

Instituto Politécnico de Santarém  
Escola Superior Agrária de Santarém  
Mestrado em Tecnologia Alimentar



Avaliação química, física e reológica  
de frutos de genótipos de tomateiro  
de acessos tradicionais frescos e  
refrigerados

Dissertação apresentada para obtenção do  
grau de Mestre em Tecnologia Alimentar

HELENA ISABEL SANTOS LUCAS

Orientadora: Doutora Maria Paula Marinho Pinto

Coorientadora: Mestre Maria Gabriela Basto de Lima

Coorientadora: Dr.<sup>a</sup> Maria Antonieta Santana

## ORIENTADORES/ COORIENTADORES

Docente Doutora Maria Paula de Sousa Ferreira da Silva Marinho Pinto

Docente Mestre Maria Gabriela Oliveira Lima Basto de Lima

Docente Dr.<sup>a</sup> Maria Antonieta Borges Soares e Simas Santana

## COLABORADORES

Mestre Isabel Maria Montez Torgal Santos

Eng.<sup>a</sup> Maria da Conceição da Costa Tovar de Faro

Doutora Maria de Fátima Briosso Quedas

Mestre Maria de Fátima Rodrigues Lopes

Técnica Anabela Dias Oliveira Matos

Técnica Ana Maria Duarte dos Reis Figueiras

**Partes desta dissertação já foram apresentadas** sob a forma de:

*Poster,*

6ª Reunião Anual PortFIR, realizada no INSA, I.P. - Lisboa em 31 de Outubro de 2013 sob o título: ” *Estudo exploratório da estimativa indireta de licopeno via análise colorimétrica de genótipos de tomateiro de acessos tradicionais frescos e refrigerados*”.

Congresso “INVESTIGAÇÃO, INOVAÇÃO E TECNOLOGIA: NOVOS DESAFIOS”, realizado na Escola Superior de Saúde do Instituto Politécnico de Santarém em 6 e 7 de fevereiro de 2014 sob o título:” *Estudo exploratório da estimativa indireta de licopeno via análise colorimétrica de genótipos de tomateiro de acessos tradicionais frescos e refrigerados*”

*Comunicação oral,*

1ª Sessão do Ciclo de Seminários da Licenciatura em Engenharia Alimentar - 2014, realizada na Escola Superior Agrária de Santarém em 13 de março de 2014 sob o título: “*Caracterização físico-química e reológica de acessos de tomateiro do BPGV, em fresco e refrigerado*”.

## DEDICO

Aos meus pais, Manuela e David

Aos meus avós, Constança e Joaquim

Ao meu namorado Rodrigo

## Agradecimentos.

À Doutora Fátima Quedas, pela oportunidade de integração no projeto “*Conservação e melhoramento de cucurbitáceas (melancia e pepino) e solanáceas (tomate e pimento)*”, para realização deste trabalho.

Consciente que o trabalho que resultou nesta dissertação muito se deve àqueles que com os seus conhecimentos e boa vontade me acompanharam durante a sua preparação, expresso o meu reconhecimento:

À Professora M. Gabriela Basto de Lima, pela sua amizade, grande disponibilidade, estímulo, humanidade, colaboração e orientação;

À Professora Cristina Laranjeira, por toda a cooperação e atenção nas determinadas etapas deste trabalho.

As técnicas Anabela Matos e Ana Figueira, pelos auxílios prestados, pela amizade e agradável convivência no laboratório;

À Mestre Isabel Torgal Santos e à Eng.<sup>a</sup> Maria da conceição Faro, pela colaboração nas análises Reológicas;

À Professora Antonieta Santana, pela orientação nas análises Químicas;

As colegas do Mestrado em Tecnologia Alimentar, pela amizade e convivência;

Aos meus pais e namorado pelo carinho, dedicação, apoiou e incentivou em todos os momentos;

A todos aqueles que, de uma maneira ou de outra, contribuíram para a concretização deste trabalho.

A todos o meu obrigado!



## Resumo.

Neste estudo, procedeu-se à avaliação química (pH e teores de licopeno), física (cor e sólidos solúveis totais) e reológica (textura) de frutos de genótipos de tomateiro de acessos tradicionais frescos e refrigerados. Efetuou-se um estudo exploratório relativamente à estimativa indireta de teores de licopeno via análise colorimétrica. Foram utilizadas nas análises duas formas de amostragem: (1) Frutos inteiros; (2) Polpa homogeneizada.

Relativamente aos resultados obtidos, procedeu-se a um tratamento estatístico, análise de variâncias (ANOVA/MANOVA) e análise de componentes principais (APC), de forma a se obter uma melhor compreensão de todos os parâmetros em estudo.

Constatou-se que a refrigeração não afeta os frutos de determinados acessos nos mesmos parâmetros analisados.

Na estimativa dos teores de licopeno via análise colorimétrica, a polpa homogeneizada é considerada uma das melhores alternativas de correlação, associada à coordenada de cromaticidade  $a^*$ .

**Palavras- Chave:** Tomate, Cor, Teores de Licopeno, pH, SST, Textura, Refrigeração.



## Abstract.

In this paper, proceeded to review chemical (pH and Lycopene), physical (Color and Total Soluble Solids) and rheological (Texture) of fruits of tomato genotypes of fresh and chilled traditional approaches. And an exploratory study concerning the indirect estimation of lycopene via colorimetric analysis. Were taken using two sampling strategies: (1) whole fruit; (2) homogenized pulp.

Regarding the results obtained, we proceeded to a statistical treatment, analysis of variance (ANOVA/MANOVA) and principal component analysis (PCA) in order to obtain a better understanding of all parameters studied.

It was found that the cooling does not affect access to the same parameters analyzed.

In estimating lycopene via colorimetric analysis, homogenized pulp is considered one of the best alternatives correlation associated with chromaticity coordinate  $a^*$ .

**Key-words:** Tomato, Color, Lycopene, pH, TSS, Texture, Cooling.



# Índice Geral.

<b>Agradecimentos .....</b>	<b>IV</b>
<b>Resumo .....</b>	<b>V</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>VI</b>
<b>Índice Geral.....</b>	<b>VII</b>
<b>Índice de Quadros.....</b>	<b>X</b>
<b>Índice de Figuras .....</b>	<b>XII</b>
<b>Índice de Gráficos.....</b>	<b>XIV</b>
<b>I – Introdução .....</b>	<b>1</b>
Enquadramento da Dissertação.....	2
Objetivos.....	3
Introdução .....	4
<b>II - Enquadramento Conceptual .....</b>	<b>8</b>
1.Caracterização do tomate.....	9
1.1. Origem. ....	9
1.2. Morfologia. ....	9
1.3. Composição. ....	11
1.4. Importância económica.....	12
2. Características de qualidade do tomate na pós-colheita. ....	14
2.1. Amadurecimento dos frutos do tomateiro .....	15
2.2. Alterações físico-químicas na maturação do tomate. ....	16
Cor.....	16
Estados de maturação do tomate.....	18
Firmeza.....	19
Sólidos solúveis e pH.....	21
2.3. Conservação na pós-colheita.....	22
Refrigeração. ....	22
3 - Avaliação Reológica e Física. ....	24
3.1. Reologia. ....	24
Textura. ....	24
3.2. Cor.....	26
3.3. Sólidos solúveis totais ( <sup>o</sup> Brix). ....	31



4 - Avaliação Química.....	32
4.1. Carotenoides.....	32
4.1.1. Licopeno.....	33
Efeitos para a saúde humana.....	35
4.2. Potencial Hidrogeniónico (pH).....	36
<b>III – Material e Métodos .....</b>	<b>38</b>
1. Material em estudo.....	39
2. Preparação das amostras.....	40
3. Avaliação Reológica e Física.....	41
3.1. Metodologia – Textura.....	41
3.1.1. Medição da textura.....	41
Texturómetro <i>STEVENS QTS – 25</i> .....	42
Procedimento.....	42
3.2. Metodologia – Cor.....	44
3.2.1. Determinação instrumental da cor.....	44
Procedimento.....	45
3.3. Metodologia – Sólidos solúveis totais ( <sup>0</sup> Brix).....	46
Procedimento.....	46
4. Avaliação Química.....	46
4.1. Metodologia – Teor de Licopeno.....	46
4.1.1. Espectrofotometria.....	46
Procedimento.....	47
4.2. Metodologia – Potencial Hidrogeniónico (pH).....	49
Procedimento.....	49
4.3. Análise estatística de resultados.....	49
<b>IV - Apresentação e Discussão dos resultados .....</b>	<b>51</b>
1. Avaliação Reológica e Física.....	52
1.1. Textura.....	52
1.2. Cor.....	58
1.3. Sólidos solúveis totais ( <sup>0</sup> Brix).....	72
2. Avaliação Química.....	76
2.1. Teor de licopeno.....	76



2.2. Potencial Hidrogeniônico (pH).....	79
3. Análise de possíveis correlações entre parâmetros.....	83
3.1. Variação das Componentes Principais dos acessos de tomate.....	84
Acessos Frescos. ....	84
Acessos Refrigerados. ....	86
3.2. Parâmetros dos frutos fresco vs. parâmetros dos frutos refrigerados ...	88
4. Estimativa indireta dos níveis de licopeno via análise colorimétrica. ....	89
<b>V- Considerações Finais.....</b>	<b>93</b>
<b>VI – Bibliografia. ....</b>	<b>97</b>
1. Bibliografia. ....	98
1.1. Bibliografia <i>ON-LINE</i> . ....	106
<b>Anexo I – Textura.....</b>	<b>107</b>
<b>Anexo II – Cor. ....</b>	<b>112</b>
<b>Anexo III – Sólidos Solúveis Totais (°Brix). ....</b>	<b>119</b>
<b>Anexo IV – Teor de Licopeno.....</b>	<b>122</b>
<b>Anexo V – Potencial Hidrogeniônico (pH).....</b>	<b>125</b>
<b>Anexo VI - Análise de Componentes Principais (ACP) .....</b>	<b>128</b>
<b>Anexo VII - Estimativa indireta dos níveis de licopeno via análise colorimétrica. ...</b>	<b>131</b>



## Índice de Quadros.

<b>Quadro 1</b> – Estados de maturação do tomate .....	18
<b>Quadro 2</b> – Alterações de cor durante o amadurecimento do tomate .....	19
<b>Quadro 3</b> – Parâmetros de textura do tomate em diferentes estágios de maturação .....	21
<b>Quadro 4</b> - Teor de Sólidos solúveis durante o amadurecimento do tomate.....	22
<b>Quadro 5</b> - Condições recomendadas para o armazenamento.....	23
<b>Quadro 6</b> - Estados de cor USDA em relação a $a^*/b^*$ .....	30
<b>Quadro 7</b> - Teores de licopeno de alguns frutos e vegetais.....	35
<b>Quadro 8</b> - Caracterização por cor .....	39
<b>Quadro 9</b> - Condições de ensaio para a determinação da textura no tomate.....	43
<b>Quadro 10</b> – Definições dos termos descritivos para parâmetros de textura do tomate ....	44
<b>Quadro 11</b> – Coeficientes de correlação linear e exponencial entre os parâmetros de cromaticidade e o teor de licopeno dos frutos frescos e refrigerados.....	90
<b>Quadro 12</b> - Acessos frescos vs. Acesso refrigerados – Textura .....	94
<b>Quadro 13</b> - Acessos frescos vs. Acesso refrigerados – Cor.....	95
<b>Quadro 14</b> - Valores médios e respectivos desvios-padrão dos parâmetros de textura .....	108
<b>Quadro 15</b> - Teste significância de multivariada de <i>Wilks</i> (ANOVA/MANOVA) – Textura -Frutos inteiro fresco vs. Fruto inteiro refrigerado .....	111
<b>Quadro 16</b> - Valores médios e respetivo desvios-padrão dos parâmetros da cor nos diferentes acessos frescos e refrigerados – Padrões .....	113
<b>Quadro 17</b> - Valores médios e respetivo desvios-padrão dos parâmetros da cor nos diferentes acessos frescos e refrigerados – Leituras.....	114
<b>Quadro 18</b> - Teste significância de multivariada de <i>Wilks</i> (ANOVA/MANOVA) – Cor -Frutos inteiro fresco vs Fruto inteiro refrigerado.....	118
<b>Quadro 19</b> - Teste significância multivariada de <i>Wilks</i> (ANOVA/MANOVA) – Cor - Polpa homogeneizada fresca vs. Polpa homogeneizada refrigerada .....	118
<b>Quadro 20</b> - Resultados dos SST relativos as duas subamostras frescas e as duas subamostras refrigeradas .....	120
<b>Quadro 21</b> - Valores médios e respetivo desvio-padrão de teor de sólidos solúveis totais ( $^{\circ}$ Brix).....	120



<b>Quadro 22</b> - Teste significância multivariada de <i>Wilks</i> (ANOVA/MANOVA) - SST – Polpa homogeneizada fresca vs. Polpa homogeneizada refrigerados.....	121
<b>Quadro 23</b> – Resultados dos T. licopeno relativos as duas subamostras frescas e as duas subamostras refrigeradas .....	123
<b>Quadro 24</b> - Valores médios e respetivo desvio-padrão de teor de licopeno (mg/kg).....	123
<b>Quadro 25</b> - Teste multivariada de significância <i>Wilks</i> (ANOVA/MANOVA) – T. licopeno - Curva fresco vs. Formula fresco.....	124
<b>Quadro 26</b> - Teste multivariada de significância <i>Wilks</i> (ANOVA/MANOVA) - T. licopeno Curva fresco vs. Formula Refrigerado.....	124
<b>Quadro 27</b> - Teste multivariada de significância <i>Wilks</i> (ANOVA/MANOVA) - T. de licopeno - Polpa homogeneizada fresca vs. Polpa homogeneizada.....	124
<b>Quadro 28</b> - Resultados do pH relativos as duas subamostras frescas e as duas subamostras refrigeradas .....	126
<b>Quadro 29</b> - Valores médios e respetivo desvio- padrão do potencial Hidrogeniônico (pH) .....	126
<b>Quadro 30</b> - Teste multivariada de significância <i>Wilks</i> (ANOVA/MANOVA) - pH – polpa homogeneizada fresca vs. Polpa homogeneizada .....	127
<b>Quadro 31</b> - Matriz de correlações de valores próprios para os parâmetros físico-químicos – Acessos Frescos .....	129
<b>Quadro 32</b> - Correlações das variáveis com os fatores principais – Acessos Fresco.....	129
<b>Quadro 33</b> - Matriz de correlações de valores próprios para os parâmetros físico-químicos – Acessos Refrigerados .....	130
<b>Quadro 34</b> - Correlações das variáveis com os fatores principais – Acessos Refrigerado .....	130
<b>Quadro 35</b> - Valores dos parâmetros colorimétricos L*, a* e b* da polpa homogeneizada fresca e refrigerada .....	132



## Índice de Figuras.

<b>Figura 1</b> - Partes constituintes do tomate .....	10
<b>Figura 2</b> - Morfologia do tomate .....	10
<b>Figura 3</b> - Composição Química do Tomate .....	12
<b>Figura 4</b> - Produção das principais culturas hortícolas.....	13
<b>Figura 5</b> - Qualidades organolépticas do tomate, de acordo com a sua maturidade .....	17
<b>Figura 6</b> - Inter-relações nos estudos de textura.....	24
<b>Figura 7</b> - Diagrama do olho humano.....	27
<b>Figura 8</b> – Espaço de cor CIEL*a*b*.....	28
<b>Figura 9</b> - Diagrama de cromaticidade a*, b* .....	29
<b>Figura 10</b> - Medição da cor do tomate.....	29
<b>Figura 11</b> - Estrutura molecular do licopeno.....	33
<b>Figura 12</b> – Esquema da amostragem.....	40
<b>Figura 13</b> - Texturómetro <i>Stevens QTS – 25</i> .....	42
<b>Figura 14</b> - Colorímetro com medição de diferença de cor CR-400 .....	45
<b>Figura 15</b> - Leituras de coloração externa do fruto e Placa de Petri CM-A128.....	45
<b>Figura 16</b> - Representação esquemática de num espectrofotómetro de feixe duplo .....	47
<b>Figura 17</b> – Abs <sub>503</sub> <i>versus</i> concentração de licopeno (mg/L) em hexano.....	49
<b>Figura 18</b> - Paleta de cores do fruto inteiro e polpa homogeneizada dos <i>versus</i> acessos frescos e refrigerados.....	71
<b>Figura 19</b> - Análise de Componentes Principais, utilizando os parâmetros físicos, químicos e reológicos dos acessos frescos: Projeção das variáveis no plano (1x2) (A) e Projeção dos casos no plano (B) .....	85
<b>Figura 20</b> - Análise de Componentes Principais, utilizando os parâmetros físicos, químicos e reológicos dos acessos refrigerados: Projeção das variáveis no plano (1x2) (C) e Projeção dos casos no plano (D) .....	87
<b>Figura 21</b> - Texturogramas: Acesso 90-11B Fresco.....	109
<b>Figura 22</b> - Texturogramas: Acesso 90-11B Refrigerado .....	109
<b>Figura 23</b> – Texturogramas: Acesso 74-11D Fresco.....	110
<b>Figura 24</b> - Texturogramas: Acesso 74-11D Refrigerado .....	110



<b>Figura 25</b> – Quadriculas do plano $L^*a^*b^*$ : Acesso 50-11B - Fruto Inteiro Fresco – Subamostra A e B.....	115
<b>Figura 26</b> – Quadriculas do plano $L^*a^*b^*$ : Acesso 50-11B - Fruto Inteiro Refrigerado – Subamostra A e B.....	115
<b>Figura 27</b> – Quadriculas do plano $L^*a^*b^*$ : Acesso 90-11B - Fruto Inteiro Fresco – Subamostra A e B.....	115
<b>Figura 28</b> – Quadriculas do plano $L^*a^*b^*$ : Acesso 90-11B – Fruto Inteiro Refrigerado Subamostra A e B.....	116
<b>Figura 29</b> – Quadriculas do plano $L^*a^*b^*$ : Acesso 63-11B – Polpa Homogeneizada Fresca – Subamostra A e B.....	116
<b>Figura 30</b> – Quadriculas do plano $L^*a^*b^*$ : Acesso 63-11B - Polpa Homogeneizada Refrigerada – Subamostra A e B.....	116
<b>Figura 31</b> – Quadriculas do plano $L^*a^*b^*$ : Acesso 90-11B - Polpa Homogeneizada Fresca – Subamostra A e B.....	117
<b>Figura 32</b> – Quadriculas do plano $L^*a^*b^*$ : Acesso 90-11B - Polpa Homogeneizada Refrigerada – Subamostra A e B.....	117



## Índice de Gráficos.

<b>Gráfico 1</b> – Fracturabilidade <i>versus</i> acessos frescos e refrigerados. ....	52
<b>Gráfico 2</b> - Firmeza <i>versus</i> acessos frescos e refrigerados. ....	53
<b>Gráfico 3</b> – Map <i>versus</i> acessos frescos e refrigerados. ....	53
<b>Gráfico 4</b> – Deformação de rutura <i>versus</i> acessos frescos e refrigerados. ....	54
<b>Gráfico 5</b> - Distribuição da Tonalidade ( $H^0$ ) dos frutos inteiros nos diversos acessos frescos e refrigerados. ....	59
<b>Gráfico 6</b> - Distribuição da Tonalidade ( $H^0$ ) da polpa nos diversos acessos frescos e refrigerados. ....	59
<b>Gráfico 7</b> - Distribuição da coordenada de cromaticidade ( $a^*$ ) dos frutos inteiros nos diversos acessos frescos e refrigerados. ....	60
<b>Gráfico 8</b> - Distribuição da coordenada de cromaticidade ( $a^*$ ) da polpa nos diversos acessos frescos e refrigerados. ....	60
<b>Gráfico 9</b> - Distribuição da coordenada de cromaticidade ( $b^*$ ) dos frutos inteiros nos diversos acessos frescos e refrigerados. ....	61
<b>Gráfico 10</b> - Distribuição da coordenada de cromaticidade ( $b^*$ ) da polpa nos diversos acessos frescos e refrigerados. ....	61
<b>Gráfico 11</b> - Distribuição da coordenada $C^*$ dos frutos inteiros nos diversos acessos frescos e refrigerados. ....	62
<b>Gráfico 12</b> - Distribuição da coordenada $C^*$ da polpa nos diversos acessos frescos e refrigerados. ....	62
<b>Gráfico 13</b> - Distribuição da coordenada $H^o$ dos frutos inteiros nos diversos acessos frescos e refrigerados. ....	63
<b>Gráfico 14</b> - Distribuição da coordenada $H^o$ da polpa nos diversos acessos frescos e refrigerados. ....	63
<b>Gráfico 15</b> - Teor de sólidos solúveis totais <i>versus</i> acessos frescos e refrigerados. ....	73
<b>Gráfico 16</b> - Teores de licopeno <i>versus</i> acessos frescos e refrigerados. ....	77
<b>Gráfico 17</b> - Potencial Hidrogeniónico (pH) <i>versus</i> acessos frescos e refrigerados. ....	80
<b>Gráfico 18</b> - Regressão exponencial dos valores de $a^*$ <i>versus</i> teor de licopeno dos frutos frescos. ....	91
<b>Gráfico 19</b> - Regressão exponencial dos valores de $a^*$ <i>versus</i> teor de licopeno dos frutos refrigerados. ....	91



# I

## Introdução



## Enquadramento da Dissertação.

A caracterização e avaliação preliminar da biodiversidade agrícola em coleção nos bancos de germoplasma constitui uma etapa indispensável não só para a sua documentação, mas também para a tomada de decisão sobre as estratégias de valorização a adotar (Quedas, *et al.*, [S.d.]).

A presente dissertação enquadra-se no projeto “Conservação e melhoramento de cucurbitáceas (melancia e pepino) e solanáceas (tomate e pimento)”, financiado pelo PRODER (2011-2015). Tem como objetivo, entre outros, a caracterização e avaliação preliminar de acessos das espécies alvo.



## Objetivos.

Esta dissertação tem como objetivos:

- Caracterização do tomate no que respeita a características físicas, químicas e reológicas, concretamente os parâmetros: *Cor CIEL\*a\*b\**; *Teor de sólidos solúveis totais (°Brix)*; *pH*; *Teor de Licopeno*; *Textura*.
- Avaliação das características físicas, químicas e reológicas, concretamente os parâmetros: *Cor CIEL\*a\*b\**; *Teor de sólidos solúveis totais (°Brix)*; *pH*; *Teor de Licopeno*; *Textura*, tendo como finalidade, o estudo de conservação pós-colheita de tomate refrigerado.
- Análise de possíveis de correlações entre parâmetros.
- Estimativa dos níveis de correlação entre os teores de licopeno determinados via espectrofotométrica, com os valores das coordenadas de cromaticidade ( $a^*$  e  $b^*$ ), obtidos via análise colorimétrica: estudo exploratório.



## Introdução.

O tomate (*Lycopersicon esculentum*) é um dos vegetais mais importantes em todo o mundo pelo facto de estar disponível todo o ano, e por ser o principal constituinte das refeições diárias em muitos países (Kalac, 2009 citado por Kotíková, *et al.*, 2011). Sendo uma das mais importantes hortaliças cultivadas no mundo e a segunda em volume de produção (Sanino, *et al.*, 2003 citado por Luiz, 2005), representa uma importante *commodity* mundial e ocupa lugar de destaque na dieta alimentar (Borguini, 2006), por representar uma fonte muito importante de antioxidantes (Kalac, 2009 citado por Kotíková, *et al.*, 2011).

De entre a produção de hortícolas, a cultura do tomate, é a que tem maior importância económica e é a mais divulgada em todo o território nacional. O tomate é produzido sem grandes dificuldades desde que sejam devidamente seleccionadas as variedades mais adequadas a cada situação, e tidos em conta todos os cuidados necessários para controlo do ambiente, nomeadamente em cultura protegida (Disqual, [S.d.]).

As características físicas, químicas e reológicas de um fruto são importantes, pois, são elas que definem a qualidade dos mesmos. Por isso, são cada vez mais necessárias, informações precisas sobre as características dos frutos do tomateiro (adaptado de Francis, 1980 citado por D'Souza, *et al.*, 1992).

A qualidade do fruto é determinada pelo estado fisiológico no qual se encontra no momento da colheita, sendo a cor o principal indicador no processo de maturação, pois sugere alterações de sabor, textura e aroma (Zambon, 1984; Silva & Giordano, 2000 citados por Seifert, *et al.*, [s.d.]).

Na qualidade do tomate, a cor, é um dos aspetos mais importantes. A coloração vermelha nos frutos é caracterizada pela coordenada de cromaticidade  $a^*$ , devido ao  $\beta$ -caroteno (corante laranja nas frutas), mensurável pela coordenada de cromaticidade  $b^*$  no sistema de cores CIEL  $*a^*b^*$  (Sacks & Francis, 2001 citados por Helyes & Lugasi, 2010).

As alterações de cor, ou pigmento durante o amadurecimento do tomate, são caracterizadas pela redução de clorofila e uma acumulação rápida de carotenoides, particularmente licopeno. Este pigmento vermelho é um carotenoide que se acumula nas flores e raízes de algumas espécies vegetais, incluindo, hortaliças e frutos (adaptado de George, *et al.*, 2004. citado por Borguini, *et al.*, 2005; D'Souza, *et al.*, 1992; Guilherme, 2007 citado por Sousa, *et al.*, 2011). O tomate é uma fonte alimentar importante de carotenoides, especialmente licopeno e  $\beta$ -caroteno (Kalac, 2009 citado por Kotíková, *et al.*, 2011). A



composição química do fruto depende de fatores como a genética, a maturidade do fruto e as condições de cultivo (Giovanelli, *et al.*, 2002; Abushita, *et al.*, 2000; Thompson, *et al.*, 2000 citados por Martínez-Valverde, *et al.*, 2002).

