00	-,0969*	,00922	,000	-,1152	-,0786
	,25	,0076	,01102	,494	-,0143	,0294
	,50	,0043	,01039	,680	-,0163	,0249
	1,00	,0081	,01039	,440	-,0126	,0287
	2,50	,0041	,01006	,687	-,0159	,0240
	3,50	,0121	,01102	,274	-,0098	,0340
	5,00	,0065	,01006	,520	-,0135	,0265
	7,50	,0225	,01273	,080	-,0028	,0478
,25	,00	-,1045*	,00667	,000	-,1177	-,0912
	,17	-,0076	,01102	,494	-,0294	,0143
	,50	-,0033	,00821	,692	-,0196	,0130
	1,00	,0005	,00821	,952	-,0158	,0168
	2,50	-,0035	,00779	,654	-,0190	,0120
	3,50	,0046	,00900	,613	-,0133	,0224
	5,00	-,0011	,00779	,892	-,0165	,0144
	7,50	,0150	,01102	,178	-,0069	,0368

Continuação na página seguinte

,50	,00	-,1012*	,00557	,000	-,1123	-,0902
	,17	-,0043	,01039	,680	-,0249	,0163
	,25	,0033	,00821	,692	-,0130	,0196
	1,00	,0038	,00735	,611	-,0108	,0183
	2,50	-,0002	,00687	,972	-,0139	,0134
	3,50	,0078	,00821	,343	-,0085	,0241
	5,00	,0022	,00687	,749	-,0114	,0158
	7,50	,0182	,01039	,083	-,0024	,0388
1,00	,00	-,1050*	,00557	,000	-,1160	-,0939
	,17	-,0081	,01039	,440	-,0287	,0126
	,25	-,0005	,00821	,952	-,0168	,0158
	,50	-,0038	,00735	,611	-,0183	,0108
	2,50	-,0040	,00687	,563	-,0176	,0096
	3,50	,0041	,00821	,621	-,0122	,0204
	5,00	-,0016	,00687	,822	-,0152	,0121
	7,50	,0145	,01039	,167	-,0062	,0351
2,50	,00	-,1010*	,00493	,000	-,1108	-,0912
	,17	-,0041	,01006	,687	-,0240	,0159
	,25	,0035	,00779	,654	-,0120	,0190
	,50	,0002	,00687	,972	-,0134	,0139
	1,00	,0040	,00687	,563	-,0096	,0176
	3,50	,0081	,00779	,303	-,0074	,0235
	5,00	,0024	,00636	,702	-,0102	,0151
	7,50	,0184	,01006	,070	-,0015	,0384
3,50	,00	-,1091*	,00667	,000	-,1223	-,0958
	,17	-,0121	,01102	,274	-,0340	,0098
	,25	-,0046	,00900	,613	-,0224	,0133
	,50	-,0078	,00821	,343	-,0241	,0085
	1,00	-,0041	,00821	,621	-,0204	,0122
	2,50	-,0081	,00779	,303	-,0235	,0074
	5,00	-,0056	,00779	,472	-,0211	,0098
	7,50	,0104	,01102	,349	-,0115	,0323
5,00	,00	-,1034*	,00493	,000	-,1132	-,0936
	,17	-,0065	,01006	,520	-,0265	,0135
	,25	,0011	,00779	,892	-,0144	,0165
	,50	-,0022	,00687	,749	-,0158	,0114
	1,00	,0016	,00687	,822	-,0121	,0152
	2,50	-,0024	,00636	,702	-,0151	,0102
	3,50	,0056	,00779	,472	-,0098	,0211
	7,50	,0160	,01006	,115	-,0040	,0360
7,50	,00	-,1194*	,00922	,000	-,1377	-,1011
	,17	-,0225	,01273	,080	-,0478	,0028
	,25	-,0150	,01102	,178	-,0368	,0069
	,50	-,0182	,01039	,083	-,0388	,0024
	1,00	-,0145	,01039	,167	-,0351	,0062
	2,50	-,0184	,01006	,070	-,0384	,0015
	3,50	-,0104	,01102	,349	-,0323	,0115
	5,00	-,0160	,01006	,115	-,0360	,0040

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = ,000.