A textura é outro dos atributos importantes de qualidade interna do tomate para retalhistas e consumidores, e é fundamental para determinar a aceitabilidade das frutas frescas. A manipulação e processamento de frutas e legumes envolve problemas especiais, a partir do momento em que os consumidores passaram a estar mais bem informados, havendo expectativas em relação à textura adequada destes produtos. O sucesso na aceitabilidade destes produtos exige cuidados em relação às alterações na textura, e isso é efetivamente aplicado quando é baseado num entendimento dos fatores que influenciam a textura. As propriedades reológicas dos alimentos são afetadas pela sua composição química que, por sua vez, afeta as alterações estruturais, sendo necessário medir os parâmetros de textura para o melhoramento genético, controle de qualidade na pós-colheita, manipulação e processamento do tomate (adaptado Batu, 2004 citado por Sirisomboon, *et al.*, 2012; Varela, *et al.*, 2007 citado por Albaloushi, 2013).

As perdas nos produtos agrícolas representam, de acordo com Tsunehiro, *et al.* (1994), reduções na quantidade física do produto disponível para consumo, que podem vir acompanhadas pela diminuição na qualidade, minimizando o valor comercial ou nutritivo do mesmo (adaptado de Ferreira, *et al.*, 2006). Estes produtos são organismos vivos, os quais continuam as suas atividades metabólicas mesmo fora da planta de origem (Andreuccetti, 2005) e, por isso, a ausência de tratamentos pós-colheita contribui em grande parte, para a degradação das características físicas e químicas do tomate, tais como: diminuição da resistência ao manuseamento, diminuição da percentagem de ácido cítrico e de sólidos solúveis, fatores de extrema importância tanto para o consumo “*in natura*” como no processamento (adaptado de Castricini, *et al.*, 2004).

O tomate, após a colheita, apresenta-se como um fruto altamente perecível (Chiumarelli & Ferreira, 2006), sendo necessário o uso de tecnologias de conservação para retardar o seu amadurecimento, manter a sua qualidade e, conseqüentemente prolongar a sua conservação (Brackmann, *et al.*, 2007). Manter o tomate com uma aparência “fresca” de longa duração após a colheita é um desafio imposto permanentemente pelos consumidores. Uma das formas de manutenção da qualidade do tomate baseia-se no controlo da temperatura de armazenamento (De Castro, *et al.*, 2005, Shewfelt, 1986 citados por Žnidarčič, 2010).



O armazenamento sob refrigeração, que consiste na redução da temperatura entre os 0-12°C e no controle da humidade relativa, é um dos principais métodos utilizados para conservação de frutas e hortaliças, é uma forma de prolongamento do tempo de prateleira do produto, mantendo as características desejáveis para comercialização (Castro & Cortez, [s.d.]), pois desacelera o metabolismo celular, retardando a deterioração rápida (Brackmann, *et al.*, 2007). O tomate é sensível aos danos causados pelo frio, no entanto, a sua vida de prateleira aumenta quando os frutos são mantidos a baixas temperaturas (Kluge, 2004 citado por Luiz, 2005). De acordo com Gayet, *et al.* (1995), a temperatura à qual o tomate é submetido, assim como o seu estado de amadurecimento, influenciam o tempo de conservação dos mesmos (Castro & Cortez, [s.d.]). Assim, o armazenamento sob refrigeração pode ser uma alternativa para se obterem frutos de melhor qualidade, durante a comercialização, sem perdas excessivas de produto. (Brackmann, *et al.*, 2007).

A cor é um parâmetro de controlo de qualidade dos frutos em fresco e refrigerados (pós-colheita). Mede-se por colorimetria, mas é uma determinação qualitativa que necessita ser correlacionada com um método quantitativo como a espectrofotometria, que é descrito na literatura como sendo bastante preciso, contudo muito exaustivo, sendo necessária a utilização de uma grande quantidade de reagentes, além de ser moroso.

Devido à conveniência e maior facilidade no uso de medições de cor, existem na literatura vários estudos sobre a correlação entre valores de cromaticidade e o teor de pigmentos de diferentes produtos hortofrutícolas. No caso do tomate, estes estudos têm demonstrado uma boa correlação entre a cor do fruto e o teor de licopeno (adaptado D'Souza *et al.*, 1992; Arias, *et al.*, 2000 citado por Carvalho, *et al.*, 2005).

Uma boa correlação entre leituras colorimétricas e teores de licopeno poderá permitir o estabelecimento de um método mais expedito, servindo como uma ferramenta no processo de seleção de genótipos nos programas de melhoramento genético do tomateiro (Carvalho, *et al.*, 2005).

No presente trabalho no Capítulo II, serão desenvolvidos os enquadramentos teóricos do estudo efetuado: caracterização do tomate, características de qualidade do tomate na pós-colheita, uma introdução sobre o comportamento reológico, físico e químico estudados. No Capítulo III apresenta-se o material de estudo e os materiais e métodos. No Capítulo IV é feita a apresentação e discussão de resultados, possíveis correlações entre parâmetros e, é apresentada a estimativa indireta dos níveis de licopeno via análise colorimétrica. As conclusões retiradas das análises efetuadas são apresentadas no Capítulo V e, por último, as

## I - Introdução

---



referências bibliográficas utilizadas para a elaboração desta dissertação encontram-se no Capítulo VI.



## II

# Enquadramento Conceptual



## 1. Caracterização do tomate.

### 1.1. Origem.

O tomate é o fruto do tomateiro, pertence ao género *Lycopersicum* e a planta à família das *Solanaceae* originária da zona costeira ocidental da América do Sul, entre o Equador e o Chile. No entanto, a domesticação ocorreu no México, onde o tomate foi largamente cultivado pelos Aztecas. A introdução na Europa deu-se em meados do século XVI, a partir do México (adaptado de Almeida, 2006). O seu nome deriva da palavra Azteca “xitomate”. No século XVI o tomate foi trazido para a Europa e em poucos anos a sua cultura espalhou-se pelos diferentes países deste continente, embora fosse considerado mais uma planta medicinal ou ornamental do que uma planta para fins alimentares (Pazinato e Galhardo, 1997 citado por Roca, 2009). A Itália foi o primeiro país europeu onde a cultura do tomate teve expressão. A grande expansão mundial da cultura do tomate ocorreu nas primeiras décadas do século XX, como resultado do desenvolvimento da indústria alimentar (Almeida, 2006).

### 1.2. Morfologia.

O tomate apesar da crença generalizada de que seja um legume é, na realidade, um fruto da espécie *Lycopersicon esculentum* Mill.

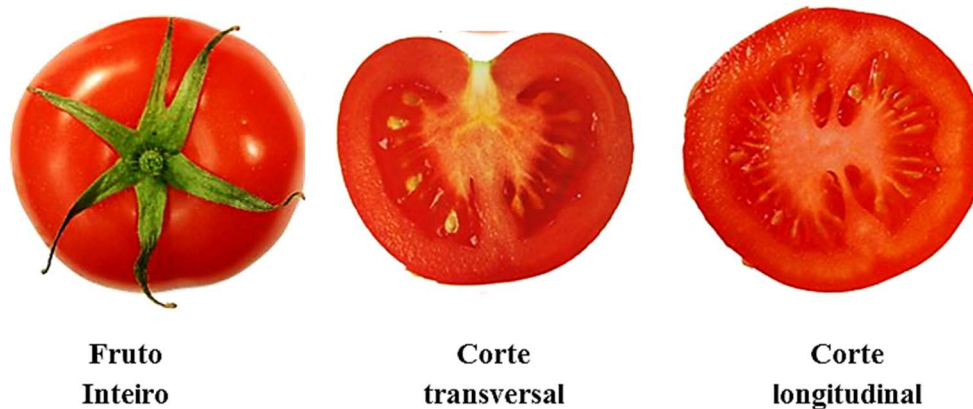
O fruto do tomateiro é classificado em termos botânicos, como uma baga que está dividida em pericarpo, lóculos ou cavidades locais (variam de 2 a 12) e conteúdo locular (Madhavi e Salunkhe, 1998 citado por Domingos, 2009; Almeida, 2006). O pericarpo é constituído por um epicarpo membranoso, revestido por uma cutícula rica em ceras e ácidos cuticulares, um mesocarpo carnudo e suculento e um endocarpo membranoso muito tênue (Barringer, 2004 citado por Domingos, 2009). A seção transversal do tomate apresenta de 2 a 25 lóculos, isto é, cavidades que contêm as sementes, dependendo da cultivar do tomate (Salunkhe & Dessal, 1984 citados por Peña, 1999). As sementes estão imersas no tecido locular ou placentário, tecido esse que, durante o amadurecimento, forma uma espécie de gel que preenche as cavidades locais (Almeida, 2006). Os eixos radiais presentes no tomate e a sua espessura originam resistência à deformação por parte do fruto.

A forma do fruto pode ser redonda, alongada, piriforme ou outra (Almeida, 2006). Após a maturação, o tomate apresenta geralmente uma cor vermelha, apesar de algumas

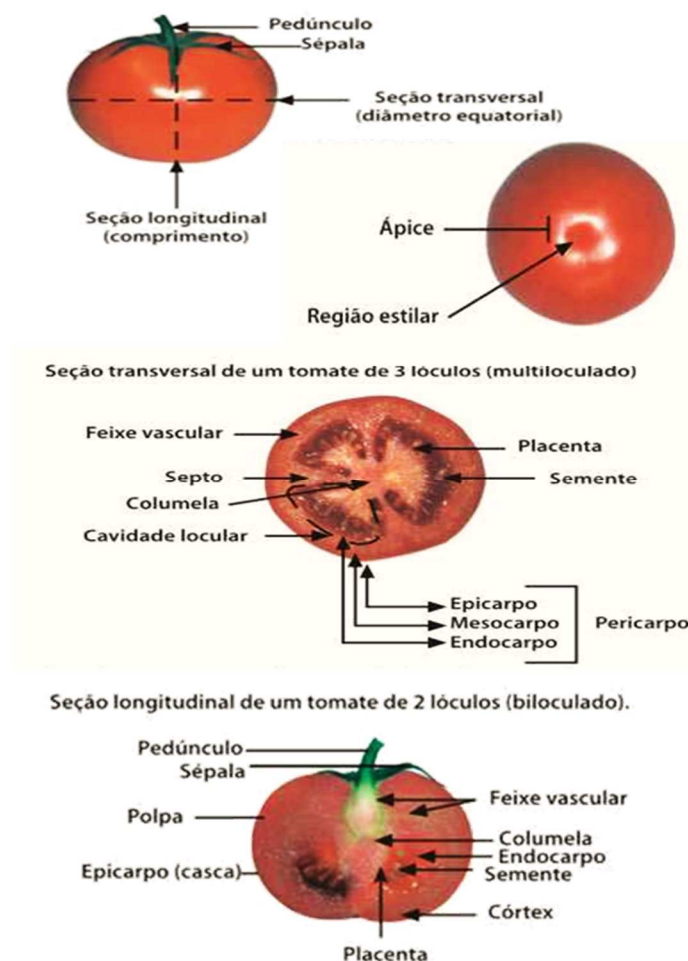


variedades poderem apresentar outras cores como o amarelo, cor-de-rosa ou cor de laranja (Madhavi e Salunkhe, 1998 citado por Domingos, 2009; Almeida, 2006).

Nas **Figura 1 e 2** apresentam-se as partes constituintes e morfologia do tomate.



**Figura 1** – Partes constituintes do tomate (Adaptado de: <http://pt.wikipedia.org>, 2010)

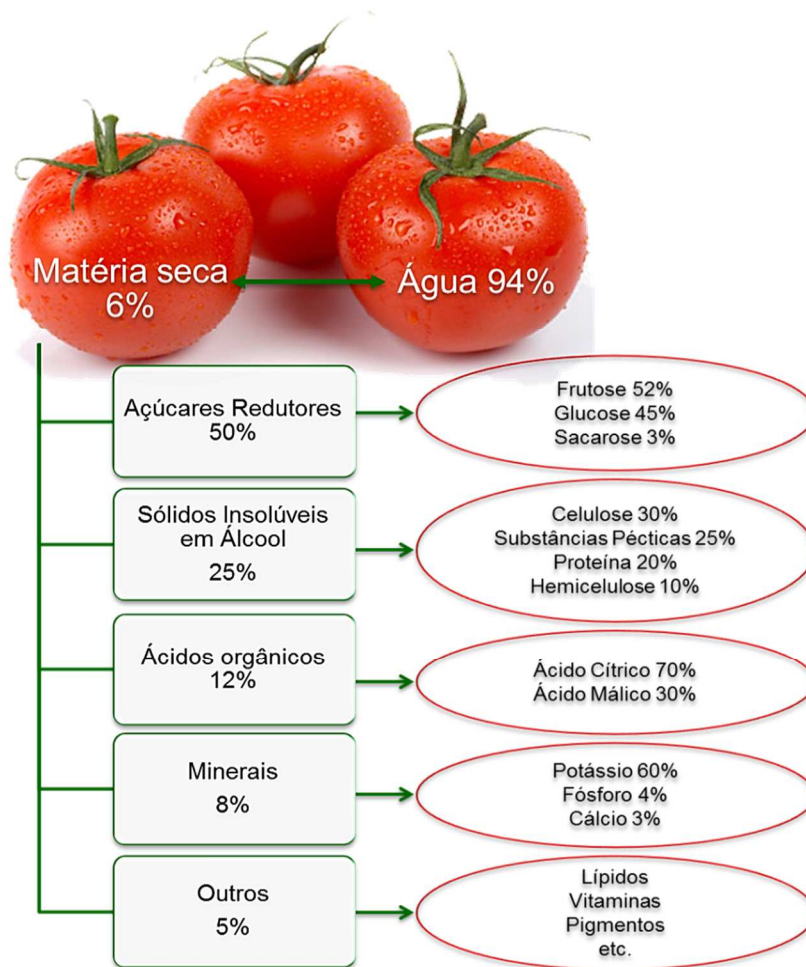


**Figura 2** – Morfologia do tomate (Adaptado de: <http://kdfrutas.com.br/saibamais/tomate>)



### 1.3. Composição.

A composição do tomate varia em função da variedade, estado de maturação e condições de produção (temperatura, fertilização e irrigação) (Barringer, 2004 citado por Domingos, 2009). O sabor do fruto está relacionado com a quantidade de sólidos, principalmente açúcares e ácidos orgânicos e compostos voláteis (Ferrari, 2008). De uma maneira geral, é constituído essencialmente por água, que representa cerca de 94% dos constituintes totais. Os restantes 6%, correspondentes a matéria seca, compreendem 50% de açúcares redutores (predominando a frutose e a glucose), 25% sólidos insolúveis em álcool, 12% de ácidos orgânicos, 8% de minerais e 5% de outros constituintes (**figura 3**) (adaptado de Barringer, 2004; Roca, 2009, Domingos, 2009). O tomate é uma fonte de carotenoides, principalmente licopeno e  $\beta$ -caroteno, precursor da vitamina A, além das vitaminas do complexo B, vitaminas C, E, e compostos fenólicos como flavonoides. O fruto é considerado uma fonte de potássio, sendo esse elemento responsável pela melhoria da qualidade dos frutos, influenciando a síntese de carotenoides, em especial o licopeno. O potássio também contribui para a formação dos frutos evitando espaços vazios no seu interior. Da mesma forma que o potássio, o fósforo contribui para a qualidade dos frutos, aumentando o seu peso médio. O cálcio é importante pois constitui a parede celular do fruto. Embora as vitaminas estejam presentes numa pequena proporção do total da matéria seca, estas substâncias são importantes do ponto de vista nutricional. A vitamina C é concentrada na forma reduzida de ácido ascórbico. O fruto contém baixo teor lipídico e calórico, não tem colesterol é uma fonte de fibra (celulose e pectina) e proteína (Ferrari, 2008). A **figura 3** apresenta a composição química do tomate.



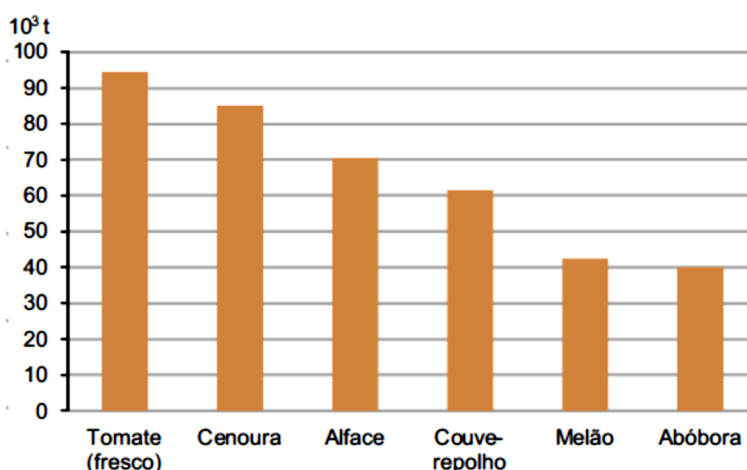
**Figura 3** - Composição Química do Tomate.

#### 1.4. Importância económica.

Atualmente, o tomate é uma das culturas hortícolas mais importantes, em termos de produção e valor económico, uma vez que ocupa o segundo lugar, superado apenas pela cultura da batata, em volume de produção Mundial e é uma das mais industrializadas. O sector do tomate e os seus produtos transformados inserem-se assim num mercado mundial muito competitivo dominado pela China com um volume anual de cerca de 33 milhões de toneladas, o que representa 26% da produção mundial. O maior produtor do mundo (FAO, 2009 citado Domingos, 2009). O Continente Americano é responsável por 20% da produção mundial, destacando-se os Estados Unidos da América, com 10%. A Europa produziu em 2008, cerca de 16% da produção de tomate, destacando-se a Itália, com um peso de 5% na produção mundial (<http://www.observatorioagricola.pt>, 2012).



A produção mundial entre 2003-05 atingiu cerca de 123 milhões de toneladas (<http://www.dag.ufla.br/site/adm/upload/file/Luciane%20Vilela%20Resende/tomate%20artigo.pdf>, 2007). Em Portugal, o tomate para consumo em fresco e o tomate para indústria constituem duas das principais culturas produzidas. Em 2003, teve representatividade mais elevada de 4,1% e 40,8%, respetivamente, na produção total de produtos hortícolas (GPP, 2007). O cultivo de tomate em estufa predomina largamente sobre o cultivo ao ar livre. Na região Norte, cerca de 92% da área é em estufa, tendo a grande maioria das estufas, estrutura metálica, mas sem sistema de climatização. No Algarve, cerca de 53% da área de produção de tomate fresco é em estufa. Este regime de produção contribuiu com mais de 70% da produção de tomate regional. A produção por hectare pode atingir as 80 toneladas (<http://www.observatorioagricola.pt>, 2012). Nos últimos vinte anos, o consumo de tomate fresco aumentou, tendo atingido em 2011 um volume de produção de 94 537 toneladas (**figura 4**) (INE,I.P., 2012).



**Figura 4** - Produção das principais culturas hortícolas (INE,I.P., 2012).



## 2. Características de qualidade do tomate na pós-colheita.

A qualidade pós-colheita dos frutos relaciona-se com o conjunto de atributos ou propriedades que, entre outros, os tornam apetecíveis como alimento.

Os consumidores avaliam a qualidade dos frutos do tomateiro mediante três fatores: aparência (cor, tamanho, forma, defeitos e deterioração), textura (firmeza, resistência e integridade do tecido) e *flavour*. As características nutricionais do tomate começaram a ter interesse porque os consumidores estão cada vez mais consciente da importância de uma dieta equilibrada. De modo abrangente, a qualidade pode ser definida como um conjunto de características que permitem diferenciar um produto de outro e que tem influência na determinação do grau de aceitação pelo consumidor. Porém, é necessário ampliar esse conceito de qualidade e aplicá-lo não só ao consumidor, mas também a todos que participam na cadeia produtiva, isto é, desde o campo até ao prato. Aos produtores compete colher frutos de alto rendimento, resistentes às enfermidades, com bom aspeto e com poucos defeitos. Aos distribuidores compete manter as características sensoriais do produto e propiciar um armazenamento eficiente. Enquanto os consumidores determinam a sua qualidade através da aparência, coerência, diâmetro transversal (forma), inexistência de deformidades e defeitos e outros atributos sensoriais (Andreuccetti, *et al.*, 2003 citados por Ferreira, 2004; Casquet, 1998, Marcos & Jorge, 2002 citados por Ferreira, 2004).

A perda de qualidade do produto ocorre ao longo da cadeia de produção até chegar ao consumidor e pode dever-se a processos fisiológicos normais, em conjugação com eventuais danos mecânicos, fatores biológicos, como doenças e pragas, contaminações microbianas e desordens fisiológicas (Fonseca & Morais, 2000 citados por Roca, 2009).

No período pós-colheita as transformações são mais rápidas à medida que aumenta a temperatura de exposição dos frutos.

O estado de amadurecimento dos frutos pode ser considerado como aquele que dá condições de consumo ao produto, estando esse fisiologicamente desenvolvido. Durante o amadurecimento dos frutos ocorrem algumas modificações nas células vegetais e essas modificações interferem diretamente na qualidade pós-colheita dos mesmos (Ludford, 1987; Mckee & Yang, 1987 citados por Andreuccetti, 2005).



## 2.1. Amadurecimento dos frutos do tomateiro.

Quando se remove um fruto da planta mãe ocorre privação do fornecimento normal de água, minerais e moléculas orgânicas. No entanto, com a continuação de alguns processos metabólicos, como a fotossíntese e transpiração, os tecidos vegetais podem transformar e transportar muitos dos constituintes já existentes na célula (Ludford, 1987 citado por Andreuccetti, 2005). O amadurecimento é o final da maturação, é um processo controlado geneticamente e determina uma série de características dos frutos.

O tomate é um fruto climatérico e, portanto, continua o amadurecimento pós-colheita. O seu amadurecimento normalmente inicia-se na porção distal do fruto, migrando para as regiões vizinhas pelo processo de difusão livre até que a maturação atinja todo o fruto (Alexander & Grierson, 2002 citados por Paula, 2013). Esta característica deve ser considerada no momento da colheita.

O amadurecimento dos frutos do tomateiro é um processo bastante complexo pois envolve inúmeros passos metabólicos (Araújo, 1997 citado por Freitas, *et al.*, 1998). Segundo Kluge & Minami (1997), no início do amadurecimento, a taxa de respiração do tomate eleva-se resultando numa série de transformações físico-químicas caracterizadas por alterações fisiológicas e bioquímicas no fruto, como (Araújo, 1997 citado por Freitas, *et al.*, 1998; Fachin, 2003 citado por Fabbri, 2009):

- Degradação do amido.
- Produção de glicose e frutose.
- Declínio de ácidos orgânicos e de compostos fenólicos, incluindo os taninos.
- Diminuição ou não de ácidos cítricos e málicos, dependendo da variedade do fruto.
- Diminuição da clorofila.
- Síntese dos pigmentos  $\beta$ -caroteno e licopeno.
- Aumento da produção de etileno, devido à respiração do fruto.
- Aumento de pectinas solúveis e, conseqüentemente, amolecimento das paredes celulares.
- Degradação do epicarpo e endocarpo pela ação das enzimas poligalacturonase e pectinometilesterase.



Tais indicadores servem como parâmetro de qualidade do fruto, aos quais podem ser agregados outros indicadores, como presença de pesticidas e contagem de microrganismos, relacionados, respetivamente com o manuseamento durante o cultivo e pós-colheita (Ferreira, 2004).

### 2.2. Alterações físico-químicas na maturação do tomate.

#### Cor.

Para avaliar o índice de amadurecimento, Almeida (1995) definiu a cor como a grandeza mais adequada para estabelecer o estado de maturação do tomate. A maturidade fisiológica inicia-se quando a parte apical do fruto começa a mostrar uma coloração laranja, enquanto o resto do fruto permanece verde. O sinal mais visível do amadurecimento organolético no tomate é a mudança de verde para vermelho, devido à degradação da clorofila, pela atividade da clorofilase, em que os cloroplastos são transformados em cromoplastos (Jaramillo *et al.*, 2007 citado por Gastélum-Barrios, *et al.*, 2011), e as antocianinas (Davies & Hobson, 1981 citados por Andreuccetti, 2005), e também devido ao aparecimento de pigmentos como os carotenoides. Estes últimos são o caroteno (amarelo) e o licopeno (vermelho), cuja síntese e decomposição são acentuadas na fase de transição entre a maturação e senescência do fruto (Zambon, 1984; Zambrano *et al.*, 1995 citados por Ferreira, *et al.*, 2004).

O tomate pode ser colhido quando está fisiologicamente maduro, apresentando nessa altura a coloração interna e externa com tonalidade verde. Mediante a alteração da cor externa, na prática, reconhece-se quando o fruto atinge esse estado de maturação, quando a cor se altera de verde opaco para um verde mais claro ficando mais brilhante. Internamente o fruto apresenta um aspeto gelatinoso (Alvarenga, 2004 citado por Paula, 2013).