\*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

**Tabela 6.13** - Comparação entre as diferentes temperaturas para o parâmetro de cor *L*.

**Multiple Comparisons**

Dependent Variable: CorL

LSD

(I) T	(J) T	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
75,00	80,00	-,0072	,00450	,115	-,0161	,0018
	85,00	-,0054	,00450	,235	-,0143	,0036
	90,00	-,0091*	,00450	,047	-,0180	-,0001
	98,00	-,0010	,00450	,820	-,0100	,0079
80,00	75,00	,0072	,00450	,115	-,0018	,0161
	85,00	,0018	,00450	,694	-,0072	,0107
	90,00	-,0019	,00450	,674	-,0108	,0070
	98,00	,0061	,00450	,176	-,0028	,0151
85,00	75,00	,0054	,00450	,235	-,0036	,0143
	80,00	-,0018	,00450	,694	-,0107	,0072
	90,00	-,0037	,00450	,416	-,0126	,0053
	98,00	,0044	,00450	,336	-,0046	,0133
90,00	75,00	,0091*	,00450	,047	,0001	,0180
	80,00	,0019	,00450	,674	-,0070	,0108
	85,00	,0037	,00450	,416	-,0053	,0126
	98,00	,0080	,00450	,078	-,0009	,0170
98,00	75,00	,0010	,00450	,820	-,0079	,0100
	80,00	-,0061	,00450	,176	-,0151	,0028
	85,00	-,0044	,00450	,336	-,0133	,0046
	90,00	-,0080	,00450	,078	-,0170	,0009

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = ,000.

\*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

**ANEXO V**

Análise estatística dos resultados do parâmetro de cor *a* para os diferentes tempos (min) e temperaturas (°C) através do software IBM SPSS Statistics.

**Tabela 6.14** - Análise de variância para o parâmetro de cor *a* relativamente ao tempo (min) e temperatura (°C).

**Tests of Between-Subjects Effects**

Dependent Variable: Cora

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	4,164 <sup>a</sup>	24	,174	18,414	,000
Intercept	118,441	1	118,441	12570,138	,000
tempo	3,121	8	,390	41,404	,000
T	,352	4	,088	9,326	,000
tempo * T	,515	12	,043	4,557	,000
Error	,895	95	,009		
Total	169,414	120			
Corrected Total	5,059	119			

a. R Squared = ,823 (Adjusted R Squared = ,778)

**Tabela 6.15** - Comparação entre os diferentes tempos para o parâmetro de cor a.

**Multiple Comparisons**

Dependent Variable: Cora

LSD

(I) tempo	(J) tempo	Mean		Sig.	95% Confidence Interval	
		Difference (I-J)	Std. Error		Lower Bound	Upper Bound
,00	,17	-,5325*	,05743	,000	-,6465	-,4185
	,25	-,4071*	,04156	,000	-,4896	-,3246
	,50	-,4437*	,03470	,000	-,5126	-,3748
	1,00	-,3181*	,03470	,000	-,3870	-,2493
	2,50	-,1972*	,03070	,000	-,2581	-,1363
	3,50	-,1775*	,04156	,000	-,2600	-,0950
	5,00	-,2802*	,03070	,000	-,3411	-,2192
	7,50	-,3391*	,05743	,000	-,4531	-,2251
,17	,00	,5325*	,05743	,000	,4185	,6465
	,25	,1254	,06864	,071	-,0108	,2617
	,50	,0888	,06471	,173	-,0396	,2173
	1,00	,2144*	,06471	,001	,0859	,3429
	2,50	,3353*	,06266	,000	,2109	,4597
	3,50	,3550*	,06864	,000	,2187	,4913
	5,00	,2524*	,06266	,000	,1280	,3768
	7,50	,1934*	,07926	,017	,0361	,3508
,25	,00	,4071*	,04156	,000	,3246	,4896
	,17	-,1254	,06864	,071	-,2617	,0108
	,50	-,0366	,05116	,476	-,1382	,0650
	1,00	,0889	,05116	,085	-,0126	,1905
	2,50	,2099*	,04853	,000	,1135	,3062
	3,50	,2296*	,05604	,000	,1183	,3408
	5,00	,1269*	,04853	,010	,0306	,2233
	7,50	,0680	,06864	,325	-,0683	,2042
,50	,00	,4437*	,03470	,000	,3748	,5126
	,17	-,0888	,06471	,173	-,2173	,0396
	,25	,0366	,05116	,476	-,0650	,1382
	1,00	,1255*	,04576	,007	,0347	,2164
	2,50	,2465*	,04280	,000	,1615	,3315
	3,50	,2662*	,05116	,000	,1646	,3677
	5,00	,1635*	,04280	,000	,0786	,2485
	7,50	,1046	,06471	,109	-,0239	,2330
1,00	,00	,3181*	,03470	,000	,2493	,3870
	,17	-,2144*	,06471	,001	-,3429	-,0859
	,25	-,0889	,05116	,085	-,1905	,0126
	,50	-,1255*	,04576	,007	-,2164	-,0347
	2,50	,1209*	,04280	,006	,0360	,2059
	3,50	,1406*	,05116	,007	,0390	,2422
	5,00	,0380	,04280	,377	-,0470	,1230
	7,50	-,0210	,06471	,747	-,1494	,1075
2,50	,00	,1972*	,03070	,000	,1363	,2581
	,17	-,3353*	,06266	,000	-,4597	-,2109
	,25	-,2099*	,04853	,000	-,3062	-,1135
	,50	-,2465*	,04280	,000	-,3315	-,1615
	1,00	-,1209*	,04280	,006	-,2059	-,0360
	3,50	,0197	,04853	,686	-,0767	,1160
	5,00	-,0830*	,03963	,039	-,1616	-,0043
	7,50	-,1419*	,06266	,026	-,2663	-,0175