Quando o tomate amadurece, a cor altera-se de verde, em frutos imaturos, para vermelho escuro, em frutos totalmente maduros. A cor do tomate é condicionada não só pela quantidade total de carotenoides, mas também pela relação licopeno/ $\beta$ -caroteno, a qual é importante na coloração final do fruto, variando de acordo com o grau de maturação, e como o fruto se desenvolve a partir da fase verde para a fase madura (vermelho), a concentração de licopeno então, aumenta significativamente (Santos, *et al.*, 2003 citados por Andreuccetti, 2005; Brandt, *et al.*, 2006; Helyes, *et al.*, 2006 citados por Nunes, 2008). A proporção em

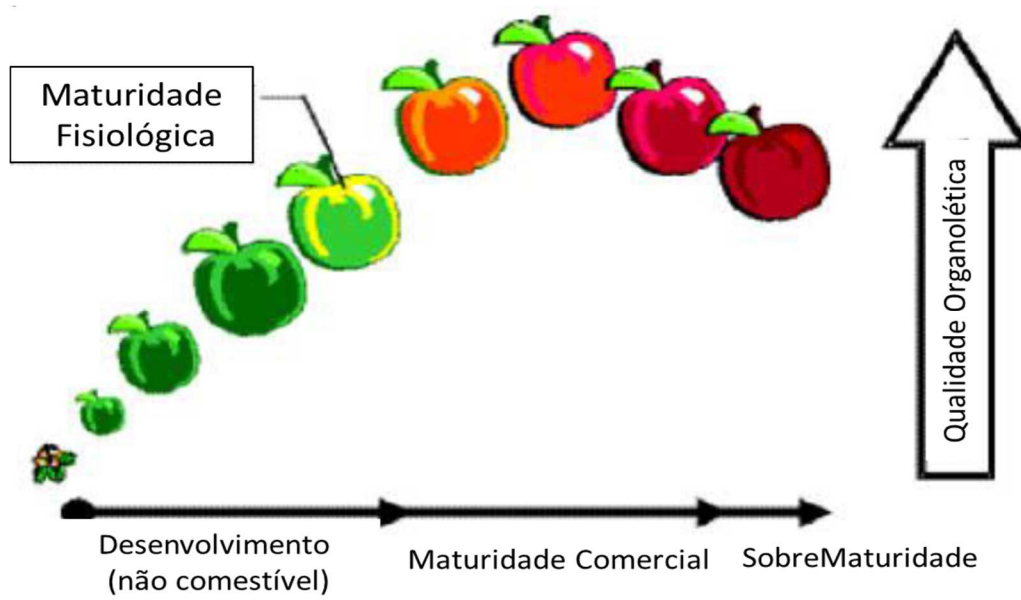


que se encontra determina a intensidade de cor dos frutos (Salfield, 1977 citado por Luiz, 2005).

Quando o teor em  $\beta$ -caroteno é mais elevado do que o teor em licopeno a tonalidade dos frutos é alaranjada, isto porque, o  $\beta$ -caroteno está associado a essa relação (valores de  $b^*$  mais elevados).

Segundo Medina & Medina (1981), os frutos muito amarelados são associados com sabor inadequado (aguado), e os muito intensamente vermelhos com super-amadurecimento (Castro, 2003).

A análise da coloração é considerada importante para avaliação de tratamentos pós-colheita, e pode ser influenciada pela manipulação e temperaturas de armazenamento. A temperatura durante o processo de amadurecimento influencia, portanto, tanto a velocidade quanto as alterações de coloração (Davies & Hobson, 1981 citados por Andreuccetti, 2005). Segundo Shewfelt *et al.* (1988) sob baixas temperaturas, a clorofila não é degradada e o licopeno não é, portanto, acumulado. A temperaturas mais elevadas, a clorofila desaparece e o  $\beta$ -caroteno é acumulado, contudo a síntese de licopeno é inibida resultando frutos amarelos (Andreuccetti, 2005).



**Figura 5** - Qualidades organoléticas do tomate, de acordo com a sua maturidade (adaptado de <http://www.fao.org/docrep/006/y4893s/y4893s04.htm>).



## Estados de maturação do tomate.

Os estados de maturação do tomate são classificados através da cor do fruto, a partir do ponto de maturidade fisiológica, mesmo que o fruto se apresente totalmente verde já pode ser colhido, devido à sua característica climatérica. Os quadros seguintes descreve seis estados de coloração:

**Quadro 1** – Estados de maturação do tomate

Fase de desenvolvimento	Estado de maturação	Descrição do estado de maturação
Verde	1	O fruto encontra-se na maturidade fisiológica e a sua superfície completamente verde, com tonalidade que varia de verde-clara a escura.
Verde-rosado	2	Apresenta uma pequena mudança de cor de verde para avermelhada na extremidade distal do fruto, ficando de 0 a 10% da superfície avermelhada ou amarelada, dependendo da cultivar.
Rosa-esverdeado	3	Entre 10 a 30% da superfície do fruto encontra-se avermelhada, rosa ou amarela, ou a combinação entre essas cores, também dependendo da cultivar.
Róseo	4	Entre 30 a 60% da superfície do fruto com coloração avermelhado ou róseo, dependendo da cultivar.
Vermelho claro	5	Entre 60 a 90% da superfície do fruto, não mais do que 90% da soma de todas as áreas superficiais, possuindo coloração róseo-avermelhada ou vermelha, de acordo com a cultivar.
Vermelho	6	Mais de 90% da superfície do fruto, na soma de todas as áreas superficiais, possuindo coloração vermelho-intensa.

**Fonte:** Alvarenga, 2004 citado por Paula, 2013; USDA, 1997.



Uma outra forma de classificar o estado de maturação do tomate corresponde às coordenadas de cor no espaço CIEL<sup>\*</sup>*a*<sup>\*</sup>*b*<sup>\*</sup>, que são descritas no quadro seguinte:

**Quadro 2** – Alterações de cor durante o amadurecimento do tomate.

Fase de desenvolvimento	Estado de maturação	Índices de amadurecimento				
		L*	a*	b*	Croma (C*)	Tonalidade (H°)
Verde-maduro	1	62,7	- 16,0	34,4	37,9	115,0
Verde-rosado	2	55,8	- 3,5	33,0	33,2	83,9
Róseo	4	49,6	16,6	30,9	35,0	61,8
Vermelho claro	5	46,2	24,3	27,0	36,3	48,0
Vermelho maduro	6	41,8	26,4	23,1	35,1	41,3
Vermelho (muito maduro)	6+	39,6	27,5	20,7	34,4	37,0

Fonte: Cantwell, 2000 citado por Saltveit, 2005.

### Firmeza.

A firmeza ou resistência mecânica representa o modo como os componentes estruturais estão agrupados, manifestando-se externamente pelo seu comportamento reológico (Mabbet apud Lima, 1992 citado por Castro, 2003). É influenciada, nos vegetais, pelo estado de maturação, condições climáticas durante o período de colheita e variabilidade genética (Pascoal, 2006 citado por Malheiro, 2007).

O segundo parâmetro característico do estado de maturação destes frutos são as modificações texturais, que acompanham as alterações de cor (**quadro 3**) (Jaramillo *et al.*, 2007 citado por Gastélum-Barrios, *et al.*, 2011), e que estão associadas ao metabolismo dos glúcidos da parede celular, que induzem a diminuição da firmeza (Vilas Boas *et al.*, 2000; Fachin, 2003 citado por Fabbri, 2009). Esta é uma variável que indica a tolerância dos frutos ao transporte e manuseamento durante as fases de colheita a comercialização (danos mecânicos). A diminuição dos valores da firmeza podem indicar que os frutos são mais



suscetíveis a danos mecânicos, limitando a sua vida útil devido à deterioração (Hobson, 1982, Resende *et al.*, 2004 citados por Andreuccetti, 2005).

As principais causas para o amolecimento de frutos estão associadas à diminuição da espessura das paredes celulares (as quais são formadas por pectinas, hemiceluloses, celuloses e algumas proteínas) e à adesão entre as células; as quais estão vinculadas com alterações nas características dos polissacáridos da lamela média da parede celular (Andreuccetti, 2005). Outros processos que também podem conduzir ao amolecimento dos vegetais são a degradação do amido e a perda de turgescência (Pascoal, 2006 citado por Malheiro, 2007). A perda de turgescência é um processo físico, que decorre da perda excessiva de água dos tecidos. Este é um facto importante após colheita, em função de diferença da pressão de vapor existente entre os tecidos dos vegetais e a atmosfera do local de armazenamento. A perda de água de 5% a 10% da massa fresca pode tornar os vegetais impróprios para a comercialização (Pascoal, 2006 citado por Malheiro, 2007).

À medida que o fruto vai atingindo a sua maturidade, as substâncias pécticas da parede celular vão sendo solubilizadas, transformando a pectina insolúvel (protopectina) em pectina solúvel, resultando na diminuição da firmeza da polpa. Esse amolecimento decorre da decomposição da protopectina pela ação das enzimas poligalacturonase (PG) e pectinametilesterase (PME) (Vilas Boas *et al.*, 2000, Fachin, 2003 citado por Fabbri, 2009). As substâncias pécticas são os principais componentes químicos dos tecidos responsáveis pelas alterações de textura em hortaliças e frutas. A hidrólise da pectina depende da ação da PME, presente em todos os estados de desenvolvimento do tomate (Resende, *et al.* 2004), durante o amadurecimento e armazenamento, e é correlacionada com o aumento de pectinas solúveis e amaciamento durante o amadurecimento (FAO/OMS, 2006 citado por Monteiro, *et al.*, 2008). A produção da enzima PG é induzida pelo etileno, o que permite explicar a importância de etileno na maturação natural e artificial de tomate (Jaramillo *et al.*, 2007 citado por Gastélum-Barrios, *et al.*, 2011).

Alguns aspetos intrínsecos ao fruto e outros que antecedem a colheita do mesmo, também devem ser considerados quando o tema é firmeza e qualidade (Andreuccetti, 2005). O conteúdo lipídico, a composição da parede celular, a espessura da epiderme, o tamanho e o formato das partículas, o conteúdo de água nas células vegetais, a estrutura locular dos frutos e os fatores mecânicos, influenciam a firmeza do produto. Os fatores abióticos influenciam igualmente a determinação desta variável, tais como: a humidade do solo, a disponibilidade nutricional do mesmo, a temperatura e humidade relativa do meio ambiente.



A genética da variedade também tem influência. Contudo, as cultivares da mesma espécie podem apresentar uma grande diferença na textura, associada aos diferentes estados de maturação no momento da colheita (adaptado de Sams, 1999).

**Quadro 3** – Parâmetros de textura do tomate em diferentes estágios de maturação.

Fase de desenvolvimento	Fracturabilidade (N)	Dureza (N)	Módulo Aparente (N/s)	Deformação na rutura (mm)
Verde maduro	2,35	15,84	0,22	12,03
Róseo	2,72	16,92	0,21	12,67
Vermelho Claro	2,04	15,17	0,14	14,41
Vermelho maduro	1,71	15,41	0,095	18,16

Adaptado: Barrett, *et al.*, 1998.

### Sólidos solúveis totais e pH.

Os açúcares solúveis e os ácidos orgânicos presentes durante o processo de amadurecimento determinam o sabor do fruto e afetam diretamente a qualidade do produto (Adelmann, 2005, Machado, *et al.* 2002 citados por Monteiro, *et al.*, 2008).

A concentração de sólidos solúveis aumenta com o amadurecimento e este aumento varia entre diferentes cultivares (Sadler e Murphy, 1998; Tucker, 1993, Andrade júnior, 1999 citado por Andreuccetti, 2005). Young *et al.* (1993) e Carvalho *et al.* (1984) discordam, afirmando que, durante o amadurecimento do tomate, ocorre redução na percentagem de sólidos solúveis, a qual é atribuída à respiração dos frutos (Andreuccetti, 2005). Alterações nas características químicas que ocorram durante o amadurecimento e no armazenamento do fruto refletem-se no teor de sólidos solúveis totais (**quadro 4**) (Kluge & Minami, 1997).

Segundo Filgueiras (1996), os valores de pH diminuem com o processo de amadurecimento e, essa dependência do pH mostrou ser coerente com a tendência para o aumento dos valores de acidez titulável (adaptado de Andreuccetti, 2005).

**Quadro 4** - Teor de Sólidos solúveis durante o amadurecimento do tomate.

Estado de maturação	Teor Sólidos solúveis (%)
Verde-maduro	2,37
Verde-rosado	2,42
Vermelho-claro	5,15

Fonte: Cantwell, 2000 citado por Saltveit, 2005.

### 2.3. Conservação na pós-colheita.

Como é do conhecimento geral, os métodos de conservação dos alimentos têm como objetivo aumentar a vida útil destes, através de técnicas que retardam as alterações microbianas, enzimáticas, químicas e físicas. Mantendo, contudo, os seus nutrientes e as suas características organoléticas (aroma, sabor, textura) (adaptado de Vasconcelos & Filho, 2010).

Os frutos do tomateiro são produtos altamente perecíveis, por isso, se não forem conservados adequadamente deterioram-se rapidamente. Isto sucede, porque estes produtos são ricos em nutrientes e os valores do pH, entre outros parâmetros, são ideais para o desenvolvimento microbiano, encurtando a sua vida útil (Vasconcelos & Filho, 2010).

A refrigeração é um dos métodos de armazenamento mais utilizado para a manutenção da qualidade de frutos após a colheita. Tem como objetivo retardar e moderar os processos metabólicos envolvidos na maturação, mantendo assim, a qualidade dos frutos por um período de tempo mais prolongado (Kluge, 2004 citado por Luiz, 2005).

#### Refrigeração.

A refrigeração envolve a conservação a baixa temperatura, geralmente, entre  $-1^{\circ}\text{C}$  a  $8^{\circ}\text{C}$ . Baseia-se na inibição total ou parcial, dos principais agentes: ação química, enzimática e o crescimento microbiano, responsáveis pela deterioração dos alimentos. É considerado um método temporário de conservação (dias ou semanas), porque as atividades dos agentes não são inibidas, apenas desaceleradas (Vasconcelos & Filho, 2010).

No que concerne às propriedades organoléticas de cada tipo de alimento, a forma de aplicação da refrigeração deve ser diferenciada. Os produtos alimentares sujeitos a



refrigeração conservam as características do produto fresco (*in natura*) (Vasconcelos & Filho, 2010).

De uma maneira geral, o arrefecimento deve ser o mais rápido possível, principalmente nos alimentos mais perecíveis (Vasconcelos & Filho, 2010).

As condições ideais de armazenamento refrigerado dependem do tipo de produto e devem favorecer a manutenção do sabor, aroma, firmeza e cor da polpa (Chitarra & Chitarra, 1990, Kluge, 2004 citados por Luiz, 2005). Sendo um produto muito sensível ao manuseamento, o tomate permite diferentes períodos de conservação consoante o seu estado de maturação e variedade. A qualidade dos frutos é afetada, fortemente, pela temperatura (Dorais *et al.*, 2001). O tomate, em geral, apresenta sensibilidade ao frio, dependendo do estado de maturação em que se encontra. Os primeiros indicadores de sensibilidade ao frio incluem o aparecimento de pequenas pintas de coloração escurecida na epiderme dos frutos; amadurecimento irregular e aumento de suscetibilidade a doenças. O escurecimento está provavelmente relacionado com a ação da enzima polifenoloxidase sobre compostos fenólicos, libertados do vacúolo (Wills *et al.*, 1998 citados por Moretti, 2003).

No **quadro 5** são indicadas as temperaturas ótimas de conservação, que variam com estado de maturação do fruto, e os períodos de conservação médios. A temperatura influencia diretamente o metabolismo e, indiretamente, a estrutura celular e outros componentes que determinam a qualidade do fruto, tais como, cor, textura, tamanho e propriedades organoléticas (Saltveit, 2005). Temperaturas inferiores às indicadas no **quadro 5** conduzem a lesões pelo frio, que se caracterizam por um desenvolvimento de cor e sabor no amadurecimento não adequados, amolecimento prematuro, aparecimento de manchas na superfície, acastanhamento das sementes e aceleração do apodrecimento devido à *Alternaria spp.* (Disqual, [s.d.]). É essencial para a manutenção da qualidade do tomate, uma boa gestão de temperatura durante a preparação e conservação do mesmo.

**Quadro 5** - Condições recomendadas para o armazenamento.

Estado de maturação	Verde	Ponta rosa	Vermelho
Dias/Semanas	3-5 Semanas	7-14	2-10
Temperatura (°C)	12,5 – 21	10 – 12,5	4,4 – 10

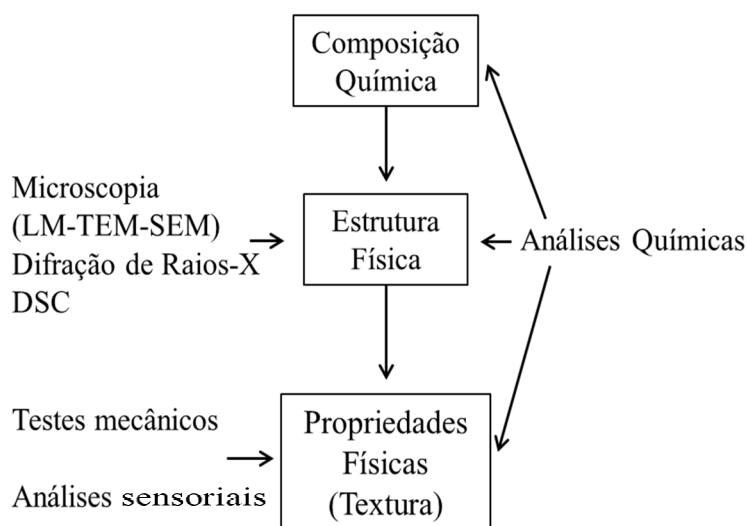
Fonte: adaptado de Disqual, [s.d.].



### 3. Avaliação Reológica e Física

#### 3.1. Reologia.

A Reologia, *o estudo da deformação e escoamento dos materiais*, foi aplicada em termos de textura, extensivamente, a frutas e legumes num esforço para compreender as relações entre estrutura, textura e as alterações induzidas pelo processamento, esta relação é apresentada na **figura 6**. As propriedades mecânicas dos produtos hortícolas e frutas têm sido amplamente estudadas usando métodos de ensaio desenvolvidos para materiais não biológicos (Rosenthal, 1999).



**Figura 6** - Inter-relações sensoriais nos estudos de textura (adaptado de DeMan, 1999).

#### Textura.

“Uma das principais funções da Reologia é o desenvolvimento de métodos instrumentais que facilitem o conhecimento *à priori* da resposta do consumidor e a avaliação das propriedades texturais dos alimentos” (Lima, 2009).

Szczesniak, (2002), afirma que “textura é a manifestação sensorial e funcional das propriedades estruturais, mecânicas e da superfície dos alimentos detetadas através dos sentidos da visão, audição, tato e cinestesia”. Esta definição evoluiu a partir do acordo geral de um grupo de pesquisadores”.



Segundo a 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”.

As propriedades texturais dos alimentos são um grupo de características físicas que surgem a partir de elementos estruturais do alimento. São sentidas, principalmente, pelo tato e estão relacionados com a deformação, desintegração e fluxo do alimento sob a ação de uma tensão tangencial. Objetivamente são medidos por funções de massa, tempo e distância (Bourne, 2002).

A textura de um produto alimentar numa perspetiva tecnológica tem importância a vários níveis, tais como (Lima, 2009):

- ✓ Avaliar datas de colheita;
- ✓ A prevenção de lesões mecânicas nas matérias-primas;
- ✓ Escolha e pré-seleção da matéria-prima de acordo com a sua aptidão;
- ✓ Controlo de qualidade;
- ✓ Desenvolvimento de novas variedades geneticamente modificadas;
- ✓ Conhecimento das condições reais do processo tecnológico e a sua influência na textura dos alimentos;
- ✓ Avaliação da maturação dos produtos alimentares;

Para além do aroma, sabor e cor, a textura final dos alimentos é um fator decisivo na aceitabilidade por parte dos consumidores varia amplamente, dependendo do tipo de alimento (Castro, 2003).

No tomate, a textura é influenciada pela espessura da epiderme, firmeza da polpa e também pela estrutura interna do fruto, ou seja, a relação pericarpo/material placentar (Mabbet apud Lima, 1992 citado por Castro, 2003). Além da medição de compressão utilizada para se avaliar a textura do fruto, também têm sido efetuadas avaliações bioquímicas para se alcançar esse objetivo.

Miles, *et al.* (1969), concluíram que o tomate sem epiderme se deforma mais, comparativamente ao tomate com epiderme. A epiderme é uma componente importante do fruto, pois atua como uma membrana que envolve a massa material (Almeida, 1995).



O tomate comporta-se como um material viscoelástico, de baixa resistência (Miles, *et al.*, 1969 citados por Almeida, 1995) sendo muito sensível a choques, especialmente após o início da etapa de amadurecimento (Almeida, 1995).

### 3.2. Cor.

A cor é um dos atributos de qualidade importantes nos alimentos, determinando a aceitabilidade de um produto por parte do consumidor e pode também relacionar-se com outros atributos de qualidade, como sabor, nutricionais, ou características, que ajudam de forma indireta no controlo dos mesmos (Carvalho, 2010).

A *Comission International d'Eclairage* (CIE) define a cor como o aspeto da perceção visual de um objeto distinto que um observador distingue mediante o tamanho, forma, textura, posição e brilho aos quais dependem da posição espectral da luz incidente e também da geometria da ótica de visualização (Carvalho, 2010).

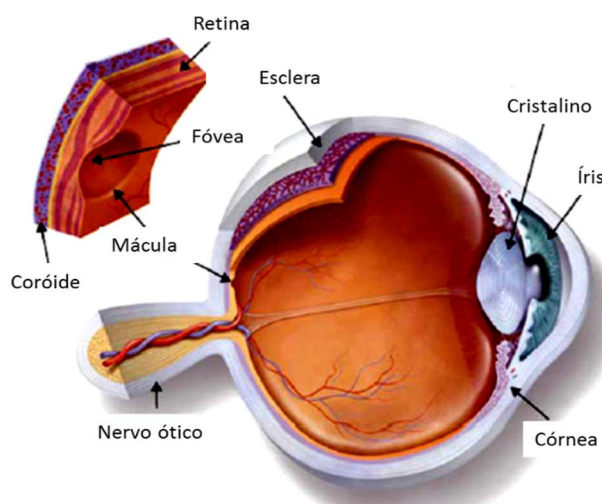
Este parâmetro pode ser definido como a sensação que é experimentada por um indivíduo, quando os raios luminosos dentro da gama visível do espectro eletromagnético (380 – 770 nm) incidem na córnea sendo então refratados. Seguidamente incidem sobre a lente projetando-os na retina. Aí encontram-se dois tipos de fotorreceptores: os cones e os bastonetes, que convertem a intensidade e a cor da luz recebida em impulsos nervosos (**figura 7**). Estes impulsos são enviados ao cérebro através do nervo ótico resultando na perceção de uma imagem (Lima, 2006; Wrolstad & Smith, 2010). Para o fenómeno da cor ocorrer deve haver um objeto colorido, uma fonte luminosa na região visível do espectro e um observador. Estes três fatores devem ser considerados aquando da avaliação e medição da cor. Quando a luz branca atinge um objeto pode ser absorvida, refletida, e/ou dispersa. Absorção seletiva de determinados comprimentos de onda da luz é a base principal para a cor de um objeto, como pode ser observada pelo olho, sendo uma interpretação da luz proveniente de um objeto pelo cérebro (Wrolstad & Smith, 2010).

A identificação das cores pelo ser humano é bastante complexa, uma vez que, as sensações como brilho, intensidade, nitidez e outros podem modificar a perceção das cores primárias (vermelho, azul, verde) e suas combinações (ciano, amarelo, magenta), o que significa que em muitos casos, a definição da cor é uma questão de interpretação subjetiva (López-Camelo & Gómez, 2004).



A Colorimetria é a ciência da medição de cor e proporciona um método preciso para especificar a cor dos alimentos (Lozano, 2006).

No tomate, a cor é um dos fatores mais importantes que afeta a qualidade da aparência e é resultado da pigmentação da polpa e da epiderme (Brandt *et al.* 2006 citado por Nunes, 2008; Andreuccetti, 2005). Esta depende de alguns fatores: dos pigmentos que ocorrem em várias combinações nos frutos; dos tipos de distribuição na sua estrutura física e da forma física destes. Alterações ligeiras nas cores resultam de fatores, tais como: estado de maturação, exposição a energia radiante, variação de pH, variação em tamanho, queimadura, bronzeamento e outros (Little, 1973 citado por Almeida, 1995).



**Figura 7** - Diagrama do olho humano (adaptado de Wrolstad & Smith, 2010).

Em 1976, a CIE desenvolveu o modelo colorimétrico  $CIE L^*a^*b^*$ , que apresenta três coordenadas colorimétricas,  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ , que permitem definir a posição da cor num sistema tridimensional (**figura 8**). Este modelo apresenta as coordenadas retangulares ( $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ ) e cilíndricas ( $L^*$ ,  $C^*$ ,  $H^\circ$ ).

As coordenadas retangulares  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ , onde (Lima, 2011).

- $L^*$  mede a variação da luminosidade entre o preto ( $L^* = 0$ ) e o branco ( $L^* = 100$ ) claro e escuro (*value*);
- $a^*$  é uma coordenada da cromaticidade, e representa a quantidade de croma ou cor em plano cromático, define a cor vermelha ( $+ a^*$ ) para valores positivos e a cor verde para valores negativos ( $-a^*$ );



- $b^*$  é uma coordenada da cromaticidade, e representa a quantidade de croma ou cor em plano cromático, define a cor amarela para valores positivos ( $+b^*$ ) e a cor azul para valores negativos ( $-b^*$ ).

Se a  $L^*$ ,  $a^*$ , e  $b^*$  são coordenadas conhecida, então a cor é descrita não só, mas também localizada no espaço.