Continuação na página seguinte

3,50	,00	,1775*	,04156	,000	,0950	,2600
	,17	-,3550*	,06864	,000	-,4913	-,2187
	,25	-,2296*	,05604	,000	-,3408	-,1183
	,50	-,2662*	,05116	,000	-,3677	-,1646
	1,00	-,1406*	,05116	,007	-,2422	-,0390
	2,50	-,0197	,04853	,686	-,1160	,0767
	5,00	-,1026*	,04853	,037	-,1990	-,0063
	7,50	-,1616*	,06864	,021	-,2979	-,0253
5,00	,00	,2802*	,03070	,000	,2192	,3411
	,17	-,2524*	,06266	,000	-,3768	-,1280
	,25	-,1269*	,04853	,010	-,2233	-,0306
	,50	-,1635*	,04280	,000	-,2485	-,0786
	1,00	-,0380	,04280	,377	-,1230	,0470
	2,50	,0830*	,03963	,039	,0043	,1616
	3,50	,1026*	,04853	,037	,0063	,1990
	7,50	-,0590	,06266	,349	-,1834	,0654
7,50	,00	,3391*	,05743	,000	,2251	,4531
	,17	-,1934*	,07926	,017	-,3508	-,0361
	,25	-,0680	,06864	,325	-,2042	,0683
	,50	-,1046	,06471	,109	-,2330	,0239
	1,00	,0210	,06471	,747	-,1075	,1494
	2,50	,1419*	,06266	,026	,0175	,2663
	3,50	,1616*	,06864	,021	,0253	,2979
	5,00	,0590	,06266	,349	-,0654	,1834

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = ,009.

\*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

**Tabela 6.16 - Comparação entre as diferentes temperaturas para o parâmetro de cor a.**  
**Multiple Comparisons**

Dependent Variable: Cora  
LSD

(I) T	(J) T	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
75,00	80,00	,0125	,02802	,656	-,0431	,0681
	85,00	-,0539	,02802	,057	-,1095	,0017
	90,00	-,0860*	,02802	,003	-,1416	-,0303
	98,00	-,1415*	,02802	,000	-,1971	-,0859
80,00	75,00	-,0125	,02802	,656	-,0681	,0431
	85,00	-,0664*	,02802	,020	-,1221	-,0108
	90,00	-,0985*	,02802	,001	-,1541	-,0428
	98,00	-,1540*	,02802	,000	-,2097	-,0984
85,00	75,00	,0539	,02802	,057	-,0017	,1095
	80,00	,0664*	,02802	,020	,0108	,1221
	90,00	-,0320	,02802	,256	-,0877	,0236
	98,00	-,0876*	,02802	,002	-,1432	-,0320
90,00	75,00	,0860*	,02802	,003	,0303	,1416
	80,00	,0985*	,02802	,001	,0428	,1541
	85,00	,0320	,02802	,256	-,0236	,0877
	98,00	-,0556	,02802	,050	-,1112	,0001
98,00	75,00	,1415*	,02802	,000	,0859	,1971
	80,00	,1540*	,02802	,000	,0984	,2097
	85,00	,0876*	,02802	,002	,0320	,1432
	90,00	,0556	,02802	,050	-,0001	,1112

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = ,009. \*

The mean difference is significant at the 0.05 level.

## ANEXO VI

Análise estatística dos resultados do parâmetro de cor *b* para os diferentes tempos (min) e temperaturas (°C) através do software IBM SPSS Statistics.

**Tabela 6.17** - Análise de variância para o parâmetro de cor *b* relativamente ao tempo (min) e temperatura (°C).

### Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Corb

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	,098 <sup>a</sup>	24	,004	1,131	,327
Intercept	71,320	1	71,320	19744,600	,000
tempo	,019	8	,002	,650	,734
T	,049	4	,012	3,382	,012
tempo * T	,010	12	,001	,240	,996
Error	,343	95	,004		
Total	119,884	120			
Corrected Total	,441	119			

a. R Squared = ,222 (Adjusted R Squared = ,026)

**Tabela 6.18** - Comparação entre os diferentes tempos para o parâmetro de cor *b*.

### Multiple Comparisons

Dependent Variable: Corb

LSD

(I) tempo	(J) tempo	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval Lower Bound	Upper Bound
,00	,17	-,0423	,03556	,238	-,1129	,0283
	,25	-,0415	,02573	,110	-,0926	,0096
	,50	-,0274	,02148	,205	-,0700	,0153
	1,00	-,0246	,02148	,256	-,0672	,0181
	2,50	,0053	,01901	,782	-,0325	,0430
	3,50	,0039	,02573	,880	-,0472	,0550
	5,00	-,0026	,01901	,890	-,0404	,0351
	7,50	-,0185	,03556	,604	-,0891	,0521
,17	,00	,0423	,03556	,238	-,0283	,1129
	,25	,0008	,04250	,985	-,0836	,0852
	,50	,0149	,04007	,711	-,0647	,0944
	1,00	,0177	,04007	,660	-,0619	,0972
	2,50	,0475	,03879	,223	-,0295	,1246
	3,50	,0462	,04250	,280	-,0382	,1305
	5,00	,0396	,03879	,310	-,0374	,1166
	7,50	,0237	,04907	,630	-,0737	,1212
,25	,00	,0415	,02573	,110	-,0096	,0926
	,17	-,0008	,04250	,985	-,0852	,0836
	,50	,0141	,03168	,658	-,0488	,0770
	1,00	,0169	,03168	,595	-,0460	,0798
	2,50	,0468	,03005	,123	-,0129	,1064
	3,50	,0454	,03470	,194	-,0235	,1143
	5,00	,0388	,03005	,199	-,0208	,0985
	7,50	,0230	,04250	,590	-,0614	,1073

Continuação na página seguinte

,50	,00	,0274	,02148	,205	-,0153	,0700
	,17	-,0149	,04007	,711	-,0944	,0647
	,25	-,0141	,03168	,658	-,0770	,0488
	1,00	,0028	,02833	,921	-,0534	,0591
	2,50	,0327	,02650	,221	-,0199	,0853
	3,50	,0313	,03168	,326	-,0316	,0942
	5,00	,0248	,02650	,353	-,0279	,0774
	7,50	,0089	,04007	,825	-,0707	,0884
1,00	,00	,0246	,02148	,256	-,0181	,0672
	,17	-,0177	,04007	,660	-,0972	,0619
	,25	-,0169	,03168	,595	-,0798	,0460
	,50	-,0028	,02833	,921	-,0591	,0534
	2,50	,0298	,02650	,263	-,0228	,0825
	3,50	,0285	,03168	,371	-,0344	,0914
	5,00	,0219	,02650	,410	-,0307	,0745
	7,50	,0061	,04007	,880	-,0735	,0856
2,50	,00	-,0053	,01901	,782	-,0430	,0325
	,17	-,0475	,03879	,223	-,1246	,0295
	,25	-,0468	,03005	,123	-,1064	,0129
	,50	-,0327	,02650	,221	-,0853	,0199
	1,00	-,0298	,02650	,263	-,0825	,0228
	3,50	-,0014	,03005	,963	-,0610	,0583
	5,00	-,0079	,02454	,748	-,0566	,0408
	7,50	-,0238	,03879	,541	-,1008	,0532
3,50	,00	-,0039	,02573	,880	-,0550	,0472
	,17	-,0462	,04250	,280	-,1305	,0382
	,25	-,0454	,03470	,194	-,1143	,0235
	,50	-,0313	,03168	,326	-,0942	,0316
	1,00	-,0285	,03168	,371	-,0914	,0344
	2,50	,0014	,03005	,963	-,0583	,0610
	5,00	-,0065	,03005	,828	-,0662	,0531
	7,50	-,0224	,04250	,599	-,1068	,0620
5,00	,00	,0026	,01901	,890	-,0351	,0404
	,17	-,0396	,03879	,310	-,1166	,0374
	,25	-,0388	,03005	,199	-,0985	,0208
	,50	-,0248	,02650	,353	-,0774	,0279
	1,00	-,0219	,02650	,410	-,0745	,0307
	2,50	,0079	,02454	,748	-,0408	,0566
	3,50	,0065	,03005	,828	-,0531	,0662
	7,50	-,0159	,03879	,683	-,0929	,0611
7,50	,00	,0185	,03556	,604	-,0521	,0891
	,17	-,0237	,04907	,630	-,1212	,0737
	,25	-,0230	,04250	,590	-,1073	,0614
	,50	-,0089	,04007	,825	-,0884	,0707
	1,00	-,0061	,04007	,880	-,0856	,0735
	2,50	,0238	,03879	,541	-,0532	,1008
	3,50	,0224	,04250	,599	-,0620	,1068
	5,00	,0159	,03879	,683	-,0611	,0929