As coordenadas cilíndricas  $L^*$ ,  $H^\circ$ ,  $C^*$ , onde (figura 9) (Lima, 2011):

- $L^*$  representa a coordenada de luminosidade como em  $L^* a^* b^*$ ;
- $C^*$  é a coordenada croma, corresponde à pureza (quanto mais forte e brilhante é a cor, mais afastado está da origem das coordenadas (*Croma*)).

$$C^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad (4)$$

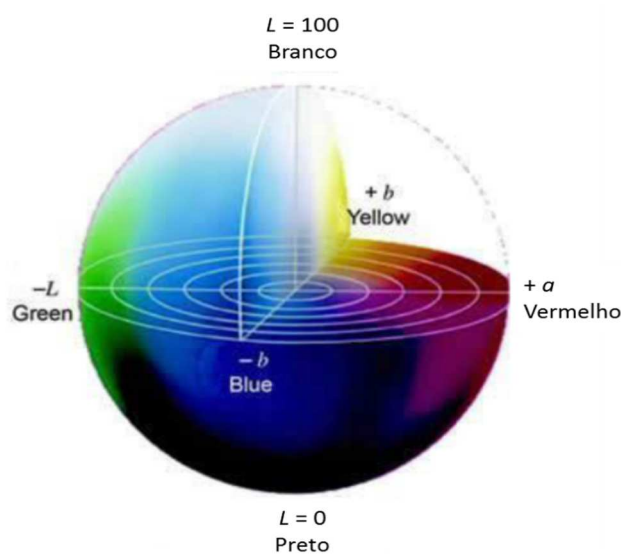
- $H^*$  corresponde à tonalidade (*Hue*) representa-se por um ângulo de  $0^\circ$  a  $360^\circ$ , dividindo-se da seguinte forma:

$$H^\circ = \arctan (b^* / a^*), \text{ onde } a^* > 0 ; b^* > 0 \quad (5a)$$

$$H^\circ = 180^\circ + \arctan (b^* / a^*), \text{ onde } a^* < 0 ; b^* > 0 \quad (5b)$$

$$H^\circ = 270^\circ - \arctan (b^* / a^*), \text{ onde } a^* < 0 ; b^* < 0 \quad (5c)$$

$$H^\circ = 360^\circ + \arctan (b^* / a^*), \text{ onde } a^* > 0 ; b^* < 0 \quad (5d)$$

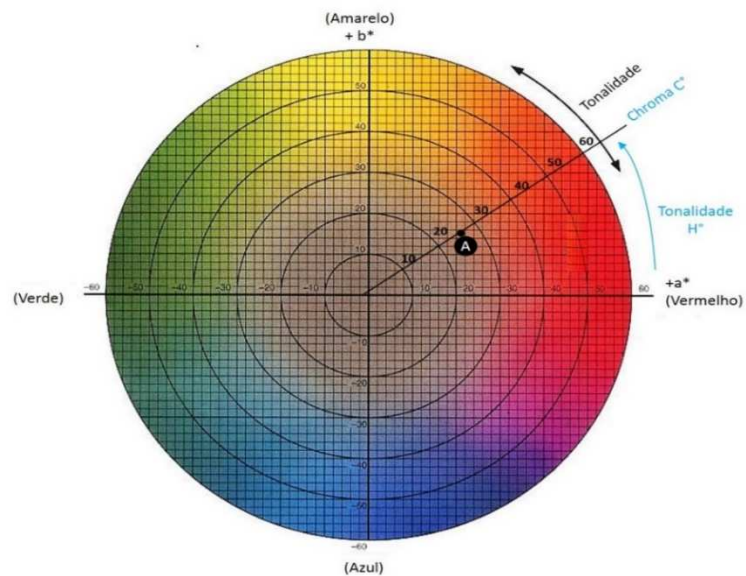


**Figura 8** – Espaço de cor CIE  $L^*a^*b^*$  (adaptado de <http://sensing.konicaminolta.com.br>).



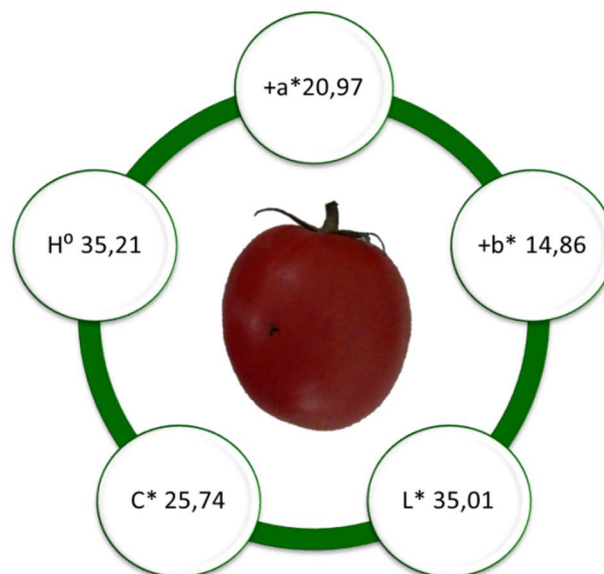
A **figura 9** mostra que se pode descrever este espaço da seguinte maneira: se considerarmos o ângulo de  $0^\circ$ , temos então a cor vermelha; para o ângulo de  $90^\circ$  temos o amarelo; para o ângulo de  $180^\circ$  temos o verde; e para o ângulo de  $270^\circ$  temos o azul (Luiz, 2005).

As cores dos principais carotenoides presentes no tomate variam entre os  $0^\circ$  e os  $90^\circ$  e representam os vermelhos, laranjas e amarelos (Roca, 2009).



**Figura 9** - Diagrama de cromaticidade  $a^*$ ,  $b^*$  (adaptado (<http://sensing.konicaminolta.com.br>)).

Na **figura 10** apresenta-se a medição da cor do tomate representada pelo **ponto A** na **figura 9** anterior.



**Figura 10** - Medição da cor do tomate.



Segundo López-Camelo & Gómez (2004), a coloração de um fruto é definida quando a coordenada acromática  $L^*$  é medida conjuntamente com as coordenadas cromáticas  $a^*$  e  $b^*$ . As medições de cor para o tomate são expressas, geralmente, através da relação:

$$\frac{a^*}{b^*} \quad (6)$$

O  $a^*$  é um bom parâmetro para descrever o desenvolvimento da cor vermelha e o grau de amadurecimento do tomate, enquanto o parâmetro  $b^*$  mostra a coloração amarela (Batu, 2004).

López-Camelo & Gómez (2004) observaram que a correlação  $a^*/b^*$  aumentou conforme o amadurecimento do fruto (aumento da percentagem da coloração vermelha).

De acordo com Batu (2004) os valores da relação  $a^*/b^*$  aumentam ao longo dos estados de maturação segundo a classificação USDA (**quadro 6**).

**Quadro 6** - Estados de cor USDA em relação a  $a^*/b^*$ .

Estado de maturação	Valores de $a^*/b^*$
Verde- maduro	-0,59 a -0,47
Verde Rosado	-0,47 a -0,27
Rosa-esverdeado	0,08
Róseo	0,08
Vermelho claro	0,60 a 0,95
Vermelho	0,95 a 1,21

Adaptado de Batu, 2004.

Os frutos são facilmente comercializados quando a correlação  $a^*/b^*$  apresenta valores entre 0,6 a 0,95 (Batu, 2004).

Já D'Souza *et al.* (1992) referiram que a correlação  $(a^*/b^*)^2$  é um parâmetro melhor do que qualquer outro índice acromático para demonstrar o teor de licopeno.

O ângulo *Hue* ( $H^0$ ) é uma variável que também expressa alterações de cor no tomate (Andreuccetti, 2005).

Shewfelt, *et al.*, (1988), mencionam que no tomate quando aumenta a coloração vermelha há um decréscimo da tonalidade ( $H^0$ ). Durante o amadurecimento dos frutos os valores de *hue* diminuem (adaptado de Andreuccetti, 2005).



O parâmetro  $C^*$ , também é utilizado nas medições de cor. À medida que os frutos amadurecem o valor de croma ( $C^*$ ) aumenta (adaptado de Andreuccetti, 2005).

### 3.3. Sólidos solúveis totais (°Brix).

Os sólidos solúveis totais (SST) medidos por refratometria são usados como indicadores de açúcares totais em frutas (CECCHI, 1999 citado por Ferreira, 2004) estando relacionados com o grau de amadurecimento, sendo expressos normalmente em °Brix. São constituídos por compostos solúveis em água representando os açúcares, ácidos, vitamina C e algumas pectinas (Moura, Sargent, Oliveira, 1999, Oliveira *et al.*, 1999 citados por Ferreira, 2004).

Grande parte dos sólidos solúveis totais (SST) em tomate são constituídos por açúcares (glicose e frutose), formados a partir da hidrólise do amido, dando origem ao sabor e doçura dos frutos, em equilíbrio com os ácidos orgânicos. Quando ocorre perda de peso há favorecimento no teor de sólidos solúveis totais, isto porque há concentração nos teores de açúcares no interior dos tecidos (Kluge & Minami, 1997; Zambrano; Moyeja; Pacheco, 1996 citados por Ferreira, 2004).

Os SST representam a percentagem (em peso) de sólidos que se encontram dissolvidos no alimento, sendo de 65% a 85%. No caso de frutas, os SST têm tendência a exibir maior concentração com a evolução do estado de maturação, devido aos processos de biossíntese ou ainda pela degradação de polissacáridos. Segundo Chitarra & Chitarra, o conteúdo de SST, representa uma das melhores formas de avaliação do grau de doçura do produto (Borguini & Silva, 2005; Chitarra & Chitarra, 1990 citado por Luiz, 2005) além de ser uma característica genética da cultivar. São influenciados pelo método de cultivo e pelas condições ambientais, que ocorrem durante o processo de crescimento (Oliveira *et al.*, 1999; Silva; Giordano, 2000 citados por Ferreira, 2004; Helyes, *et al.*, 2006).

A capacidade dos frutos em importar e metabolizar sacarose tem um papel importante nos SST, embora não se tenha demonstrado acumulação de sacarose em tomate (Hewitt, Dinar e Stevens, 1982 apud Filgueiras 1996 citado por Castro, 2003).

A presença dos SST no tomate é da ordem de grandeza 7 a 8,5%, sendo que 1% corresponde à pele e à semente (Camargo, 2000). Segundo Coelho (2001), em geral, os valores dos SST para tomate fresco de maturação completa são próximos de 4,0 °Brix, no



entanto, algumas variedades de tomates podem apresentar valores mais elevados, próximos de 6,0 °Brix (Venske, *et al.*, 2004).

Segundo Hala, *et al.* (1978) a medição baseia-se na refração da luz, ou seja, a alteração da direção do raio luminoso quando atravessa dois meios com densidades diferentes. O fenómeno de refração da luz é o princípio base dos instrumentos de medição, denominados refratómetros. Sendo estes, uma ferramenta importante e útil, que é usada no controle e na análise de produtos alimentares, na identificação de substâncias desconhecidas, e também é utilizado para diferenciar substâncias com os mesmos pontos de ebulição e compostos de natureza semelhante (Alvarado, 2001).

## 4. Avaliação Química.

### 4.1. Carotenoides.

Os carotenoides são pigmentos solúveis em lípidos e insolúveis em água, comuns em plantas fotossintéticas. O termo carotenoide resume-se numa classe de pigmentos estruturalmente relacionados, existentes principalmente em plantas. Formam-se pela união de oito unidades isoprenóides (ou isoprenos), a que corresponde uma cadeia poli-olefínica com 40 átomos de carbono (são tetraterpenos). Esta cadeia é, em geral, linear (acíclica) embora alguns carotenoides possuam nos extremos, anéis de seis carbonos, numa ou em ambas as extremidades ( $\beta$  - caroteno) (Domingos, 2009).

Atualmente foram identificados mais de 600 carotenoides naturais diferentes, embora apenas cerca de duas dezenas sejam regularmente consumidos pelos seres humanos. O membro mais proeminente deste grupo é  $\beta$ -caroteno (Sánchez-Moreno, *et al.* 2006). São os melhores captadores do oxigénio singleto (Costa, 2009).

A estabilidade dos carotenoides depende da disponibilidade de oxigénio, temperatura, exposição à luz, atividade de água, presença de metais, acidez e a própria estrutura. Devido ao seu alto grau de insaturação, os carotenoides são extremamente suscetíveis à oxidação (Farkas, 2000 citado por Luiz, 2005).



#### 4.1.1. Licopeno.

Cerca de 80% a 90% dos pigmentos presentes no tomate maduro correspondem ao licopeno, com maior incidência na epiderme. Esse carotenoide é um dos melhores supressores biológicos de radicais livres e um dos antioxidantes mais eficientes (Rao, *et al.*, 2000; Rao, *et al.*, 1998 citado por Ferrari, 2008).

O licopeno é um carotenoide hidrófobo de elevada massa molecular (536,85 Da), que se encontra sobretudo no tomate e produtos derivados, sendo responsável pela cor vermelha que estes apresentam. Em termos estruturais é um hidrocarboneto alifático polinsaturado ( $C_{40}H_{56}$ ), com 13 ligações covalentes duplas, como se pode observar na **figura 11**. Esta estrutura é responsável pela sua cor, solubilidade em lípidos e enorme poder antioxidante (Roca, 2009; Domingos, 2009).

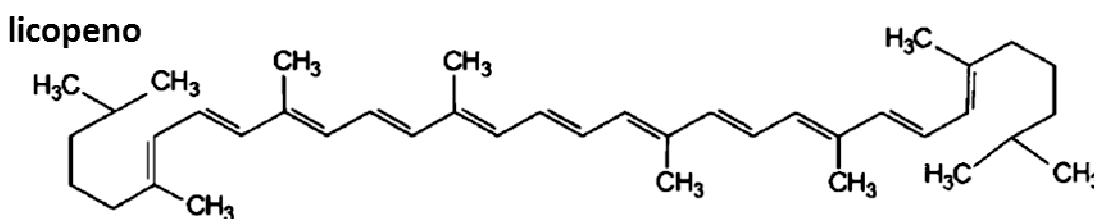


Figura 11 - Estrutura molecular do licopeno (adaptado de Bender, 2003).

Cerca de 95% do licopeno que se encontra nas plantas está na forma *trans*, uma vez que esta configuração é a mais estável em termos termodinâmicos. No entanto, quando o licopeno é exposto a determinados fatores como temperaturas elevadas, luz e catalisadores, sete das treze ligações duplas presentes na sua estrutura isomerizam, e dão origem a moléculas com a conformação *cis*, sendo esta menos estável (Domingos, 2009). Ao contrário de outros carotenoides, o licopeno não possui atividade de provitamina A (Yahia, 2010).

O licopeno encontra-se amplamente difundido na natureza. Embora apenas seja sintetizado, por via fotossintética, encontra-se também no reino animal por via indireta. À medida que os órgãos vegetais vão amadurecendo, os níveis de clorofila tendem a diminuir e por consequência o licopeno e outros pigmentos sobressaem mais, conferindo uma cor viva à maioria dos frutos (ananás, laranja, limão, morango, tomate, etc.). A síntese de licopeno depende da presença da luz, que atua por intermédio do fitocromo presente na membrana celular. A síntese do licopeno pode ser inibida a temperaturas acima de 30 °C, provavelmente devido à inativação do ácido 1-carboxílico-1-aminociclopropano oxidase (ACC), sem afetar



a síntese de  $\beta$ -caroteno. Tal inibição pode ser revertida sujeitando os frutos a baixa temperatura, estimulando desse modo a síntese de licopeno (Awad, 1993).

Como foi referido anteriormente, o tomate constitui a principal fonte deste poderoso antioxidante, representando cerca de 80 a 90% total de carotenoides presentes neste fruto. A restante percentagem corresponde a outros pigmentos, tais como  $\beta$ -caroteno, luteína, violaxantina, auroxantina, neoxantina, e clorofilas a e b, que se acumulam no interior da polpa e na região exterior do pericarpo, ao contrário do licopeno que apenas aparece no final do período de maturação. Quase exclusivamente, na parte externa da fruta (Kozuhue & Friedman, 2003 citado por Costa, 2009; Domingos, 2009).

O teor do licopeno, bem como dos demais carotenoides, presentes no tomate fresco variam em função de inúmeros parâmetros: variedade, fatores ambientais (temperatura e luz) e práticas culturais (água, teor de nutrientes, entre outros), estado de maturação (maturação mais avançada, maior teor de licopeno), condições ambientais durante o processo de maturação e armazenamento pós-colheita, variando pouco significativamente da variedade e da zona geográfica de produção (Kozuhue & Friedman, 2003 citado por Costa, 2009; Domingos, 2009).

A cor verde dos tomates não maduros deve-se à presença de clorofila a e b. No início a cor altera-se gradualmente de verde-escuro para verde-claro. Em seguida surgem os pigmentos amarelos, alaranjados e vermelhos. A alteração da cor verde resulta da quebra da estrutura de clorofila que é causada, principalmente, pela variação de pH, resultante da presença de ácidos orgânicos provenientes do vacúolo, e pela presença de sistemas oxidantes e pela atividade de clorofilases (Awad, 1993).

Segundo Yahia (2010), o tomate fresco contém cerca de 0,72-20 mg de licopeno por cada 100 g de peso em fresco, o que representa cerca de 30% dos carotenoides totais no plasma. Este carotenoide também se encontra presente, em menores concentrações, na melancia, cenoura, abóbora, papaia e batata-doce (adaptado Shi, *et al.*, 2002 citado por Domingos, 2009), como se pode observar no **quadro 7**.

**Quadro 7** - Teores de licopeno de alguns frutos e vegetais.

<b>Produto</b>	<b>Teor de Licopeno mg/100g (BH)</b>
Melancia	2,30 – 7,20
Papaia	0,11 – 5,30
Cenoura	0,65 – 0,78
Abóbora	0,38 – 0,46
Batata-doce	0,02 – 0,11

Fonte: Shi *et al.*, 2002 citado por Domingos, 2009.

### Benefícios para a saúde humana.

É evidente que o consumo crescente de frutas e vegetais é importante para melhorar o potencial antioxidante. O tomate tem sido apontado como uma boa fonte de antioxidantes, portanto, têm sido propostos estudos para investigar o impacto do seu consumo na saúde humana (Pellegrini *et al.*, 2000).

Embora seja utilizado como corante alimentar há muitos anos, apenas recentemente o licopeno tem sido objeto de muitos estudos em relação à sua atividade antioxidante e ao potencial para a prevenção de doenças crónicas.

Tais investigações têm conduzido à hipótese de aumentar os níveis deste carotenoide em diversos frutos, particularmente no tomate, por cruzamento ou manipulação genética, com o objetivo de aumentar a quantidade ingerida de licopeno por meio da dieta (Bramley, 2000).

O licopeno é o primeiro carotenoide que se acumula, após a absorção, em tecidos e fluidos humanos, por exemplo na próstata e no plasma sanguíneo, respetivamente. Giovannucci *et al.*, (1995) demonstraram uma relação inversa entre a ingestão de alimentos ricos em licopeno e a incidência de cancro da próstata (Costa, *et al.*, 2009). Já Franceschi, *et al.*, (1994) estudaram em Itália 2706 casos de cancro na cavidade bucal, faringe, esófago, estômago e cólon, e concluíram que o aumento da ingestão de produtos à base de tomate funcionou como proteção para a ocorrência de todos estes tipos de cancro do sistema digestivo. O mesmo estudo concluiu que o facto de se ingerir produtos à base de tomate pelo menos uma vez por dia reduz em 50% o risco de cancro no aparelho digestivo (adaptado de Roca, 2009). Acredita-se também que previne a oxidação do colesterol LDL (low density



lipoprotein). Uma vez ingerido, o licopeno aparece no plasma, inicialmente na VLDL (very low density lipoprotein) e posteriormente na LDL e HDL (high density lipoprotein). Os níveis mais elevados foram encontrados na LDL (Bramley, 2000).

Noutros artigos científicos consultados, foi referido que o consumo de licopeno pode reduzir o risco de desenvolvimento de doenças cardiovasculares, nomeadamente, o risco de enfarto do miocárdio (Kohlmeir *et al.*, 1997). Simões, *et al.* (2014), afirmaram que o licopeno exerce um efeito protetor nos músculos cardíaco e esquelético contra o *stress* oxidativo induzido por exercícios exaustivos, além de promover uma neovascularização do tecido cardíaco observada no grupo treinado com suplementação do antioxidante. Para além do efeito preventivo contra a arteriosclerose e a eficiência deste pigmento no mecanismo de defesa contra os efeitos nocivos da radiação UV sobre a pele humana. (Ribaya-Mercado *et al.*, 1995).

Júnior, *et al.*, (2011), sugerem que o consumo de uma porção por dia de tomate ou derivados pode apresentar um efeito protetor de possíveis mutações no ADN (Júnior, *et al.*, 2012). É sabido também que altas concentrações de licopeno no sangue estão associadas ao menor risco de desenvolvimento de cancro da próstata (Santillo e Lowe, 2006; Nunes e Mercadante, 2004 citados por Júnior, *et al.* 2012).

### 4.2. Potencial Hidrogeniónico (pH).

Um atributo importante no tomate é o pH, e a relação com os sólidos principalmente açúcares, é um indicador da qualidade organolética do fruto (sabor e aroma).

O pH do tomate é determinado pelos teores em ácidos orgânicos, sendo o ácido cítrico o mais abundante (Wilkerson, *et al.*, 2013). Existe uma grande variação de pH entre os génotipos de tomate, variando entre 4,0 e 4,8, em um tomate maduro (Castro, 2003; Saltveit, 2005). O grau de maturação, a cultivar e a época de colheita são fatores que influenciam este parâmetro. A localização da cultura; época de produção; incidência de apodrecimento, danos mecânicos e disfunções no amadurecimento, são outros fatores que influenciam os valores de pH (Borguini, 2006).

Na literatura consultada é referido que o pH decresce significativamente com os primeiros sinais de maturação nos frutos, e aumenta levemente quando está sobre-



amadurecido (Ferreira, 2004). Isso pode ser explicado como consequência da diminuição acidez dos frutos que já atingiram o estado máximo de maturação, e por consequência adquirem a capacidade de sintetizar ácidos orgânicos (Ferreira, 2004).



# III

## Material e Métodos













## 1. Material em estudo.

Foram estudados 10 acessos de frutos de genótipos de tomateiro tradicionais em fresco e refrigerado, cultivados na Escola Superior Agrária de Santarém.

A colheita dos frutos do tomateiro realizou-se em meados de Setembro de 2012, tendo em conta a coloração e o estado de maturação, abrangendo várias tonalidades, do rosa-esverdeado a vermelho (**quadro 8**). Por cada acesso foram colhidos 30 frutos. De cada lote (30 frutos/acesso), foram retirados aleatoriamente quinze frutos para a realização das análises no dia da colheita (em fresco). Os restantes frutos foram refrigerados a 5°C e analisados após uma semana (**figura 12**). Esta temperatura foi escolhida propositadamente, para se poder observar a sensibilidade ao frio, simulando o transporte a longas distâncias e os hábitos dos consumidores que os colocam também no frio.

No desenrolar deste estudo, tipo de ensaio significa amostras em fresco ou amostras refrigeradas. No que diz respeito ao tipo de amostragem, significa fruto inteiro ou polpa.

**Quadro 8** - Caracterização por cor.

Segundo USDA, 1997			
 44-11B	Vermelho claro	 90-11B	Rosa-esverdeado
 50-11B	Vermelho	 172-11C	Vermelho
 55-11B	Vermelho claro	 187-11C	Vermelho
 59-11B	Vermelho	 74-11D	Vermelho
 63-11B	Vermelho claro	 173-11D	Vermelho



## 2. Preparação das amostras.

Para cada acesso foram colhidos 15 frutos, os quais foram separados em dois lotes: um lote com 10 frutos o outro lote com 5 frutos. O lote de 10 frutos foi dividido em duas subamostras (A e B). As amostras de 10 frutos para as quais foi determinada a cor do fruto inteiro (exterior).

Para a determinação do pH, dos sólidos solúveis totais ( $^{\circ}$ Brix) e das leituras de coloração na polpa do fruto, procedeu-se à homogeneização das duas subamostras, separadamente, da seguinte forma:

Foi retirado o pedúnculo a cada fruto e de seguida foram lavados e passados por água destilada. Cada fruto foi cortado transversalmente, aproveitando-se apenas metade, exceto no caso do tomate pequeno. Foram triturados com uma varinha mágica “Kenwood HBM713P”.

Feitas as determinações acima mencionadas, as subamostras foram congeladas a  $-80^{\circ}\text{C}$  em *ependorfs* para determinação posterior do teor de licopeno.

Todo o processo mencionado anteriormente foi realizado da mesma forma para os frutos refrigerados.

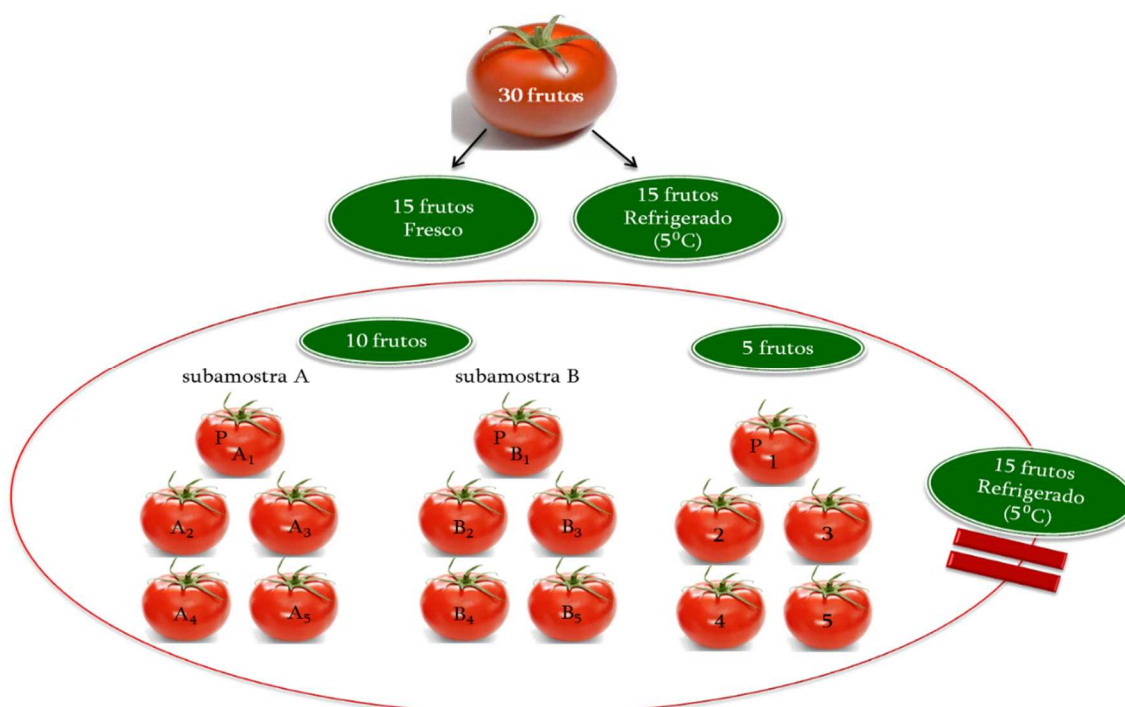


Figura 12 – Esquema da amostragem.



## 3. Avaliação Reológica e Física.

### 3.1. Metodologia – Textura.

#### 3.1.1. Medição da textura.

Entende-se por firmeza a resistência à penetração com rutura. É um atributo textural indicativo de consistência dos frutos.

Miles, *et al.*, (1969), concluíram que o tomate sem epiderme se deforma mais, comparativamente ao tomate com epiderme. A epiderme é uma componente importante do fruto, pois atua como uma membrana que envolve a massa material (Almeida, 1995).

O tomate comporta-se como um material viscoelástico, de baixa resistência (Miles, *et al.*, 1969 citados por Almeida, 1995) sendo muito sensível a choques, especialmente após o início da etapa de amadurecimento (Almeida, 1995).

Os métodos para medir a firmeza de frutos envolvem testes de resistência à penetração, de compressão, de deformação, de aplanção, medições de pressão de turgescência, entre outros (Castro, 2003).

Muitos instrumentos têm sido utilizados na medição da firmeza de frutos baseados na compressão do fruto inteiro, na compressão de pontos da superfície ou por compressão da circunferência equatorial do fruto (Castro, 2003).

O ensaio mais comum para determinação da firmeza é o ensaio de punção - *Magness-Taylor* com agulha, que consiste na utilização de uma sonda cilíndrica em aço com um diâmetro variável entre 0,5 e 0,75 mm, e permite medir a resistência do pericarpo dos frutos, à penetração (Lima, 2009). Este ensaio em frutas permite avaliar (Santos, [s.d.]:

- Qual o momento ótimo de colheita;
- A qualidade durante o armazenamento;
- O efeito da conservação pelo frio;
- O estado de maturação para posterior processamento industrial.



### Texturómetro *STEVENS QTS – 25*.

O fundamento utilizado na determinação experimental da textura consiste no contacto da sonda com o alimento a analisar. A sonda provoca uma deformação na amostra e a célula de carga do equipamento é sensível à deformação e/ou resistência oferecida. O resultado é uma curva de força *versus* tempo ou de força *versus* distância onde se regista, de acordo com a geometria usada no ensaio, a variação da textura do material (Castro, *et al.*, 2001).

O texturómetro *Stevens QTS – 25* (**figura 13**) é um instrumento de bancada, autossuficiente que permite precisão na análise dos produtos mesmo em ambientes de produção. Ele pode funcionar em modo *stand-alone* usando a delicada consola ou com um PC usando o *Software TexturePro* ([www.brookfieldengineering.com](http://www.brookfieldengineering.com)).



**Figura 13** - Texturómetro *Stevens QTS – 25*.

### Procedimento.

Na determinação da textura utilizou-se o Texturómetro *Stevens QTS-25*, equipamento de medição constituído por um braço móvel vertical onde se insere a sonda, e por uma plataforma onde é colocada a amostra.



Procedeu-se previamente à calibração da distância antes de cada medição, com um cilindro com a altura de 80 mm. As condições de ensaio estipuladas são apresentadas no **quadro 9**. Os ensaios realizados correspondem a um ciclo de punção, com uma sonda agulha em aço com um diâmetro de 0,5 mm. No **Anexo I** apresenta-se o procedimento experimental do texturómetro.

**Quadro 9** - Condições de ensaio para a determinação da textura no tomate.

Número de ciclos	1 Ciclo
Número de ensaios	10 Ensaios/acesso
Tipo de sonda	Agulha
Espessura da sonda	0,5 mm
Profundidade	10 mm
<i>Trigger point</i>	0,049 N
Velocidade da sonda	60mm/min
<i>Target Unit</i>	Distância

Colocou-se o tomate sobre a plataforma do texturómetro e ajustou-se o braço móvel até a sonda estar junto à superfície do fruto, procedeu-se às medições. Foram feitas duas medições na região equatorial dos frutos, na região externa dos frutos.

Terminado o ensaio de cada acesso, foram retirados do *software* os valores da força (dureza) e fraturabilidade, do módulo Aparente, da deformação na rutura (**quadro 10**) e os respetivos texturogramas das leituras.

**Quadro 10** – Definições dos termos descritivos para parâmetros de textura do tomate.

Atributos	Unidades	Definições
Dureza/Firmeza (D1/F1)	N	Força necessária para provocar determinada deformação. Quanto maior a força necessária para penetrar o alimento, maior é sua dureza.
Fracturabilidade	N	Força necessária à fratura do material.
Módulo Aparente (Map)	N/s	Declive inicial da curva de deformação provocada pela força, que está associado à rigidez do alimento.
Deformação de rutura (deformação de Hencky – $\epsilon$ )	mm	Indica o quão quebradiça é a textura do alimento, isto é, até que ponto o produto pode ser deformado sem se romper.

Fonte: Carneiro, *et al.*, 2011; Cunha, 2002; Lima, 2009; Wrolstad, 2001.

## 3.2. Metodologia – Cor.

### 3.2.1. Determinação instrumental da cor.

A avaliação sensorial da cor tem um elevado poder discriminante entre duas cores semelhantes, capacidade para ver se a superfície tem brilho, se é rugosa, e entrar com estas informações na percepção global da cor (Lima, 2011).

Como a reflexão da luz determina a cor de um material, qualquer alteração na quantidade de luz, no tipo de iluminante, no ângulo de visão do observador ou no tamanho da amostra influenciam a nossa percepção na atribuição da cor a um objeto (Lima, 2011). Por tudo isto há vantagem em padronizar a medição da cor através de medição instrumental usando colorímetros (**figura 14**) e um sistema de coordenadas de cor bem definido (Lima, 2011).

O colorímetro utiliza iluminantes normalizados que simulam a luz do dia, o D65 (que inclui a região UV), C (sem a região UV) e A (luz incandescente). É utilizado tanto em produtos sólidos como em produtos líquidos (Santos, 2011).



**Figura 14** - Colorímetro com medição de diferença de cor CR-400 (<http://sensing.konicaminolta.com.br>).

### Procedimento.

Para a medição da cor utilizou-se o Colorímetro de Reflectância Konica Minolta CR 400, com 8 mm de diâmetro na área de medição do aparelho e com iluminação difusa (iluminante padrão D65, observador padrão de 2° no espaço cromático  $CIE L^*a^*b^*$ ). O colorímetro estava conectado a um computador de forma a ser possível utilizar o *software Spectramagic Nx*, que permitiu a obtenção dos valores das coordenadas de cor e também a reprodução da própria cor.

Foi efetuada previamente a calibração do colorímetro com um azulejo branco padrão, cujos valores das coordenadas são: Y – 93,8; X- 0,3158; Y- 0,3322.

Foram feitas duas leituras externas da parede dos frutos na região equatorial (**figura 15**).



**Figura 15** - Leituras de coloração externa do fruto e Placa de Petri CM-A128.



Dos frutos homogeneizados (polpa), obtiveram-se cinco leituras de cor. A polpa foi pipetada (cerca de 5 mL), para uma Placa de Petri CM-A128 (**figura 15**), e procedeu-se à leitura da mesma.

### 3.3. Metodologia – Sólidos solúveis totais (°Brix).

#### Procedimento.

A análise dos SST presentes no tomate efetuou-se a partir da amostra de tomate homogeneizado. Esse parâmetro determinou-se a 20°C por meio do índice de refração, utilizando-se o refratômetro portátil Zuzi - °Brix 0-32% ATC. Este foi calibrado com água destilada a 20°C, cujo índice de refração é 1,333. Em seguida, transferiram-se uma a duas gotas de cada amostra, com o auxílio de um pano perfurado, para o prisma do refratômetro e leu-se diretamente o valor em °Brix. Efetuaram-se três leituras para cada uma das subamostras (A e B).

## 4. Avaliação Química.

### 4.1. Metodologia – Teor de licopeno.

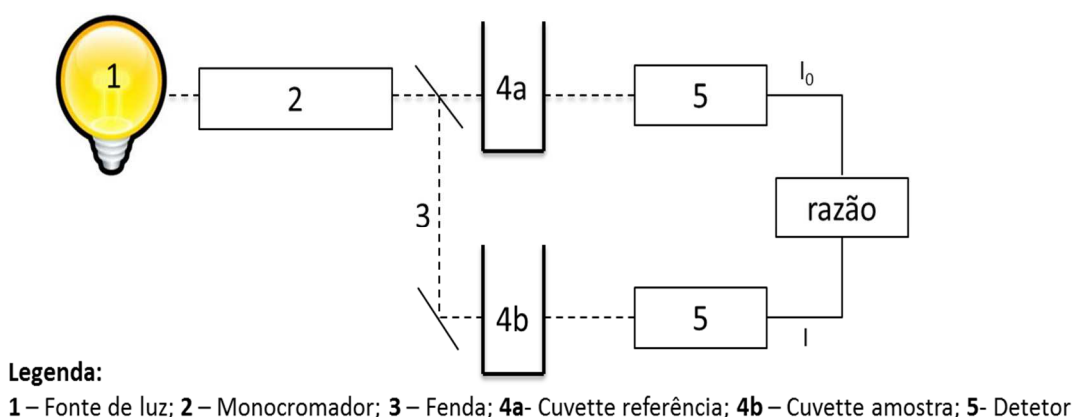
#### 4.1.1. Espectrofotometria.

Os aparelhos de medida utilizados na determinação quer de absorvências, quer de transmitâncias, são designados por espectrofotômetros.

O equipamento produz uma radiação de comprimento de onda pré-selecionado, que atravessa uma amostra (normalmente dissolvida num solvente e colocada numa cuvete), e mede a intensidade da luz transmitida pela amostra. Os componentes principais de um espectrofotômetro são apresentados na **figura 16**. Estes consistem: numa fonte luminosa; num monocromador, que permite a seleção de um determinado comprimento de onda dentro da gama do instrumento; numa câmara de amostras; num detetor; e num medidor. Estes instrumentos permitem, em geral, realizar medições nas regiões ultravioleta, visível e infravermelho do espectro eletromagnético.



No espectrofotômetros de feixe duplo, utilizado neste trabalho, emerge da fonte luminosa uma radiação monocromática a qual atravessa um sistema ótico designado por *beam splitter*, que divide essa radiação em duas intensidades exatamente iguais, havendo uma passagem através do branco ou referência, ao mesmo tempo que o outro feixe passa através da amostra. Essa abordagem elimina quaisquer problemas de variação na intensidade de luz. A absorvência resultante é a diferença entre os dois feixes de transmissão de luz gravada pelos detetores combinados.



**Figura 16** - Representação esquemática de um espectrofotômetro de feixe duplo.

## Procedimento.

A determinação das concentrações de licopeno foi baseada no procedimento proposto por Fish *et al.*, (2002), com adaptações.

Foram pesados  $0,2$  a  $0,3 \pm 0,0001$  g do da amostra descongelada homogênea, para um tubo de ensaio envolvido em papel alumínio de forma a protegê-lo da luz. Cada subamostra foi ensaiada em triplicado. Após a pesagem foram adicionados: 5 mL de BHT a 0,05% (w / v) em acetona, 5 mL de etanol a 95%, e 10 mL de hexano, procedendo-se, em seguida, a uma agitação da mistura num recipiente contendo os suportes com os tubos de ensaio, em banho de gelo a 180 rpm durante 15 min. Depois da agitação adicionaram-se 3 mL de água desmineralizada em cada tubo e agitou-se durante 5 min. Após este procedimento, os tubos foram deixados à temperatura ambiente durante 5 min para permitir a separação de fases. Em seguida foi retirada uma alíquota da fase superior (amarela), e leu-se a absorvência da solução em n-hexano, no comprimento de onda 503 nm, utilizando-se o n-hexano como branco.



A curva de calibração obtida mostrava uma boa linearidade com um coeficiente de correlação experimental,  $R^2 = 0,9998$ .

O teor de licopeno nas amostras pode ser estimado através de dois métodos:

1. **O método teórico:** utiliza o coeficiente de extinção molar de licopeno em hexano ( $17,2 \times 10^4 \text{ M}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ ), determinado na literatura por Markovic', *et al.*, (2006) citados por Ravelo-Pérez, *et al.*, 2008). Neste caso, a lei de Lambert-Beer pode ser descrita como:

$$A_{503} = \varepsilon (\text{M}^{-1} \text{ cm}^{-1}) \times b(\text{cm}) \times [\text{Concentração de licopeno (M)}] \quad (1)$$

Por substituição do coeficiente de extinção molar do licopeno em n-hexano e a respetiva massa molar (536,9 g/mol), obtém-se a seguinte **Equação 2**:

$$\text{Licopeno (mg/kg)} = \frac{A_{503} \times 31,2}{m(\text{g})} \quad (2)$$

2. **O método experimental:** baseia-se na curva de calibração obtida a partir dos dados experimentais (**figura 17**), permitindo obter a reta de regressão.

Neste caso, por substituição apropriada na equação da reta, e tendo em conta o procedimento experimental, obtém-se a **equação 3** que vai ser utilizada para determinar o teor de licopeno.

$$\text{Licopeno (mg/kg)} = \frac{(A_{503} + 0,0227) \times 33,1}{m(\text{g})} \quad (3)$$

Foi efetuado um estudo comparativo dos dois métodos para obtenção dos teores de licopeno. Verificou-se não existiam diferenças significativas entre os mesmos (**quadros 25 e 26 – Anexo IV**).

Por isso, após esta constatação, os teores de licopeno foram sempre obtidos através do método teórico.

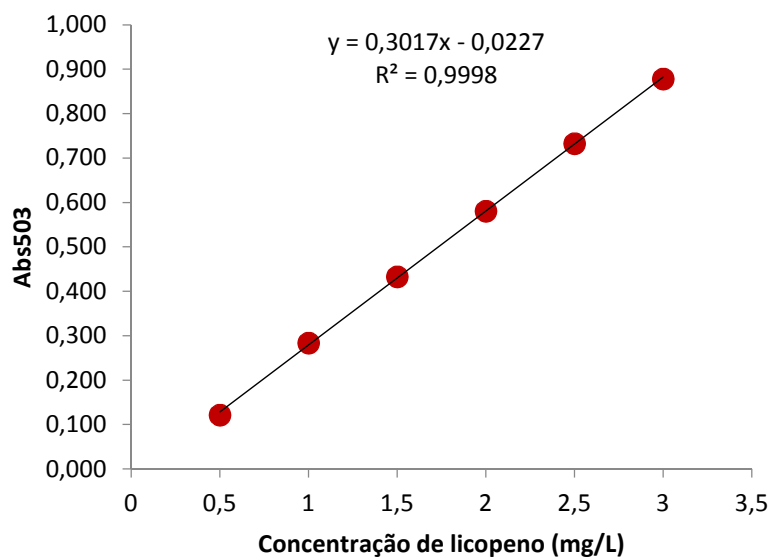


Figura 17 – Abs<sub>503</sub> versus concentração de licopeno (mg/L) em hexano.

## 4.2. Metodologia – Potencial Hidrogeniônico (pH).

### Procedimento.

O pH determinou-se nas amostras homogeneizadas utilizando-se um potenciômetro digital pH Meter “Microprocessor pH537, WTW”, calibrado inicialmente com as soluções padrão de pH = 4 e 7. Efetuaram-se três leituras para cada uma das amostras iniciais (A e B). No final de cada repetição, o eletrodo foi lavado com água destilada e seco com papel suave.

## 4.3. Análise estatística de resultados.

Todos os resultados analíticos foram condensados em quadros e submetidos a um tratamento estatístico ANOVA/MANOVA, recorrendo ao *software Statistica versão 7.0*, Stat Soft, Inc, tendo-se verificado interação entre variáveis independentes após o teste de significância de *Wilks*, para um nível de significância de 5% ( $p < 0,05$ ). De seguida foi efetuado o teste *Post Hoc* de comparação de médias, teste de *LSD Fisher* (parâmetros de cor e textura) e o teste *HSD Unequal* (°Brix, pH, teores de licopeno), de modo a verificar a



existência ou não de diferenças significativas os dois tipos de ensaio (fresco e refrigerado). Foram ainda calculados os coeficientes de correlação ( $r^2$ ) para determinação das relações existentes entre as diversas propriedades avaliadas.

Os valores obtidos das características dos acessos foram sujeitos a uma análise de componentes principais (ACP). O nível de significância usado para todos os testes estatísticos foi de 5%.



# IV

## Apresentação e Discussão de Resultados



## 1. Avaliação Reológica e Física.

### 1.1. Textura.

Os resultados obtidos nos ensaios de textura foram testados com teste de significância multivariada de *Wilks* (**quadro 15 - Anexo I**), onde se verificou que havia interação entre as duas variáveis independentes, acesso e ensaio ( $p < 0,05$ ).

A título de exemplo encontram-se no **Anexo I** alguns gráficos experimentais obtidos nos ensaios efetuados para cada acesso de tomate fresco e refrigerado, respetivos padrões.

No **quadro 14 - Anexo I** podem observar-se os valores médios e respetivos desvios-padrão. Foi aplicado o teste *Post Hoc LSD Fisher* de comparação de médias.

Para uma melhor compreensão da discussão de resultados, apresentam-se em seguida os gráficos com os valores das médias dos seguintes parâmetros de textura: fracturabilidade, dureza, módulo aparente e deformação na rutura, dos frutos inteiros em fresco e refrigerado para cada acesso.

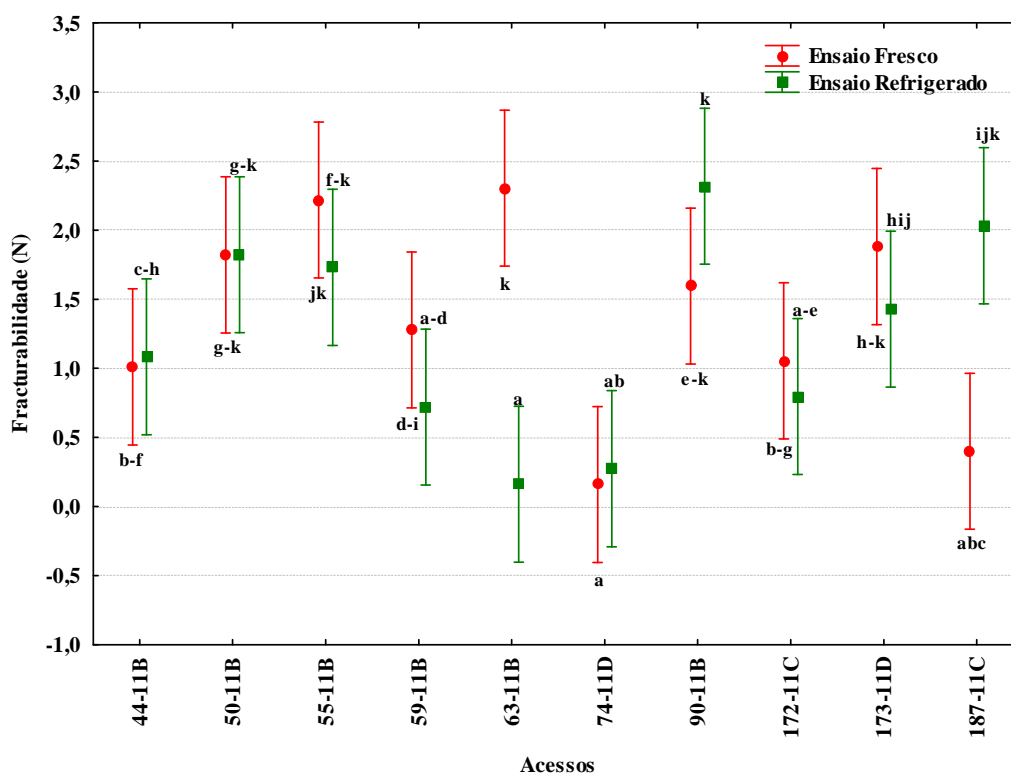


Gráfico 1 – Fracturabilidade *versus* acessos frescos e refrigerados.

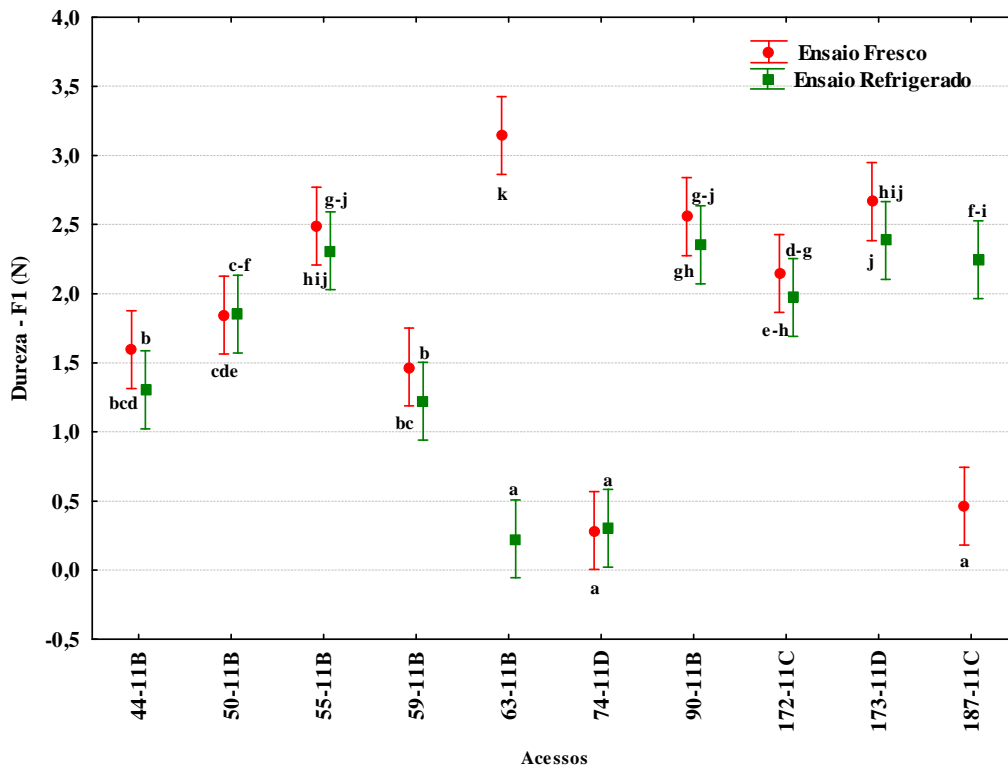


Gráfico 2 – Dureza *versus* acessos frescos e refrigerados.

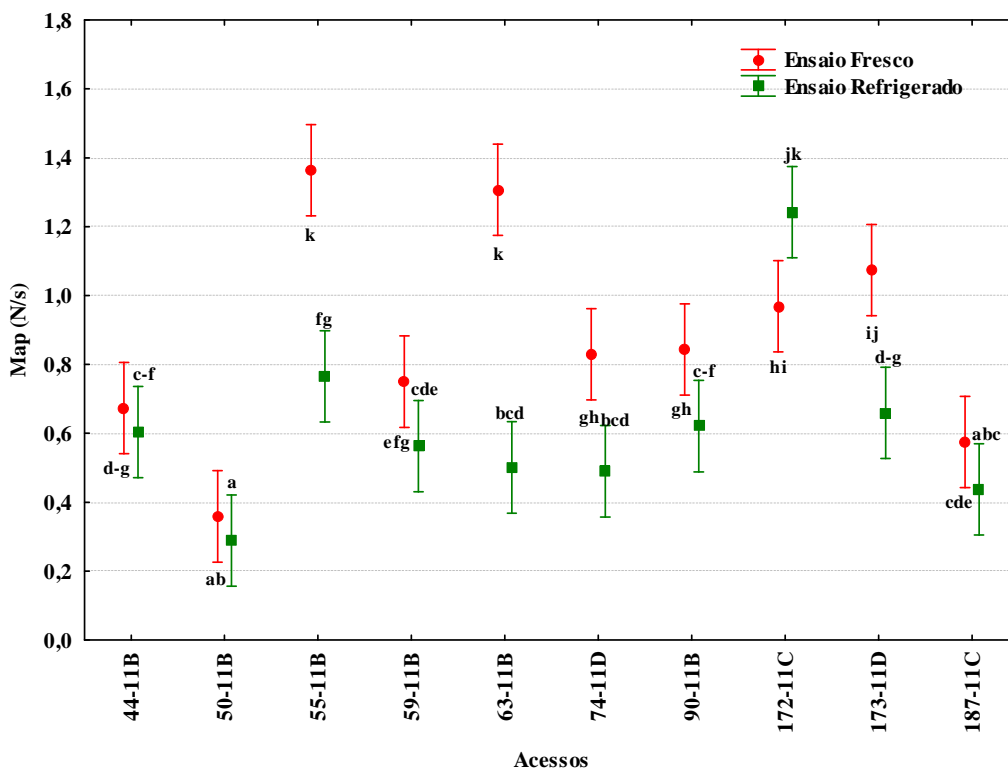


Gráfico 3 – Módulo aparente *versus* acessos frescos e refrigerados.