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = ,004.

**Tabela 6.19** - Comparação entre as diferentes temperaturas para o parâmetro de cor *b*.

**Multiple Comparisons**

Dependent Variable: Corb

LSD

(I) T	(J) T	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
75,00	80,00	-,0568*	,01735	,001	-,0913	-,0224
	85,00	-,0375*	,01735	,033	-,0719	-,0030
	90,00	-,0153	,01735	,379	-,0498	,0191
	98,00	-,0628*	,01735	,000	-,0973	-,0284
80,00	75,00	,0568*	,01735	,001	,0224	,0913
	85,00	,0194	,01735	,267	-,0151	,0538
	90,00	,0415*	,01735	,019	,0071	,0759
	98,00	-,0060	,01735	,731	-,0404	,0285
85,00	75,00	,0375*	,01735	,033	,0030	,0719
	80,00	-,0194	,01735	,267	-,0538	,0151
	90,00	,0221	,01735	,205	-,0123	,0566
	98,00	-,0254	,01735	,147	-,0598	,0091
90,00	75,00	,0153	,01735	,379	-,0191	,0498
	80,00	-,0415*	,01735	,019	-,0759	-,0071
	85,00	-,0221	,01735	,205	-,0566	,0123
	98,00	-,0475*	,01735	,007	-,0819	-,0130
98,00	75,00	,0628*	,01735	,000	,0284	,0973
	80,00	,0060	,01735	,731	-,0285	,0404
	85,00	,0254	,01735	,147	-,0091	,0598
	90,00	,0475*	,01735	,007	,0130	,0819

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = ,004.

\*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

**ANEXO VII**

Análise estatística dos resultados do teor em compostos fenólicos totais para os diferentes tempos (min) e temperaturas (°C) através do software IBM SPSS Statistics.

**Tabela 6.20** - Análise de variância para o teor em compostos fenólicos totais relativamente ao tempo (min) e temperatura (°C).

**Tests of Between-Subjects Effects**

Dependent Variable: Fenólicos

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	4,657 <sup>a</sup>	24	,194	9,028	,000
Intercept	33,992	1	33,992	1581,390	,000
tempo	4,108	8	,513	23,889	,000
T	,464	4	,116	5,392	,001
tempo * T	,727	12	,061	2,819	,003
Error	1,913	89	,021		
Total	77,107	114			
Corrected Total	6,570	113			

a. R Squared = ,709 (Adjusted R Squared = ,630)