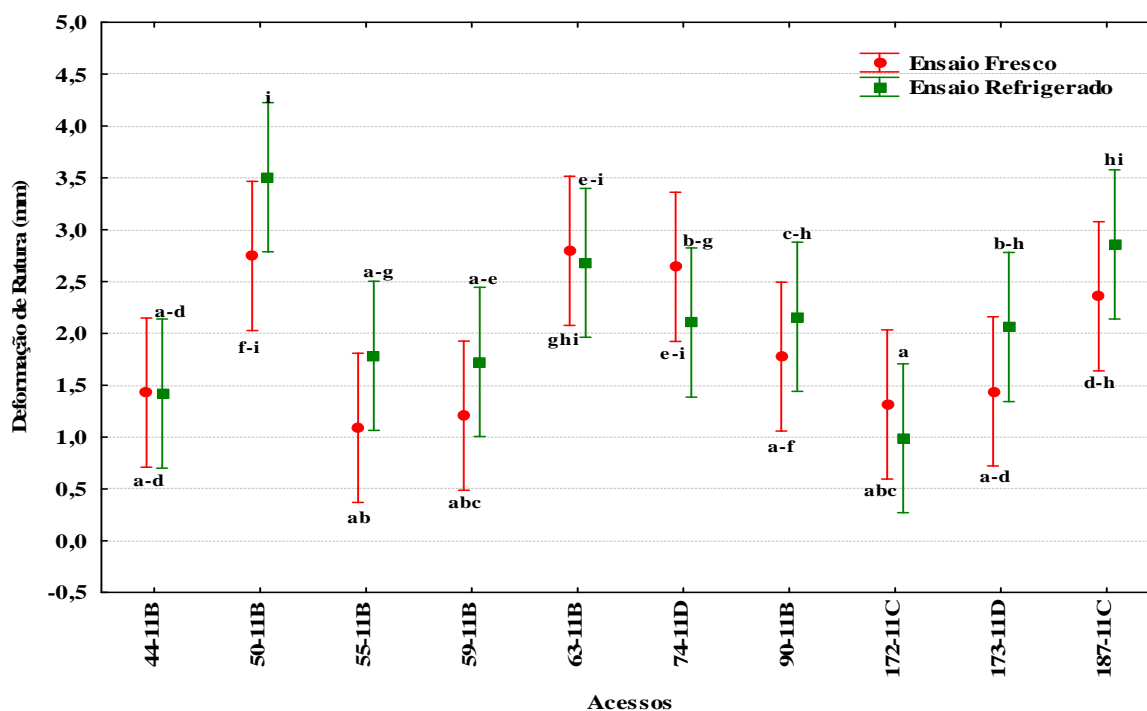


Gráfico 4 – Deformação na rutura *versus* acessos frescos e refrigerados.

### Acesso 44-11B.

Após uma semana de refrigeração observou-se que não houve diferenças significativas para todos os parâmetros de textura, ou seja, os frutos deste acesso apresentam alguma resistência a baixa temperatura.

### Acesso 50-11B.

Os valores do módulo aparente dos frutos em fresco ( $0,36 \pm 0,03 \text{N/s}$ ) e em refrigerado ( $0,29 \pm 0,02 \text{N/s}$ ) são baixos, ou seja, os frutos deste acesso são pouco rijos quando comparados com os restantes acessos. Relativamente aos valores de deformação na rutura, os frutos frescos apresentam valores de deformação na rutura elevados ( $2,75 \pm 0,30 \text{mm}$ ), isto significa que a epiderme destes frutos têm maior resistência à rutura.

Estabelecendo comparação entre os tipos de ensaio, observa-se que os frutos deste acesso não apresentam diferenças significativas em todos os parâmetros de textura.



### **Acesso 55-11B.**

Os valores do módulo aparente dos frutos em fresco ( $1,36 \pm 0,22 \text{N/s}$ ) são elevados, ou seja, os frutos destes acessos são os mais rijos quando comparados com os restantes acessos.

Relativamente à deformação na rutura, os frutos frescos deste acesso apresentam valores de deformação mais baixos ( $1,09 \pm 0,22 \text{mm}$ ), isto significa que a epiderme destes frutos têm menor resistência à rutura.

Após uma semana de refrigeração observou-se que não houve diferenças significativas em todos os parâmetros de textura, excetuando no caso do módulo aparente, visto que houve uma diminuição do valor deste parâmetro, provocada pela baixa temperatura indicação que os frutos são pouco rijos.

### **Acesso 59-11B.**

Após uma semana de refrigeração, observou-se que não houve diferenças significativas em todos os parâmetros de textura, ou seja, o frio não afeta a textura dos frutos deste acesso.

### **Acesso 63-11B.**

Os frutos frescos deste acesso apresentam os maiores valores de fracturabilidade ( $2,30 \pm 1,68 \text{N}$ ), dureza ( $3,14 \pm 0,74 \text{N}$ ) e deformação na rutura ( $2,80 \pm 0,79 \text{mm}$ ). No caso dos frutos refrigerado, obtiveram-se os menores valores de fracturabilidade ( $0,16 \pm 0,04 \text{N}$ ) e de dureza ( $0,23 \pm 0,07 \text{N}$ ), relativamente aos restantes acessos.

Estabelecendo comparação entre os dois tipos de ensaio, observou-se amadurecimento dos frutos deste acesso, conseqüentemente houve uma redução nos valores da fracturabilidade e da dureza, após uma semana de refrigeração. Esse amaciamento acontece devido à diminuição das forças de coesão que mantêm as células unidas. A decomposição da protopectina ocorre pela ação das enzimas PG e PME, que atingem o máximo de atividade no estado vermelho (estado 6), e entre os estados verde-rosado (estado 2) e róseo (estado 4), respetivamente (Vilas Boas *et al.*, 2000). Devido ao facto dos frutos na colheita apresentarem uma cor vermelha clara, observou-se que durante a refrigeração houve um amadurecimento dos mesmos alcançando o estado máximo de maturação,



portanto, pode-se inferir que os resultados obtidos estão em consonância com os resultados apresentados pelos autores supracitados. Outro aspecto inerente à força de rompimento da epiderme do tomate é em relação ao amadurecimento dos mesmos. É sabido que a epiderme dos frutos verdes requer uma força maior para que ocorra o seu rompimento, e esses valores decrescem à medida que os frutos vão amadurecendo (Batu, 2004; Van Zeebroeck *et al.*, 2007 citados por Oliveira, 2010).

Relativamente aos valores do módulo aparente de ambos os ensaios, verificou-se uma redução dos seus valores no caso dos frutos refrigerados, significa que amoleceram.

Em relação à deformação na rutura, não se observaram diferenças significativas nos valores deste parâmetro após uma semana de refrigeração.

#### Acesso 90-11B.

Os frutos refrigerados deste acesso apresentam os valores mais elevados de fracturabilidade ( $2,32 \pm 0,37N$ ).

Estabelecendo comparação entre os dois tipos de ensaio pode-se constatar que os frutos deste acesso não apresentam diferenças significativas em todos os parâmetros de textura, exceto no módulo aparente, indicando uma redução do seu valor, ou seja, amoleceram sob os efeitos do frio.

#### Acesso 172-11C.

Os frutos refrigerados deste acesso apresentam os valores mais elevado de módulo aparente ( $1,24 \pm 0,30N/s$ ), ou seja, são os mais rijos. Contrariamente, apresentam os valores mais baixos de deformação na rutura ( $0,99 \pm 0,19mm$ ), isto significa que a epiderme destes frutos têm menor resistência à rutura.

Após uma semana de refrigeração observou-se que não houve diferenças significativas em todos os parâmetros de textura, exceto no caso do módulo aparente, porque se verificou um aumento do seu valor sob os efeitos do frio, ou seja, os frutos ficaram mais rijos. Isto é um aspecto interessante e favorável, pois dá indicações que os frutos deste acesso poderão ser pouco sensíveis ao frio, permitindo eventualmente, a sua comercialização a longas distâncias.



### Acesso 187-11C.

Estabelecendo comparação entre os tipos de ensaio, verificou-se um aumento da fracturabilidade, após uma semana de refrigeração, significando talvez que os frutos quando foram colhidos deveriam estar ainda verdes (fresco:  $0,40 \pm 0,07\text{N}$  e refrigerado:  $2,03 \pm 0,92\text{N}$ ).

Também se verificou que os frutos endureceram a baixa temperatura (fresco:  $0,46 \pm 0,06\text{N}$  e refrigerado:  $2,25 \pm 0,60\text{N}$ ). As variações da força de penetração são devidas principalmente à perda de massa dos frutos, alterando a turgescência dos mesmos. Mayor *et al.* (2007) explicam que devido ao facto da tensão celular ser elevada porque é promovida pela turgescência dos frutos, acaba por aumentar a dureza e a elasticidade dos mesmos. Logo, frutos que apresentem menor perda de massa também apresentam maior turgescência e, por conseguinte, maior força de penetração da epiderme (Oliveira, 2010). Isto é um aspeto muito favorável, pois indica que os frutos deste acesso poderão oferecer uma melhor resistência aos danos mecânicos.

Em relação ao módulo aparente e à deformação na rutura, observou-se que não houve diferenças significativas nos valores destes parâmetros após uma semana de refrigeração.

### Acesso 74-11D.

Os valores de fracturabilidade ( $0,16 \pm 0,09\text{N}$ ) e de dureza ( $0,29 \pm 0,04\text{N}$ ) dos frutos frescos são os mais baixos, quando comparados com os restantes acessos.

Após uma semana de refrigeração, observou-se que não houve diferenças significativas em todos os parâmetros de textura, exceto no caso do módulo aparente, ou seja, houve uma redução do valor deste parâmetro, provocada pelos efeitos do frio, os frutos amoleceram.

### Acesso 173-11E.

Os valores da dureza ( $2,38 \pm 0,32\text{N}$ ) dos frutos refrigerados são os mais elevados, quando comparados com os restantes acessos.

Após uma semana de refrigeração, observou-se que não houve diferenças significativas em todos os parâmetros de textura, exceto no caso do módulo aparente, ou



seja, houve uma redução do valor deste parâmetro, provocada pelos efeitos do frio, os frutos amoleceram.

## 1.2. Cor.

A coordenada de cor  $H^\circ$  define a coloração básica das amostras e representa a tonalidade média das amostras de tomate (McGuire, 1992 citado por Borguini, 2006). No primeiro quadrante a variação da tonalidade é entre 0 e  $90^\circ$ , o que significa que há uma variação de tonalidades vermelhas a amarelas. A coordenada  $L^*$  mede a variação da luminosidade entre cores escuras ( $L^* = 0$ ) e cores claras ( $L^* = 100$ ) (escala escuro/claro) (Luiz, 2005). O desenvolvimento da cor no tomate é caracterizado pela diminuição dos valores de  $L^*$  (luminosidade). A coordenada  $a^*$  quando tem valor negativo indica coloração verde e quando tem valores positivos indica coloração vermelha. Isto significa que a alteração nos valores da coordenada  $a^*$  está diretamente relacionada o amadurecimento dos frutos. O valor positivo e elevado da coordenada  $b^*$  corresponde a coloração amarela, indicador da existência de  $\beta$ -carotenos nos frutos. A coordenada de cor  $C^*$  (*chroma*) representa o brilho das amostras ou a saturação da cor. Quanto maior o valor de *chroma* pode-se afirmar que a cor é mais saturada e também mais intensa (Luiz, 2005).

A título de exemplo são apresentadas no **Anexo II** algumas quadrículas das leituras de cor representadas no plano cromático ( $a^*$  e  $b^*$ ) obtidas nos ensaios efetuados para cada acesso de tomate fresco e refrigerado, respetivos padrões.

Os resultados obtidos na determinação da cor foram testados pelo teste de significância de análise multivariada de *Wilks* (**quadros 18 e 19 - Anexo II**), onde se verificou que havia interação entre as duas variáveis independentes, acesso e ensaio ( $p < 0,05$ ).

Nos **quadros 16 e 17 – Anexo II** são apresentados os valores médios das leituras e dos padrões e respetivos desvios-padrão. Foi aplicado o teste *Post Hoc* LSD Fisher de comparação de médias.

Para uma melhor compreensão da discussão de resultados, apresentam-se em seguida os gráficos com os valores das médias das coordenadas de cor:  $L^*$ ,  $H^\circ$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  e  $C^*$ , dos frutos inteiros e da polpa homogeneizada em fresco e refrigerado para cada acesso.

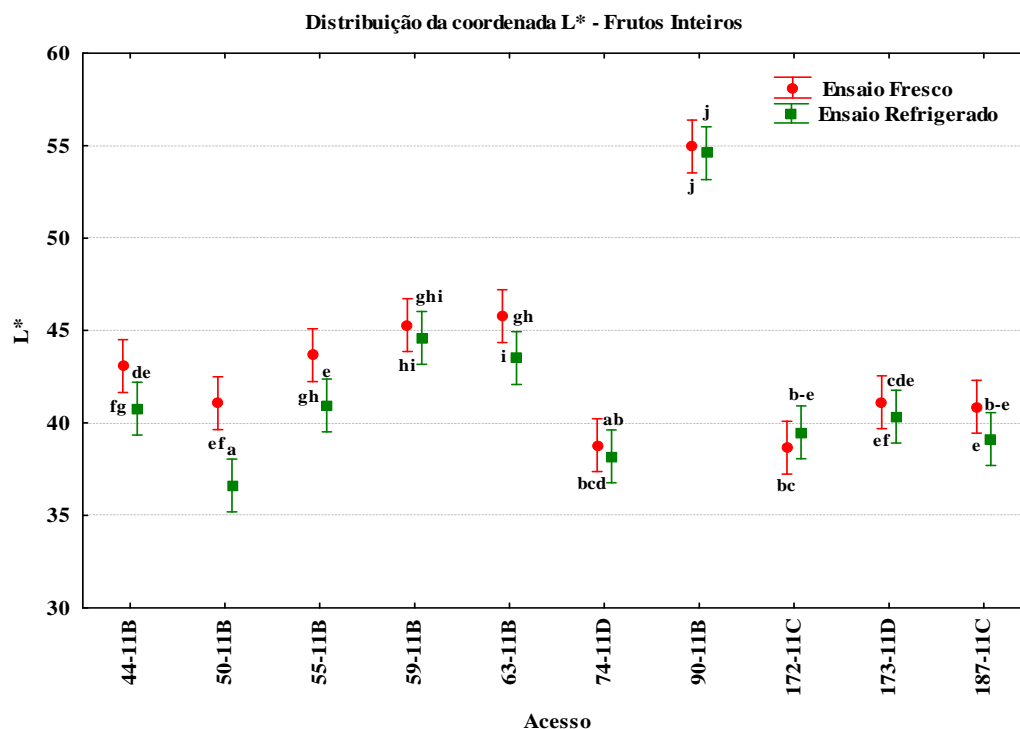


Gráfico 5 - Distribuição da Luminosidade (L\*) dos frutos inteiros nos diversos acessos frescos e refrigerados.

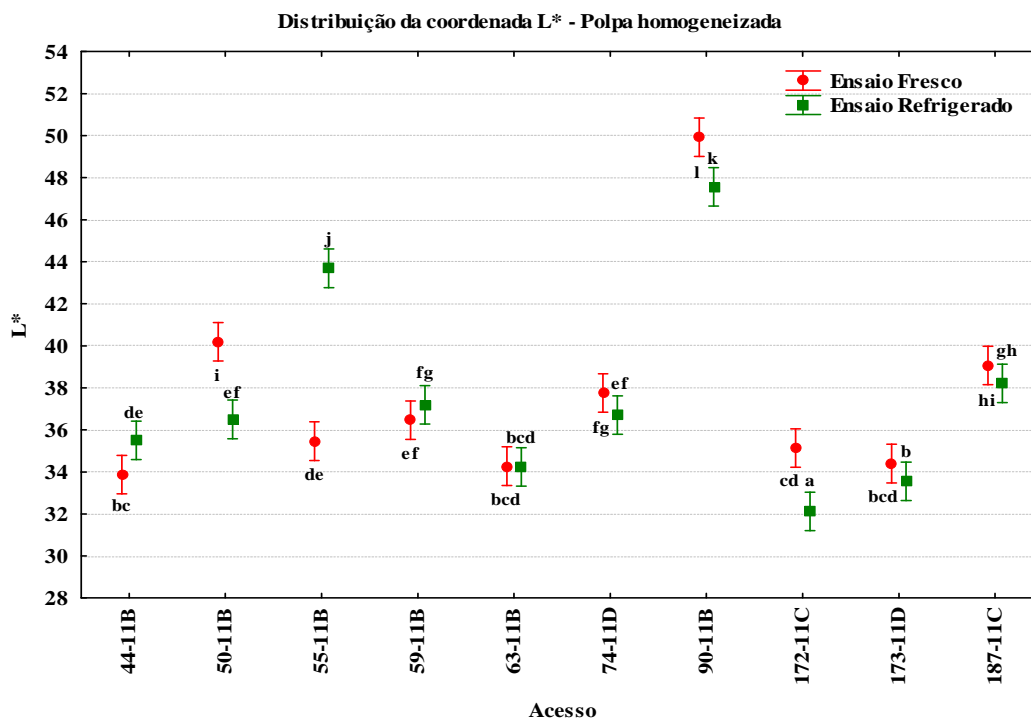
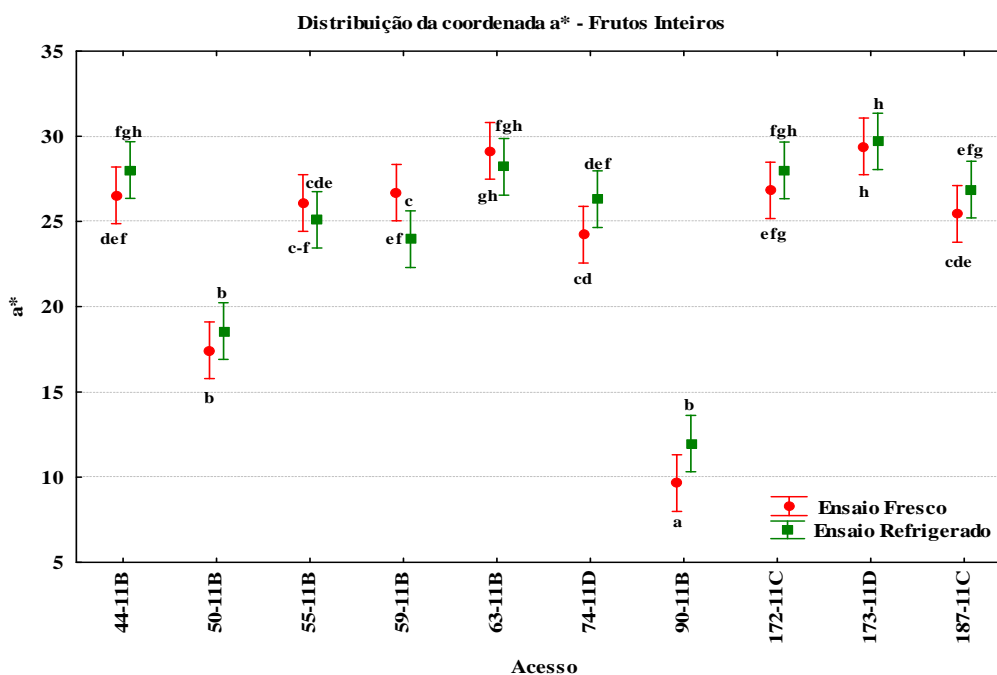
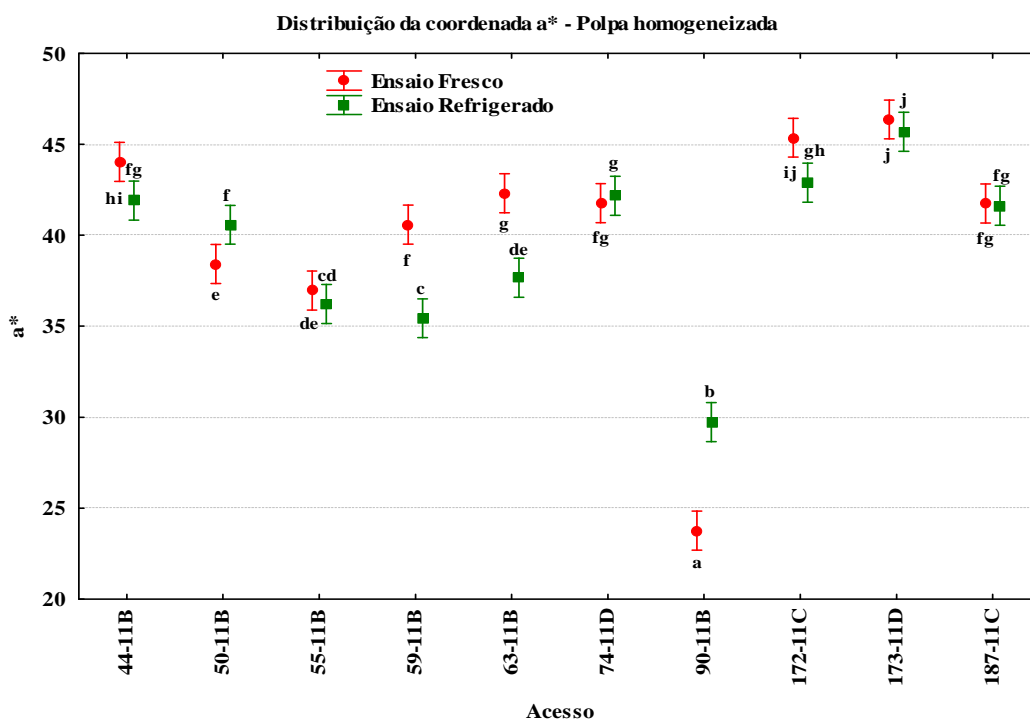


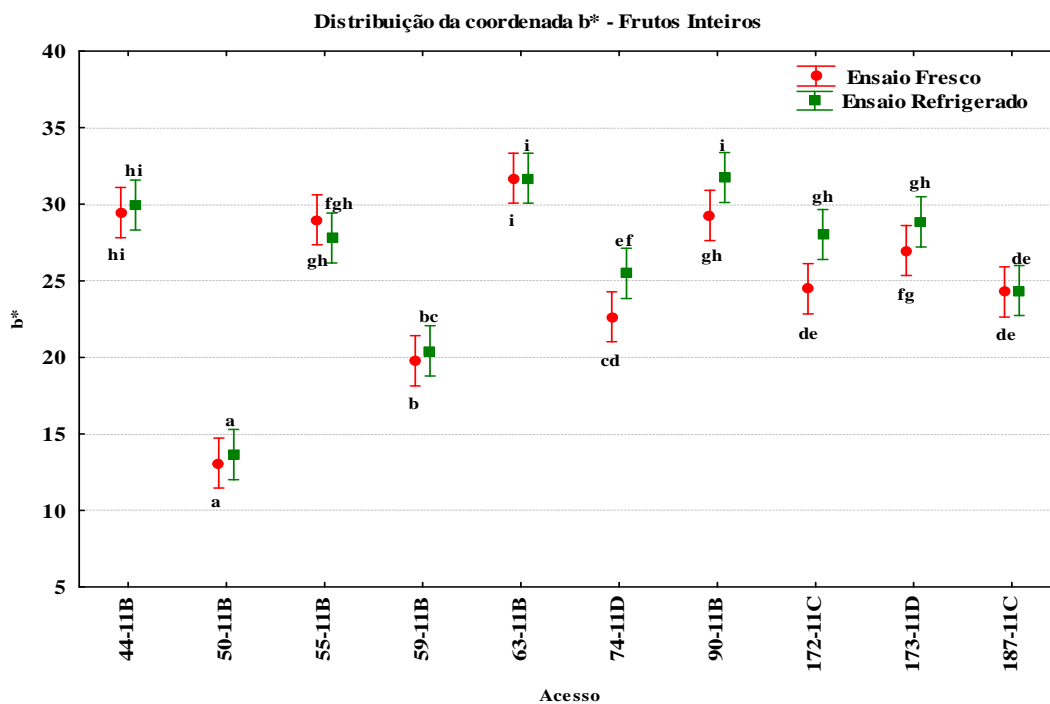
Gráfico 6 - Distribuição da Luminosidade (L\*) da polpa nos diversos acessos frescos e refrigerados.



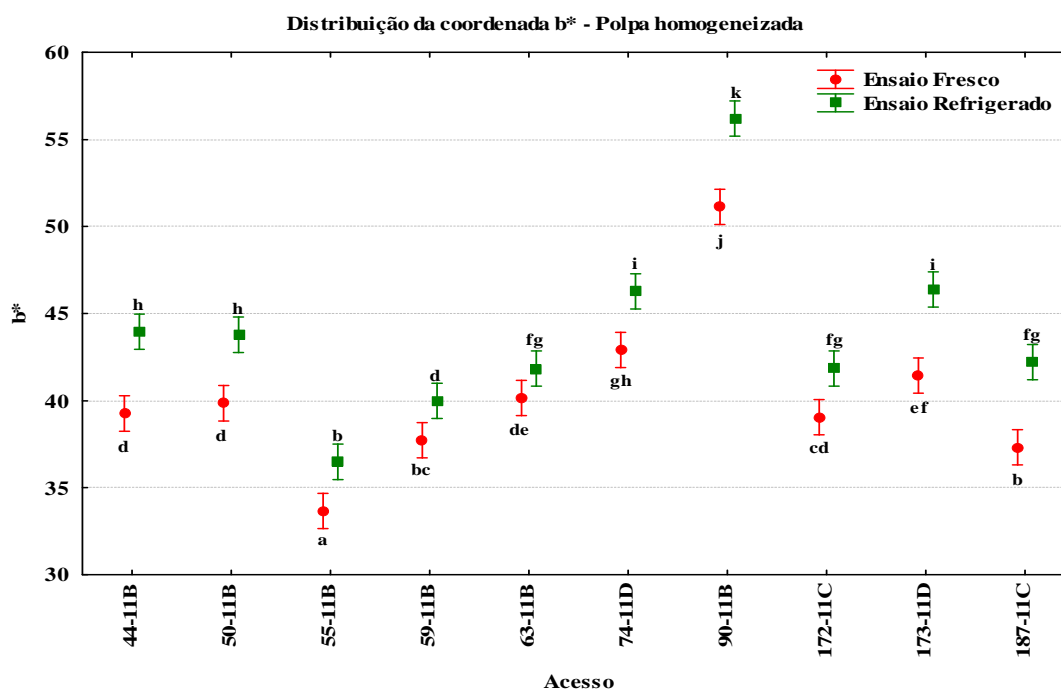
**Gráfico 7** - Distribuição da coordenada a\* dos frutos inteiros nos diversos acessos frescos e refrigerados.



**Gráfico 8** - Distribuição da coordenada a\* da polpa nos diversos acessos frescos e refrigerados.



**Gráfico 9** - Distribuição da coordenada b\* dos frutos inteiros nos diversos acessos frescos e refrigerados.



**Gráfico 10** - Distribuição da coordenada b\* da polpa nos diversos acessos frescos e refrigerados.

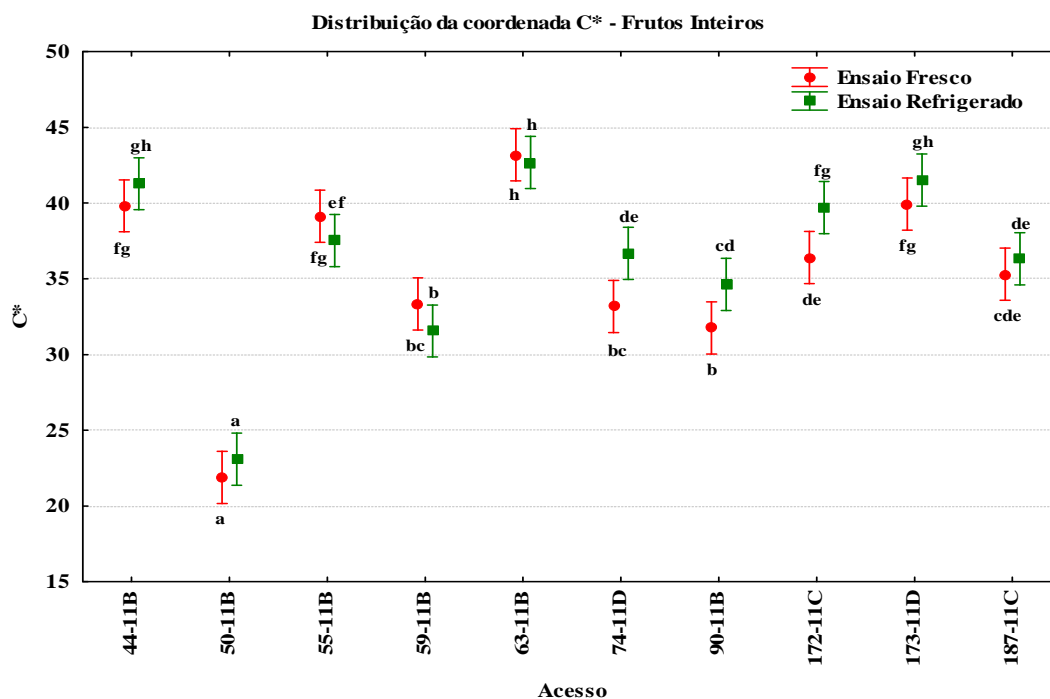


Gráfico 11 - Distribuição da coordenada C\* dos frutos inteiros nos diversos acessos frescos e refrigerados.

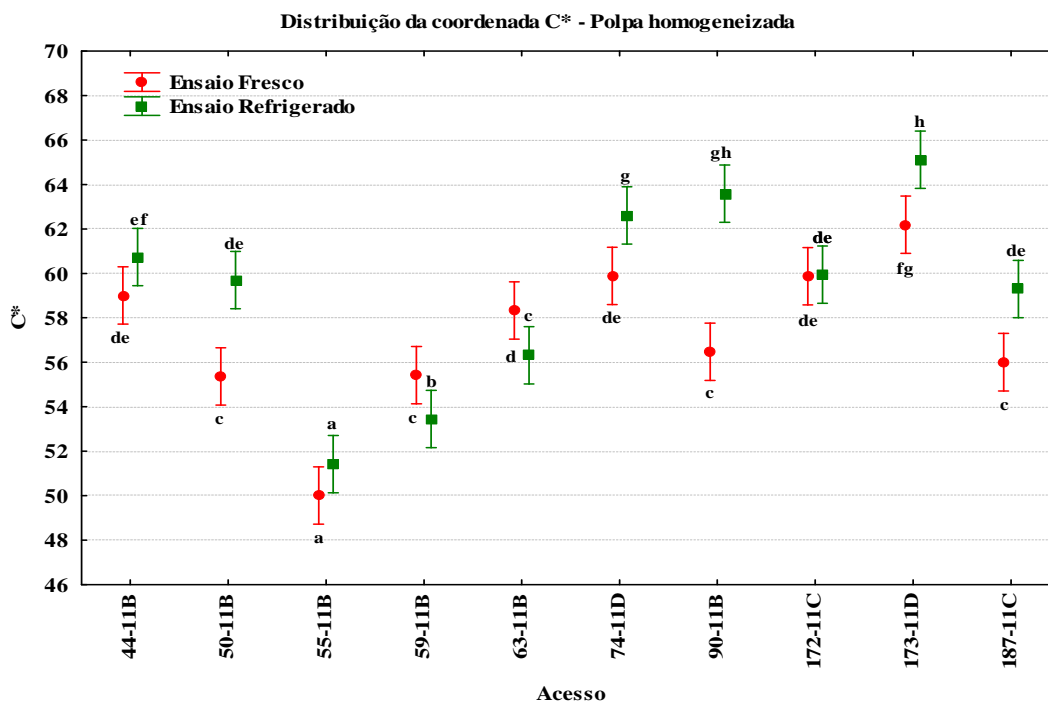


Gráfico 12- Distribuição da coordenada C\* da polpa nos diversos acessos frescos e refrigerados.

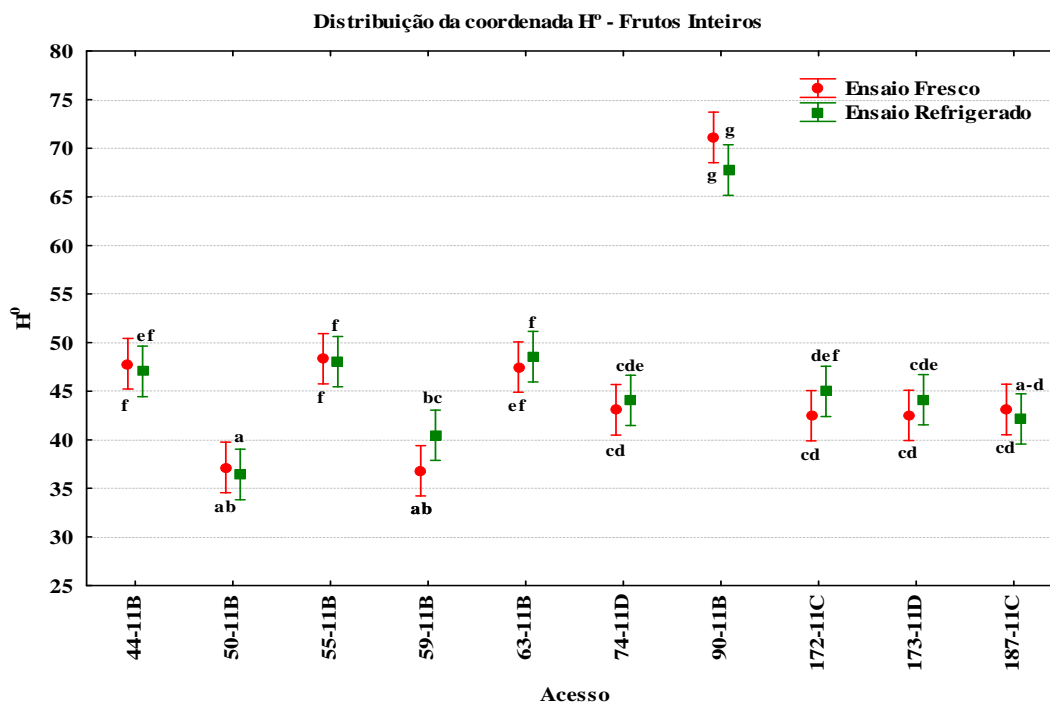


Gráfico 13 - Distribuição da coordenada H° dos frutos inteiros nos diversos acessos frescos e refrigerados.

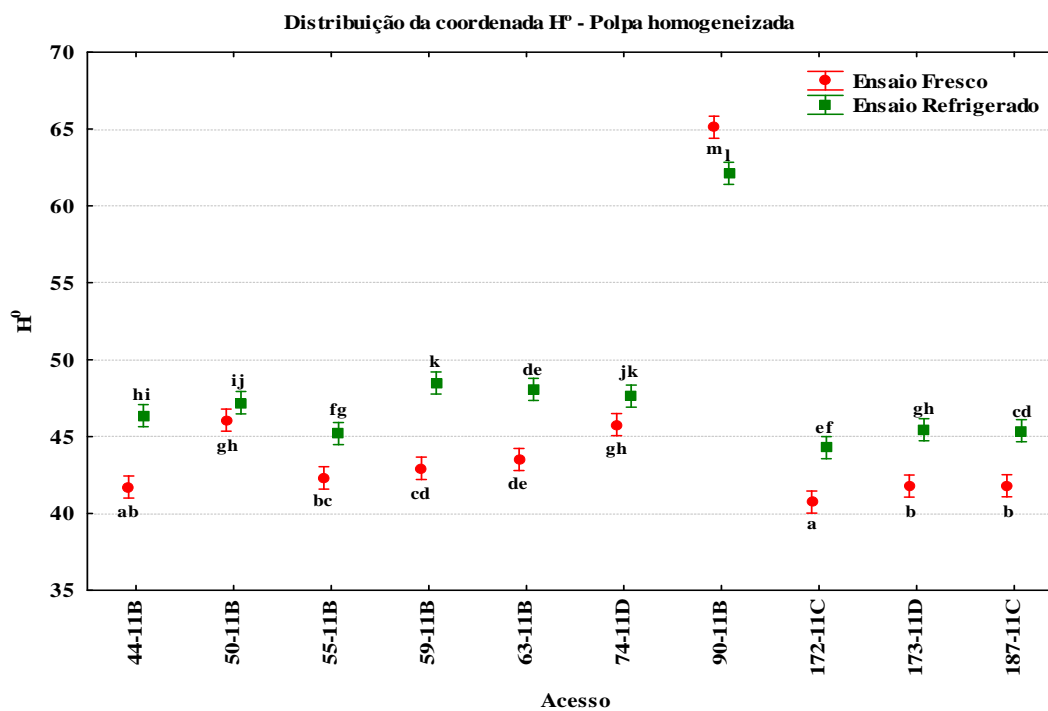


Gráfico 14 - Distribuição da coordenada H° da polpa nos diversos acessos frescos e refrigerados.



### Acesso 44-11B.

#### Frutos inteiros.

Quando foram comparados os frutos em fresco com os frutos refrigerados, não se verificaram diferenças significativas nas coordenadas de cor, exceto no valor da coordenada  $L^*$  (luminosidade), houve uma diminuição do valor, indicando escurecimento durante o período de refrigeração.

#### Polpa homogenizada.

Os valores da luminosidade ( $33,87 \pm 0,99$ ), da polpa em fresco são de uma maneira geral os mais baixos comparativamente às polpas dos restantes acessos, isto significa que é a mais escura.

Durante o período de refrigeração, o valor da coordenada  $L^*$  aumentou significativamente, ou seja, as polpas clarearam (fresco:  $33,87 \pm 0,99$  e refrigerado:  $35,50 \pm 1,45$ ). O mesmo aconteceu com as coordenadas de cor  $H^\circ$  e  $b^*$  (positivo) durante o armazenamento. A coordenada  $b^*$  está associada aos teores de  $\beta$ -carotenos, por isso é possível inferir que estes teores aumentaram, ou então foi retardada a síntese do licopeno. É possível confirmar isto, porque se observou uma diminuição nos valores da coordenada  $a^*$ , sob os efeitos do frio.

### Acesso 50-11B.

#### Frutos inteiros.

Os valores de tonalidade dos frutos em refrigerado ( $36,42 \pm 3,34$ ) são os mais baixos, relativamente aos restantes acessos, portanto, a amostra é a mais avermelhada.

Os valores da coordenada  $C^*$  dos frutos quer em fresco ( $21,88 \pm 3,12$ ), quer em refrigerado ( $23,09 \pm 3,09$ ) são os mais baixos, relativamente aos restantes acessos, isto significa que a epiderme dos frutos deste acesso é menos brilhante. Relativamente à coordenada  $b^*$  também se verificou que os valores são os mais baixos comparativamente aos restantes acessos (fresco:  $13,10 \pm 1,76$  e refrigerado:  $13,66 \pm 1,93$ ).



Considerando agora a coordenada de cor  $L^*$ , os seus valores para os frutos em refrigerado ( $36,63 \pm 3,00$ ), são os mais baixos comparativamente aos restantes acessos, de facto são frutos mais escuros. De entre todas as coordenadas de cor, verificou-se que é a única que apresenta diferenças significativas quando estabelecemos comparação entre os valores obtidos em ambos os ensaios.

### Polpa Homogenizada.

Estabelecendo comparações entre as polpas em fresco e em refrigerado, observou-se que houve diferenças significativas na coloração, ou seja, com o tempo de armazenamento a polpa ficou mais escura, avermelhada e brilhante.

Tal como nas polpas do acesso anterior, também se verificou um aumento significativo do valor da coordenada  $b^*$  na polpa dos frutos durante o armazenamento.

### Acesso 55-11B.

#### Frutos inteiros.

Após uma semana de refrigeração, observou-se que não houve diferenças significativas nas coordenadas de cor, exceto no caso da luminosidade, ou seja, houve uma redução do valor desta coordenada ( $L^*$ ), indicando escurecimento durante o período de refrigeração.

#### Polpa Homogenizada.

Os valores das coordenadas  $b^*$  e  $C^*$  em fresco e em refrigerado, são os mais baixos quando comparados com os restantes acessos, portanto a polpa dos frutos deste acesso é menos brilhante.

Estabelecendo comparação entre os dois tipos de ensaio, observou-se que houve diferenças significativas na coloração, exceto no caso das coordenadas  $a^*$  e  $C^*$ . As polpas com a diminuição de temperatura ficaram mais claras, e mais alaranjadas, mostrando que há contribuição do  $\beta$ -caroteno na coloração das polpas dos frutos deste acesso.



### Acesso 59-11B.

#### Frutos inteiros.

Os valores da coordenada  $H^{\circ}$  (tonalidade) dos frutos frescos ( $36,81 \pm 5,11$ ) são menores quando comparados com os restantes acessos, portanto a epiderme é mais vermelha.

Estabelecendo comparações entre os dois tipos de ensaio, observou-se que não houve diferenças significativas nas coordenadas de cor, exceto no caso da coordenada  $a^*$ , ou seja, houve uma diminuição do seu valor, por isso é possível inferir que houve uma retardação no amadurecimento dos frutos, passando de vermelho a vermelho claro, segundo o **Quadro 1**, isto pode estar relacionado, provavelmente, com um abrandamento da síntese do licopeno.

#### Polpa homogenizada.

Após uma semana de refrigeração observaram-se diferenças significativas na coloração, exceto no valor da coordenada  $L^*$ , ou seja, a polpa manteve os mesmos valores de luminosidade com o tempo de armazenamento.

Considerando a coordenada de cor  $a^*$ , observou-se uma diminuição dos seus valores, e um aumento dos valores da coordenada  $b^*$ , ou seja, os frutos podem ter sofrido uma retardação no seu amadurecimento, indicando polpa mais amarelada e menos brilhante.

### Acesso 63-11B.

#### Frutos inteiros.

Os valores da coordenada  $b^*$  dos frutos em fresco ( $31,71 \pm 3,05$ ) são os mais elevados, quando comparados com os restantes acessos. Relativamente à coordenada  $C^*$  também se observou que os valores são os mais elevados, quer em fresco ( $43,18 \pm 3,72$ ), quer em refrigerado ( $42,67 \pm 4,70$ ) comparativamente aos restantes acessos.

Após uma semana de refrigeração, observou-se que não houve diferenças significativas nas coordenadas de cor, exceto no caso da coordenada  $L^*$  (luminosidade), ou seja, houve uma redução do valor desta coordenada, indicando escurecimento durante o período de refrigeração.



### Polpa Homogeneizada.

Estabelecendo comparações entre os dois tipos de ensaio, observou-se diferenças significativas na coloração, exceto no valor da coordenada  $L^*$ , ou seja, a polpa dos frutos deste acesso mantiveram os mesmos valores de luminosidade com o tempo de armazenamento.

Tal como na polpa homogeneizada do acesso anterior, observou-se uma diminuição dos valores da coordenada  $a^*$ , e um aumento dos valores da coordenada  $b^*$ , ou seja, os frutos podem ter sofrido uma retardação no seu amadurecimento, indicando polpa mais amarelada e menos brilhante.

### Acesso 90-11B.

#### Frutos inteiros.

Os valores das coordenadas  $H^o$  e  $L^*$  em fresco e em refrigerado, são os mais elevados quando comparados com os restantes acessos, portanto a epiderme é mais amarelada e mais clara.

Relativamente aos valores da coordenada  $a^*$ , quer em fresco ( $9,66 \pm 7,00$ ), quer em refrigerado ( $11,97 \pm 4,99$ ), são os mais baixos, quando comparados com os restantes acessos, ou seja, a amostra é mais alaranjada.

Os frutos refrigerados ( $31,74 \pm 8,46$ ) apresentam os valores mais elevados de  $b^*$ , quando comparados com os restantes acessos. É possível colocar a hipótese que a baixa temperatura provoca alterações na coloração dos frutos, pois há aparecimento de zonas alaranjadas, possivelmente devido ao aumento da síntese de  $\beta$ -caroteno e diminuição da síntese do licopeno.

Após uma semana de refrigeração, observaram-se diferenças significativas na coloração, exceto no caso das coordenadas  $L^*$  e  $H^o$ . Os valores das coordenadas  $C^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  aumentaram, com o tempo de armazenamento, indicando um aumento do brilho e da concentração de licopeno e  $\beta$ -caroteno.



### Polpa Homogênea.

Os valores da coordenada  $H^o$  (tonalidade) quer em fresco ( $65,11 \pm 3,29$ ) quer em refrigerado ( $62,11 \pm 0,89$ ) são os mais elevados quando comparados com os restantes acessos; a amostra é, portanto, mais alaranjada. Relativamente aos valores de luminosidade, quer em fresco ( $49,92 \pm 2,61$ ), quer em refrigerado ( $47,56 \pm 0,91$ ) também são os mais elevados, ou seja, a polpa é mais clara, quando comparada com as dos restantes acessos.

Considerando a coordenada  $a^*$ , quer em fresco ( $23,76 \pm 3,26$ ), quer em refrigerado ( $29,73 \pm 1,15$ ), os valores da polpa são mais baixos, quando comparados com os valores dos restantes acessos. Contrariamente, os valores da coordenada  $b^*$ , quer em fresco ( $51,13 \pm 1,26$ ), quer em refrigerado ( $56,21 \pm 2,55$ ), são os mais elevados.

Estabelecendo comparação entre os dois tipos de ensaio, observou-se diferenças significativas na coloração, ou seja, com o tempo de armazenamento a polpa ficou mais escura, vermelha e brilhante.

Tal como no acesso 44-11B, observou-se um aumento significativo do valor da coordenada  $b^*$ , mostrando novamente a contribuição do  $\beta$ -caroteno para a coloração da polpa.

### Acesso 172-11C.

#### Frutos inteiros.

Os valores da luminosidade dos frutos em fresco ( $36,66 \pm 1,81$ ) são os mais baixos, ou seja, são mais escuros que os frutos dos restantes acessos.

Após uma semana de refrigeração, observou-se que não houve diferenças significativas nas coordenadas de cor, exceto no caso dos valores da coordenada  $b^*$ , que aumentaram, indicando, tal como no acesso 44-11B, uma maior contribuição do  $\beta$ -caroteno para a cor da epiderme dos frutos, e no caso da coordenada  $C^*$ , em que os valores dos frutos refrigerados são os mais elevados comparativamente aos frutos frescos, são portanto, os mais brilhantes. Tal como nos acesso 90-11B, é possível colocar a hipótese de que a baixa temperatura provoca alterações na coloração dos frutos, pois há aparecimento de zonas alaranjadas, possivelmente devido ao aumento da síntese de  $\beta$ -caroteno e diminuição da síntese do licopeno.



### Polpa Homogenizada.

Os valores de luminosidade da polpa dos frutos em refrigerado são os mais baixos, ou seja, amostra é mais escura quando comparada com as dos restantes acessos. Relativamente à coordenada  $H^{\circ}$  observou que os valores são os mais baixos quer em fresco ( $40,73 \pm 0,54$ ), quer em refrigerado ( $44,28 \pm 0,62$ ).

Durante o período de refrigeração, os valores da coordenada  $L^*$  diminuíram significativamente, ou seja, a polpa escureceu (fresco:  $35,14 \pm 1,42$  e refrigerado:  $32,12 \pm 0,81$ ). O mesmo se observou no caso da coordenada  $a^*$  na polpa dos frutos durante o armazenamento, houve uma redução dos valores da mesma, e um aumento dos valores da coordenada  $b^*$ , ou seja, os frutos podem ter sofrido uma desaceleração no seu amadurecimento, pode-se relacionar esta observação, provavelmente, com um abrandamento da síntese do licopeno, que por consequência aumenta os valores da coordenada de  $H^{\circ}$ , isso significa que a polpa dos frutos deste acesso é mais amarelada.

### Acesso 187-11C.

#### Frutos inteiros.

Estabelecendo comparações entre os dois tipos de ensaio, observou-se que não houve diferenças significativas na coloração dos frutos, depreendendo-se que a refrigeração não afetou o seu estado de maturação. Isto é um aspeto interessante e favorável, pois dá indicações que os frutos deste acesso são pouco sensíveis ao frio, poderão eventualmente, ser comercializados a longas distâncias. Para reforçar esta constatação convém lembrar que os resultados obtidos para os parâmetros de textura indicaram que os frutos deste acesso são resistentes a danos mecânicos.

#### Polpa Homogenizada.

Após uma semana de refrigeração observou-se que houve diferenças significativas na coloração da polpa, exceto nos valores das coordenadas  $L^*$  e  $a^*$ , isto significa que a polpa sob o efeito do frio ficou mais brilhante e alaranjada, mostrando a contribuição do  $\beta$ -caroteno na coloração da polpa dos frutos deste acesso.



### Acesso 74-11D.

#### Frutos inteiros.

Estabelecendo comparações entre os dois tipos de ensaio, observou-se que não houve diferenças significativas nas coordenadas de cor, exceto no caso dos valores da coordenada  $b^*$ , que aumentaram, mostrando uma maior contribuição do  $\beta$ -caroteno para a cor. Também se observou que os frutos ficaram mais brilhantes a baixa temperatura, devido ao aumento dos valores da coordenada  $C^*$ . Tal como em alguns acessos anteriores, há um aumento dos valores da coordenada  $b^*$ , portanto, é possível colocar a hipótese que a baixa temperatura provoca alterações na coloração dos frutos, pois há aparecimento de zonas alaranjadas, possivelmente devido ao aumento da síntese de  $\beta$ -caroteno e diminuição da síntese do licopeno.

#### Polpa homogenizada.

Após uma semana de refrigeração, observou-se que não houve diferenças significativas na coloração, exceto nos valores das coordenadas  $b^*$ ,  $C^*$  e  $H^\circ$  que aumentaram, indicando uma polpa mais alaranjada e brilhante. Portanto, depreende-se que a síntese do licopeno foi desacelerada.

### Acesso 173-11D.

#### Frutos inteiros.

Os valores da coordenada  $a^*$  dos frutos quer em fresco ( $29,41 \pm 1,51$ ), quer em refrigerado ( $29,70 \pm 2,56$ ) são os mais elevados, ou seja, a amostra é a mais vermelha relativamente aos restantes acessos.

Estabelecendo comparações entre os dois tipos de ensaio, observou-se que não houve diferenças significativas na coloração dos frutos, depreendendo-se que a refrigeração não afetou o seu estado de maturação. Tal como no acesso 187-11C, este aspeto é interessante e favorável, pois dá indicações que os frutos deste acesso são pouco sensíveis ao frio, poderão eventualmente, ser comercializados a longas distâncias. Para reforçar esta constatação



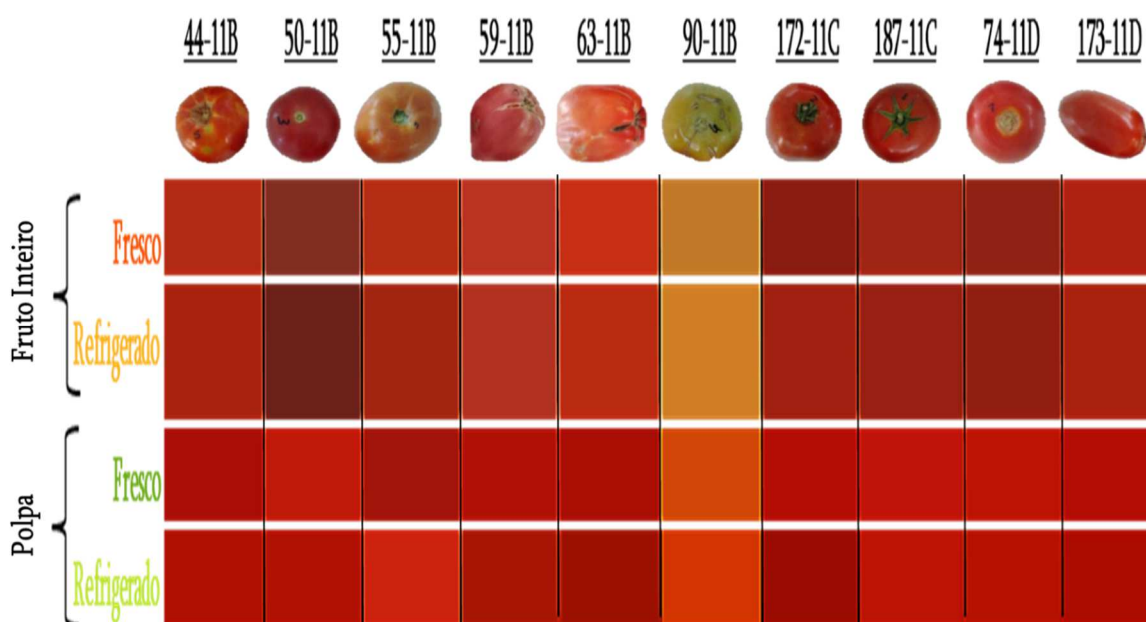
convém lembrar que os resultados obtidos para os parâmetros de textura no caso deste acesso, dão indicações neste sentido.