**Tabela 6.21** - Comparação entre os diferentes tempos para o teor em compostos fenólicos totais.

**Multiple Comparisons**

Dependent Variable: Fenólicos

LSD

(I) tempo	(J) tempo	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
,00	,17	,0961	,08697	,272	-,0767	,2689
	,25	,1694*	,06309	,009	,0441	,2948
	,50	,3123*	,05279	,000	,2074	,4172
	1,00	,4257*	,05279	,000	,3209	,5306
	2,50	,3729*	,04679	,000	,2800	,4659
	3,50	,3348*	,06309	,000	,2095	,4602
	5,00	,3918*	,04679	,000	,2989	,4848
	7,50	,3536*	,08697	,000	,1808	,5264
,17	,00	-,0961	,08697	,272	-,2689	,0767
	,25	,0733	,10367	,482	-,1327	,2793
	,50	,2162*	,09774	,030	,0220	,4104
	1,00	,3296*	,09774	,001	,1354	,5238
	2,50	,2768*	,09464	,004	,0888	,4649
	3,50	,2387*	,10367	,024	,0327	,4447
	5,00	,2957*	,09464	,002	,1077	,4837
	7,50	,2575*	,11971	,034	,0197	,4954
,25	,00	-,1694*	,06309	,009	-,2948	-,0441
	,17	-,0733	,10367	,482	-,2793	,1327
	,50	,1429	,07727	,068	-,0106	,2964
	1,00	,2563*	,07727	,001	,1028	,4099
	2,50	,2035*	,07331	,007	,0579	,3492
	3,50	,1654	,08465	,054	-,0028	,3336
	5,00	,2224*	,07331	,003	,0768	,3681
	7,50	,1842	,10367	,079	-,0218	,3902
,50	,00	-,3123*	,05279	,000	-,4172	-,2074
	,17	-,2162*	,09774	,030	-,4104	-,0220
	,25	-,1429	,07727	,068	-,2964	,0106
	1,00	,1134	,06911	,104	-,0239	,2507
	2,50	,0606	,06465	,351	-,0678	,1891
	3,50	,0225	,07727	,771	-,1310	,1761
	5,00	,0795	,06465	,222	-,0489	,2080
	7,50	,0413	,09774	,673	-,1529	,2355
1,00	,00	-,4257*	,05279	,000	-,5306	-,3209
	,17	-,3296*	,09774	,001	-,5238	-,1354
	,25	-,2563*	,07727	,001	-,4099	-,1028
	,50	-,1134	,06911	,104	-,2507	,0239
	2,50	-,0528	,06465	,416	-,1812	,0757
	3,50	-,0909	,07727	,243	-,2444	,0626
	5,00	-,0339	,06465	,601	-,1624	,0946
	7,50	-,0721	,09774	,463	-,2663	,1221
2,50	,00	-,3729*	,04679	,000	-,4659	-,2800
	,17	-,2768*	,09464	,004	-,4649	-,0888
	,25	-,2035*	,07331	,007	-,3492	-,0579
	,50	-,0606	,06465	,351	-,1891	,0678
	1,00	,0528	,06465	,416	-,0757	,1812
	3,50	-,0381	,07331	,605	-,1838	,1076
	5,00	,0189	,05985	,753	-,1000	,1378
	7,50	-,0193	,09464	,839	-,2073	,1687

Continuação na página seguinte

3,50	,00	-,3348*	,06309	,000	-,4602	-,2095
	,17	-,2387*	,10367	,024	-,4447	-,0327
	,25	-,1654	,08465	,054	-,3336	,0028
	,50	-,0225	,07727	,771	-,1761	,1310
	1,00	,0909	,07727	,243	-,0626	,2444
	2,50	,0381	,07331	,605	-,1076	,1838
	5,00	,0570	,07331	,439	-,0887	,2026
	7,50	,0188	,10367	,857	-,1872	,2248
5,00	,00	-,3918*	,04679	,000	-,4848	-,2989
	,17	-,2957*	,09464	,002	-,4837	-,1077
	,25	-,2224*	,07331	,003	-,3681	-,0768
	,50	-,0795	,06465	,222	-,2080	,0489
	1,00	,0339	,06465	,601	-,0946	,1624
	2,50	-,0189	,05985	,753	-,1378	,1000
	3,50	-,0570	,07331	,439	-,2026	,0887
	7,50	-,0382	,09464	,688	-,2262	,1498
7,50	,00	-,3536*	,08697	,000	-,5264	-,1808
	,17	-,2575*	,11971	,034	-,4954	-,0197
	,25	-,1842	,10367	,079	-,3902	,0218
	,50	-,0413	,09774	,673	-,2355	,1529
	1,00	,0721	,09774	,463	-,1221	,2663
	2,50	,0193	,09464	,839	-,1687	,2073
	3,50	-,0188	,10367	,857	-,2248	,1872
	5,00	,0382	,09464	,688	-,1498	,2262

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = ,021.

\*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

**Tabela 6.22 - Comparação entre as diferentes temperaturas para o teor em compostos fenólicos totais.**  
**Multiple Comparisons**

Dependent Variable: Fenólicos  
LSD

(I) T	(J) T	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
75,00	80,00	-,0164	,04232	,700	-,1005	,0677
	85,00	-,0330	,04232	,437	-,1171	,0510
	90,00	-,0200	,04232	,638	-,1041	,0641
	98,00	,0688	,04571	,136	-,0221	,1596
80,00	75,00	,0164	,04232	,700	-,0677	,1005
	85,00	-,0167	,04232	,695	-,1008	,0674
	90,00	-,0036	,04232	,933	-,0877	,0805
	98,00	,0852	,04571	,066	-,0057	,1760
85,00	75,00	,0330	,04232	,437	-,0510	,1171
	80,00	,0167	,04232	,695	-,0674	,1008
	90,00	,0131	,04232	,758	-,0710	,0972
	98,00	,1018*	,04571	,028	,0110	,1927
90,00	75,00	,0200	,04232	,638	-,0641	,1041
	80,00	,0036	,04232	,933	-,0805	,0877
	85,00	-,0131	,04232	,758	-,0972	,0710
	98,00	,0888	,04571	,055	-,0021	,1796
98,00	75,00	-,0688	,04571	,136	-,1596	,0221
	80,00	-,0852	,04571	,066	-,1760	,0057
	85,00	-,1018*	,04571	,028	-,1927	-,0110
	90,00	-,0888	,04571	,055	-,1796	,0021

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = ,021

\* The mean difference is significant at the 0.05 level.

## ANEXO VIII

Análise estatística dos resultados da atividade antioxidante para os diferentes tempos (min) e temperaturas (°C) através do software IBM SPSS Statistics.

**Tabela 6.23** - Análise de variância para a atividade antioxidante relativamente ao tempo (min) e temperatura (°C).

### Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: AOAX

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	3,500 <sup>a</sup>	24	,146	26,258	,000
Intercept	50,062	1	50,062	9014,626	,000
tempo	,897	8	,112	20,199	,000
T	,915	4	,229	41,186	,000
tempo * T	,660	12	,055	9,897	,000
Error	,494	89	,006		
Total	95,533	114			
Corrected Total	3,994	113			

a. R Squared = ,876 (Adjusted R Squared = ,843)

**Tabela 6.24** - Comparação entre os diferentes tempos para a atividade antioxidante.

### Multiple Comparisons

Dependent Variable: AOAX

LSD

(I) tempo	(J) tempo	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval Lower Bound	Upper Bound
,00	,17	-,1288*	,04420	,005	-,2166	-,0409
	,25	-,0796*	,03207	,015	-,1433	-,0159
	,50	-,0089	,02683	,741	-,0622	,0444
	1,00	,1153*	,02683	,000	,0620	,1686
	2,50	,2461*	,02378	,000	,1988	,2934
	3,50	,3711*	,03207	,000	,3073	,4348
	5,00	,2602*	,02378	,000	,2129	,3075
	7,50	,4371*	,04420	,000	,3493	,5250
,17	,00	,1288*	,04420	,005	,0409	,2166
	,25	,0492	,05269	,353	-,0555	,1539
	,50	,1199*	,04968	,018	,0211	,2186
	1,00	,2441*	,04968	,000	,1453	,3428
	2,50	,3749*	,04810	,000	,2793	,4704
	3,50	,4998*	,05269	,000	,3951	,6045
	5,00	,3890*	,04810	,000	,2934	,4845
	7,50	,5659*	,06085	,000	,4450	,6868
,25	,00	,0796*	,03207	,015	,0159	,1433
	,17	-,0492	,05269	,353	-,1539	,0555
	,50	,0707	,03928	,075	-,0073	,1487
	1,00	,1949*	,03928	,000	,1168	,2729
	2,50	,3257*	,03726	,000	,2517	,3997
	3,50	,4507*	,04302	,000	,3652	,5361
	5,00	,3398*	,03726	,000	,2658	,4138
	7,50	,5167*	,05269	,000	,4120	,6214

Continuação na página seguinte

,50	,00	,0089	,02683	,741	-,0444	,0622
	,17	-,1199*	,04968	,018	-,2186	-,0211
	,25	-,0707	,03928	,075	-,1487	,0073
	1,00	,1242*	,03513	,001	,0544	,1940
	2,50	,2550*	,03286	,000	,1897	,3203
	3,50	,3800*	,03928	,000	,3019	,4580
	5,00	,2691*	,03286	,000	,2038	,3344
	7,50	,4460*	,04968	,000	,3473	,5447
1,00	,00	-,1153*	,02683	,000	-,1686	-,0620
	,17	-,2441*	,04968	,000	-,3428	-,1453
	,25	-,1949*	,03928	,000	-,2729	-,1168
	,50	-,1242*	,03513	,001	-,1940	-,0544
	2,50	,1308*	,03286	,000	,0655	,1961
	3,50	,2558*	,03928	,000	,1777	,3338
	5,00	,1449*	,03286	,000	,0796	,2102
	7,50	,3218*	,04968	,000	,2231	,4206
2,50	,00	-,2461*	,02378	,000	-,2934	-,1988
	,17	-,3749*	,04810	,000	-,4704	-,2793
	,25	-,3257*	,03726	,000	-,3997	-,2517
	,50	-,2550*	,03286	,000	-,3203	-,1897
	1,00	-,1308*	,03286	,000	-,1961	-,0655
	3,50	,1250*	,03726	,001	,0509	,1990
	5,00	,0141	,03042	,644	-,0463	,0746
	7,50	,1910*	,04810	,000	,0954	,2866
3,50	,00	-,3711*	,03207	,000	-,4348	-,3073
	,17	-,4998*	,05269	,000	-,6045	-,3951
	,25	-,4507*	,04302	,000	-,5361	-,3652
	,50	-,3800*	,03928	,000	-,4580	-,3019
	1,00	-,2558*	,03928	,000	-,3338	-,1777
	2,50	-,1250*	,03726	,001	-,1990	-,0509
	5,00	-,1109*	,03726	,004	-,1849	-,0368
	7,50	,0661	,05269	,213	-,0386	,1708
5,00	,00	-,2602*	,02378	,000	-,3075	-,2129
	,17	-,3890*	,04810	,000	-,4845	-,2934
	,25	-,3398*	,03726	,000	-,4138	-,2658
	,50	-,2691*	,03286	,000	-,3344	-,2038
	1,00	-,1449*	,03286	,000	-,2102	-,0796
	2,50	-,0141	,03042	,644	-,0746	,0463
	3,50	,1109*	,03726	,004	,0368	,1849
	7,50	,1769*	,04810	,000	,0813	,2725
7,50	,00	-,4371*	,04420	,000	-,5250	-,3493
	,17	-,5659*	,06085	,000	-,6868	-,4450
	,25	-,5167*	,05269	,000	-,6214	-,4120
	,50	-,4460*	,04968	,000	-,5447	-,3473
	1,00	-,3218*	,04968	,000	-,4206	-,2231
	2,50	-,1910*	,04810	,000	-,2866	-,0954
	3,50	-,0661	,05269	,213	-,1708	,0386
	5,00	-,1769*	,04810	,000	-,2725	-,0813

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = ,006.

\*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

**Tabela 6.25** - Comparação entre as diferentes temperaturas para a atividade antioxidante.

**Multiple Comparisons**

Dependent Variable: AOAX

LSD

(I) T	(J) T	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
75,00	80,00	,0393	,02227	,081	-,0049	,0836
	85,00	-,1221*	,02151	,000	-,1648	-,0793
	90,00	-,1890*	,02151	,000	-,2317	-,1462
	98,00	-,2896*	,02227	,000	-,3338	-,2453
80,00	75,00	-,0393	,02227	,081	-,0836	,0049
	85,00	-,1614*	,02227	,000	-,2057	-,1172
	90,00	-,2283*	,02227	,000	-,2725	-,1841
	98,00	-,3289*	,02300	,000	-,3746	-,2832
85,00	75,00	,1221*	,02151	,000	,0793	,1648
	80,00	,1614*	,02227	,000	,1172	,2057
	90,00	-,0669*	,02151	,003	-,1096	-,0241
	98,00	-,1675*	,02227	,000	-,2117	-,1232
90,00	75,00	,1890*	,02151	,000	,1462	,2317
	80,00	,2283*	,02227	,000	,1841	,2725
	85,00	,0669*	,02151	,003	,0241	,1096
	98,00	-,1006*	,02227	,000	-,1448	-,0564
98,00	75,00	,2896*	,02227	,000	,2453	,3338
	80,00	,3289*	,02300	,000	,2832	,3746
	85,00	,1675*	,02227	,000	,1232	,2117
	90,00	,1006*	,02227	,000	,0564	,1448

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = ,006.

\*. The mean difference is significant at the 0.05 level.