**Polpa homogeneizada.**

Os valores da coordenada  $a^*$ , da polpa dos frutos em fresco ( $46,37 \pm 0,86$ ) e em refrigerado ( $45,69 \pm 1,37$ ), são os mais elevados, indicando polpas mais vermelhas em comparação com os restantes acessos. Também se observou que estas polpas, quer em fresco ( $62,20 \pm 1,42$ ), quer em refrigerado ( $65,11 \pm 1,79$ ), são as mais brilhantes, pois os valores da coordenada  $C^*$  são os mais elevados em comparação com os restantes acessos.

Após uma semana de refrigeração, observou-se que houve diferenças significativas na coloração, exceto nos valores das coordenadas  $L^*$  e  $a^*$ , isto significa que a coloração da polpa dos frutos é afetada pela refrigeração, observando-se um aumento dos valores da coordenada  $b^*$ , ou seja, polpa mais alaranjada e brilhante. Tal como no acesso anterior, depende-se que a síntese do licopeno foi desacelerada.

Para uma melhor compreensão da discussão de resultados feita acima, apresentam-se em baixo as quadrículas de cor obtidas através do *software SpectraMagic*, representativas da cor propriamente dita, dos frutos inteiros e da polpa em fresco e refrigerado para cada acesso.



**Figura 18** - Paleta de cores do fruto inteiro e polpa homogeneizada dos *versus* acessos frescos e refrigerados.



### 1.3. Sólidos solúveis totais (°Brix).

Os resultados obtidos na determinação dos SST foram testados através do teste de significância multivariada de *Wilks* (**quadro 22 - Anexo III**), onde se verificou que havia interação entre as duas variáveis independentes, acesso e ensaio ( $p < 0,05$ ).

Os resultados dos SST obtidos nos diversos acessos frescos e refrigerados apresentam-se no **quadro 20 - Anexo III**. No **quadro 22 – Anexo III** são apresentados os valores médios, os respetivos desvios-padrão. Foi aplicado o teste *Post Hoc HSD Unequal* de comparação de médias.

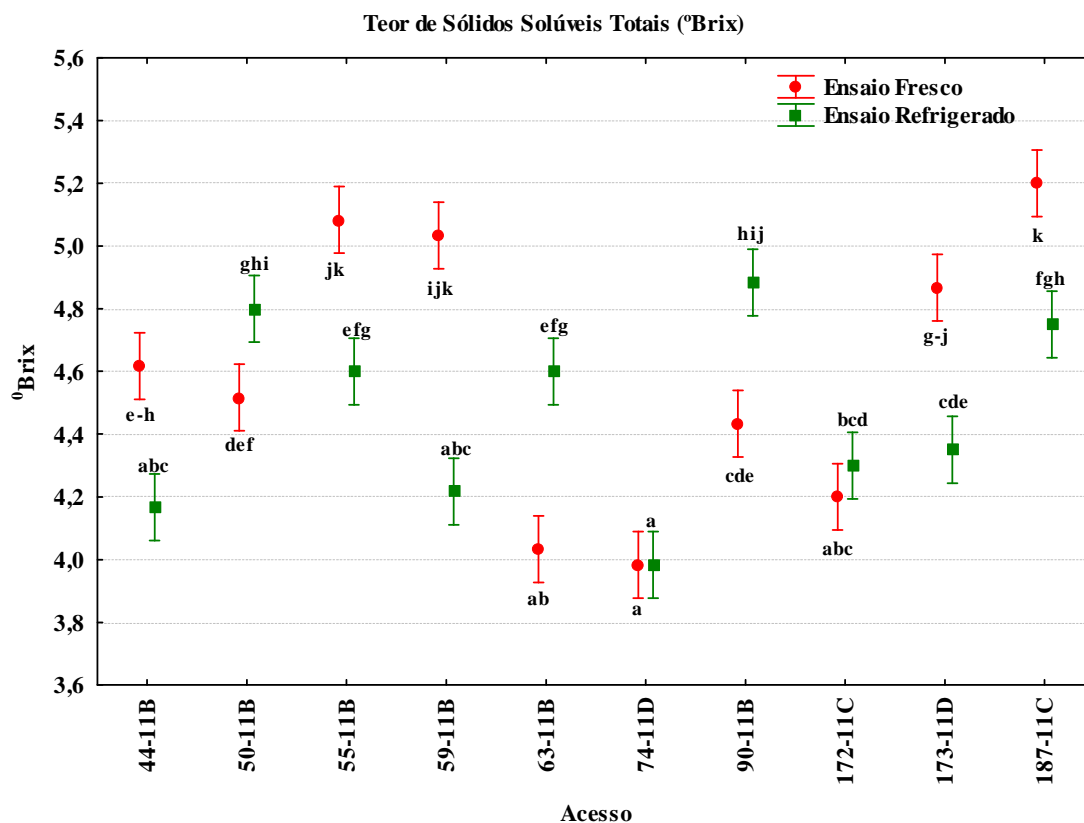
Martinez-Valverde, *et al.*, (2002), avaliaram nove cultivares de tomate produzidos em Espanha, registraram teores de SST entre 4,0 e 7,5 °Brix (Borguini, 2006). De acordo com Morgan (2004), valores de sólidos solúveis acima de 5,0 °Brix indicam frutos com alta qualidade. O aumento no teor de sólidos solúveis está relacionado com o sabor dos frutos porque nessa fração estão englobados os ácidos e os açúcares, trata-se de um indicador de qualidade do produto.

Segundo Hobson & Davies (1971), o teor de SST aumenta durante a evolução do estado de maturação e diminui durante a refrigeração, constituindo uma perda em qualidade (Kluge & Minami, 1997). Uma vez, que o tomate é um fruto climatérico os níveis de açúcares e ácidos vão aumentando até ser atingido o pico climatérico, a partir desse ponto haverá um declínio desses níveis, afetando a doçura, acidez e *flavour* dos frutos (adaptado de Baldwin, *et al.*, 1998; Malundo, *et al.*, 1995, citados por Ferreira, 2004). Em tomate armazenado, os SST aumentam lentamente por um período curto, porém diminuem no caso de armazenamento prolongado (Chitarra & Chitarra, 1976 citados por Castro, 2003).

Segundo CECCHI (1999), o teor de SST determinado para o tomate pode estar relacionado com o grau de amadurecimento, dado que as amostras constituídas de frutos maduros apresentam maior teor de SST (Kluge & Minami, 1997 citados por Ferreira, 2001). Alguns estudos que foram efetuados sobre as alterações que ocorreram no teor de açúcar durante o desenvolvimento do fruto de tomate, revelaram que o teor total em açúcar aumenta progressivamente ao longo do amadurecimento, com acumulação acelerada associada ao primeiro aparecimento de pigmento amarelo nas paredes do fruto na fase verde-rosado (Beltran & Macklin, 1962; Winsor, *et al.*, 1962 citados por Young, *et al.*, 1993). O aumento do teor de SST na maturação das frutas deve-se à degradação enzimática de substâncias pécnicas, celulose e hemicelulose (Luiz, 2005).



Para uma melhor compreensão da discussão de resultados, apresentam-se em seguida os gráficos com os valores médios dos SST para a polpa homogeneizada em fresco e refrigerado para cada acesso.



**Gráfico 15** - Teor de sólidos solúveis totais *versus* acessos frescos e refrigerados.

### **Acesso 44-11B.**

Durante o período de refrigeração, observou-se uma redução dos valores dos SST. Constata-se assim que o armazenamento refrigerado afeta a doçura dos frutos deste acesso. Mas por outro lado, esta redução pode estar associada ao avançado estado de maturação em armazenamento prolongado.



### **Acesso 50-11B.**

Durante o período de refrigeração, observou-se um aumento dos valores dos SST. No caso particular deste acesso o armazenamento refrigerado à partida parece não ter afetado o estado de maturação dos frutos.

### **Acesso 55-11B.**

Durante o período de refrigeração, observou-se uma redução dos valores dos SST. Conforme foi referido acima para o outro acesso, constata-se que o armazenamento refrigerado afetou a doçura dos frutos deste acesso ou então, o avançado estado de maturação em armazenamento prolongado.

### **Acesso 59-11B.**

Durante o período de refrigeração, observou-se uma redução significativa dos valores dos SST. Pode-se colocar as mesmas hipóteses dos acessos anteriores.

### **Acesso 63-11B.**

Durante o período de refrigeração, observou-se um aumento significativo dos valores dos SST. No caso particular deste acesso o armazenamento refrigerado à partida parece não ter afetado o estado de maturação dos frutos.

### **Acesso 90-11B.**

Este acesso é um caso muito interessante pois os seus frutos são esverdeados e no entanto os valores dos SST em refrigerado ( $4,88 \pm 0,31^\circ\text{Brix}$ ) são os mais elevados quando comparados com os restantes acessos, sendo mais doces. Além disso, observou-se um aumento do valor dos SST sob refrigeração. Isto pode significar que quando os frutos deste acesso foram colhidos estariam no início do seu estado de maturação, ou então, é uma característica intrínseca dos frutos deste acesso.



#### **Acesso 172-11C.**

Durante o período de refrigeração, observou-se que não houve diferenças significativas entre os frutos frescos e refrigerados.

#### **Acesso 187-11B.**

Os valores dos SST dos frutos em fresco ( $5,20 \pm 0,13$  °Brix) são os mais elevados quando comparados com os restantes acessos, mas observou-se uma redução significativa dos valores dos SST. Conforme foi referido acima para os outros acessos, constata-se que o armazenamento refrigerado afetou a doçura dos frutos deste acesso ou então, o avançado estado de maturação em armazenamento prolongado.

#### **Acesso 74-11D.**

Os valores dos SST dos frutos em fresco ( $3,98 \pm 0,04$  °Brix) em refrigerado ( $3,98 \pm 0,17$  °Brix) são os mais baixos quando comparados com os restantes acessos.

Durante o período de refrigeração, observou-se que não houve diferenças significativas entre os frutos frescos e refrigerados.

#### **Acesso 173-11D.**

Durante o período de refrigeração, observou-se uma redução dos valores dos SST. Conforme foi referido acima para os outros acessos, constata-se que o armazenamento refrigerado afetou a doçura dos frutos deste acesso ou então, o avançado estado de maturação em armazenamento prolongado.



## 2. Avaliação Química.

### 2.1. Teor de licopeno.

Os resultados obtidos na determinação dos teores de licopeno foram testados com teste de significância multivariada de *Wilks* (**quadro 25 - Anexo IV**), onde se verificou que havia interação entre as duas variáveis independentes, acesso e ensaio ( $p < 0,05$ ).

Os resultados do teor de licopeno obtidos nos diversos acessos frescos e refrigerados apresentam-se no **quadro 23 - Anexo IV**. No **quadro 24 – Anexo IV** encontram-se os valores médios, os respectivos desvios-padrão. Foi aplicado o teste *Post Hoc HSD Unequal* de comparação de médias.

Em relação aos teores de licopeno para a **amostra em fresco**, no conjunto dos 10 acessos o teor médio é 90,13 mg/kg (mínimo 31,69 mg/kg e máximo 146,44 mg/kg). Segundo Frusciante, *et al.*, 2007, os resultados obtidos correspondem a um intervalo de concentração de licopeno entre 1,86 – 14,62 mg/100g de peso em fresco, para uma concentração média de 10,63 mg/100g (106,3 mg/kg) de peso em fresco. Com base nesta informação pode-se constatar que todos os acessos se encontram acima do valor mínimo do intervalo de concentração, havendo mesmo acessos com concentrações de licopeno ótima.

Na **amostra refrigerada**, foi obtido um teor médio de 76,47 mg/kg (mínimo 36,07 mg/kg e máximo 137,33 mg/kg), no conjunto dos 10 acessos.

Para uma melhor compreensão da discussão de resultados, apresentam-se em seguida os gráficos com os valores médios dos teores de licopeno da polpa homogeneizada em fresco e refrigerado para cada acesso.

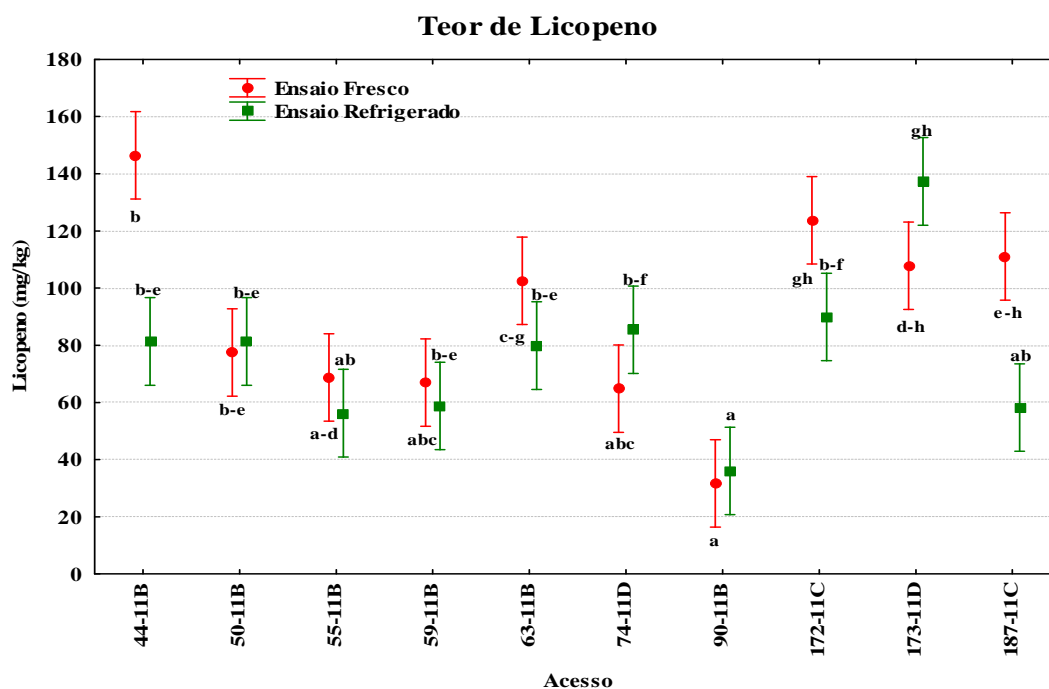


Gráfico 16 - Teores de licopeno *versus* acessos frescos e refrigerados

### Acesso 44-11B.

Os valores do teor médio de licopeno nos frutos em fresco são significativamente os mais elevados ( $146,44 \pm 35,85$  mg/kg) comparativamente aos outros nove acessos.

Durante o período de refrigeração, observou-se uma redução significativa dos teores de licopeno nos frutos deste acesso, indicando talvez, alterações na coloração dos frutos (fresco:  $146,44 \pm 35,85$  mg/kg e refrigerado:  $81,37 \pm 12,16$  mg/kg).

### Acesso 50-11B.

Durante o período de refrigeração, observou-se que não houve diferenças significativas entre os frutos frescos e refrigerados. De uma maneira geral, os teores de licopeno obtidos estão muito acima dos valores apresentados nos artigos científicos consultados, este acesso é um dos que apresenta valores mais baixos quer em fresco quer em refrigerado e talvez por isso, não haja diferenças significativas nas duas situações. Isto também pode estar associado ao estado de maturação do fruto e também à sua cor.



### **Acesso 55-11B.**

Durante o período de refrigeração, observou-se que não houve diferenças significativas entre os frutos frescos e refrigerados. Confirma-se no caso deste acesso a mesma discussão relativamente ao acesso anterior.

### **Acesso 59-11B.**

Durante o período de refrigeração, observou-se que não houve diferenças significativas entre os frutos frescos e refrigerados. Confirma-se no caso deste acesso a mesma discussão relativamente aos acessos anteriores.

### **Acesso 63-11B.**

Durante o período de refrigeração, observou-se que não houve diferenças significativas entre os frutos frescos e refrigerados. Confirma-se no caso deste acesso a mesma discussão relativamente aos acessos anteriores.

### **Acesso 90-11B.**

Os valores médios do teor de licopeno para os frutos deste acesso em fresco ( $31,69 \pm 7,01$  mg/kg) e em refrigerado ( $36,07 \pm 4,59$  mg/kg) são significativamente os mais baixos comparativamente aos outros nove acessos. Estes resultados não são surpreendentes uma vez que o seu grau de maturação corresponde a uma cor rosa-esverdeada. Contudo como foi mencionado anteriormente os valores obtidos são mais elevados comparativamente aos valores apresentados nos artigos científicos consultados.

Durante o período de refrigeração, observou-se que não houve diferenças significativas entre os frutos frescos e refrigerados.



### Acesso 172-11C.

Durante o período de refrigeração, observou-se uma redução dos teores de licopeno nos frutos deste acesso, indicando talvez, alterações na coloração dos frutos (fresco:  $123,68 \pm 40$  mg/kg e refrigerado:  $89,94 \pm 2,74$  mg/kg).

### Acesso 187-11B.

Durante o período de refrigeração, observou-se uma redução muito significativa dos teores de licopeno nos frutos (quase para metade), indicando talvez, alterações na coloração dos frutos (fresco:  $111,07 \pm 5,88$  mg/kg e refrigerado:  $58,25 \pm 8,58$  mg/kg).

### Acesso 74-11D.

Durante o período de refrigeração, observou-se que não houve diferenças significativas entre os frutos frescos e refrigerados. Confirma-se no caso deste acesso a mesma discussão relativamente aos acessos anteriores.

### Acesso 173-11D.

Os valores do teor médio de licopeno nos frutos em refrigerado são os mais elevados comparativamente aos outros nove acessos, é um caso único visto que os teores de licopeno aumentaram sob refrigeração (fresco:  $107,84 \pm 24,96$  mg/kg e refrigerado:  $137,33 \pm 9,96$  mg/kg).

## 2.2. Potencial Hidrogénico (pH).

Os resultados obtidos na determinação do pH foram testados com teste de significância multivariada de *Wilks* (**quadro 30 - Anexo V**), onde se verificou que havia interação entre as duas variáveis independentes, acesso e ensaio ( $p < 0,05$ ).

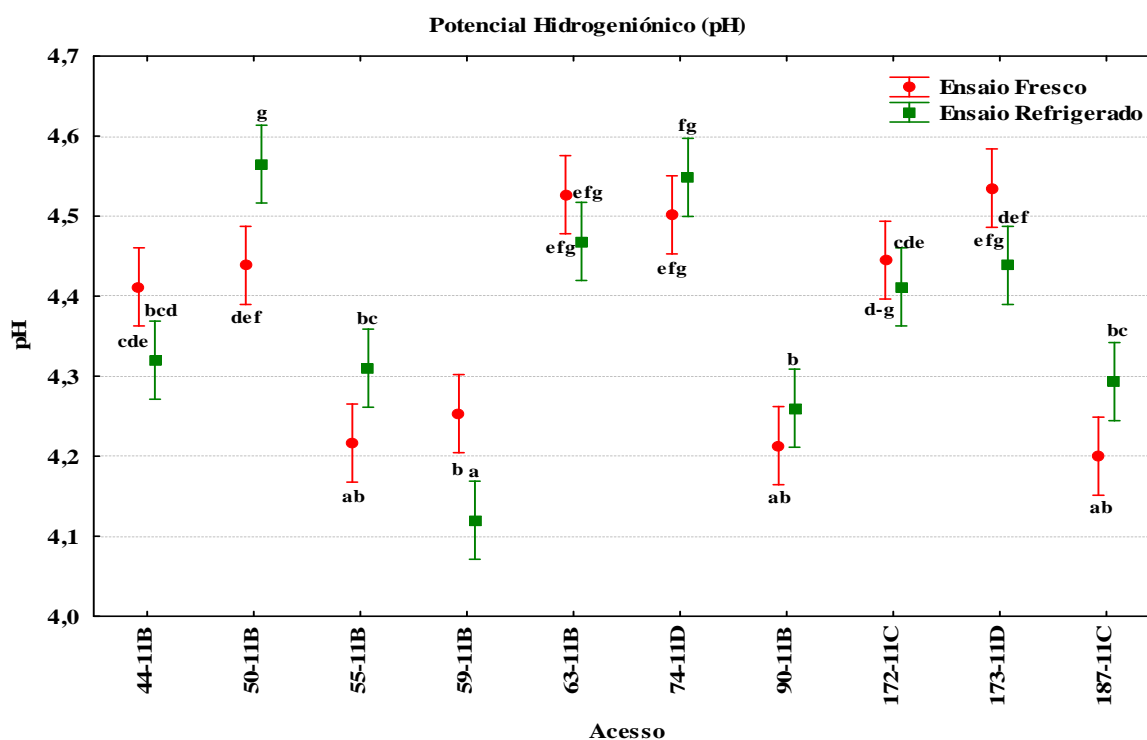
Os resultados do pH obtidos nos diversos acessos frescos e refrigerados apresentam-se no **quadro 28 - Anexo V**. No **quadro 29 – Anexo V** encontram-se os valores médios, os



respetivos desvios-padrão. Foi aplicado o teste *Post Hoc HSD Unequal* de comparação de médias.

Frusciante, *et al.*, (2007) citando Nisen, *et al.*, (1990), afirmam que um valor de pH abaixo de 4,5 é considerado um requisito importante de qualidade comercial dos frutos de tomate fresco, constatando-se com esta afirmação que todos os outros se encontram em condições de comercialização. Anese, *et al.*, (2002) identificaram valor de pH de 4,25 para o tomate (Borguini, 2006). Thompson, *et al.*, (2000) registraram pH entre 3,91 e 4,34 para diversas cultivares de tomate (Borguini, 2006).

Para uma melhor compreensão da discussão de resultados, apresentam-se em seguida os gráficos com os valores médios de pH da polpa homogeneizada em fresco e refrigerado para cada acesso.



**Gráfico 17** - Potencial Hidrogeniônico (pH) versus acessos frescos e refrigerados.



### **Acesso 44-11B.**

Durante o período de refrigeração, observou-se que não houve diferenças significativas entre os frutos frescos e refrigerados.

### **Acesso 50-11B.**

Os valores de pH nos frutos refrigerados são os mais elevados ( $4,57 \pm 0,08$ ) comparativamente com os restantes acesso, significando que os frutos deste acesso são menos ácidos em relação aos restantes acessos.

Durante o período de refrigeração, observou-se um aumento dos valores de pH nos frutos, significando talvez, uma redução da acidez (fresco:  $4,44 \pm 0,02$  e refrigerado:  $4,57 \pm 0,08$ ).

O aumento dos valores de pH deve-se à diminuição da concentração de ácidos orgânicos nos frutos, pois estes são usados como fonte de energia durante a respiração e como fonte de vitamina C, para síntese dos açúcares (Awad, 1993).

### **Acesso 55-11B.**

No caso específico deste acesso verifica-se que os valores de pH são baixos e por isso, os seus frutos são ácidos. Durante o período de refrigeração, observou-se que não houve diferenças significativas entre os frutos frescos e refrigerados.

### **Acesso 59-11B.**

Os valores de pH nos frutos refrigerados são os mais baixos comparativamente com os restantes acesso, significando que os frutos deste acesso apresentam maior acidez.

Durante o período de refrigeração, observou-se uma redução dos valores de pH nos frutos, indicando talvez, maior acidez (fresco:  $4,25 \pm 0,04$  e refrigerado:  $4,12 \pm 0,01$ ).



#### **Acesso 63-11B.**

Durante o período de refrigeração, observou-se que não houve diferenças significativas entre os frutos frescos e refrigerados.

#### **Acesso 90-11B.**

No caso específico deste acesso verifica-se que os valores de pH são baixos e por isso, os seus frutos são ácidos. Durante o período de refrigeração, observou-se que não houve diferenças significativas entre os frutos frescos e refrigerados.

#### **Acesso 172-11C.**

Durante o período de refrigeração, observou-se que não houve diferenças significativas entre os frutos frescos e refrigerados.

#### **Acesso 187-11B.**

Os valores de pH nos frutos frescos são os mais baixos ( $4,20 \pm 0,00$ ), comparativamente com os restantes acesso, significando que os frutos deste acesso apresentam maior acidez.

Durante o período de refrigeração, observou-se que não houve diferenças significativas entre os frutos frescos e refrigerados.

#### **Acesso 74-11D.**

Durante o período de refrigeração, observou-se que não houve diferenças significativas entre os frutos frescos e refrigerados.

#### **Acesso 173-11D.**

Os valores de pH nos frutos frescos são os mais elevados ( $4,54 \pm 0,02$ ), comparativamente com os restantes acesso, levando a crer que este acesso apresenta menor acidez.



A refrigeração não afetou significativamente os frutos dos acessos, que manteve o valor de pH semelhantes aos teores dos frutos em fresco.

De uma maneira geral, no caso destes dez acessos quer em fresco, quer em refrigerado, os valores de pH são muito próximos de 4,5.

### 3. Análise de possíveis correlações entre parâmetros.

Para uma melhor interpretação dos resultados das várias metodologias utilizadas efetuou-se também, a Análise de Componentes Principais (ACP) de forma a correlacionar os parâmetros físico-químicos (cor – L\*, a\*, H°, °Brix e pH) determinados na polpa dos frutos com as metodologias utilizadas para o efeito, nas mesmas condições de amostragem e preparação da amostra.

A análise de componentes principais é uma técnica da estatística multivariada que consiste em transformar um conjunto de variáveis originais em outro conjunto de variáveis de mesma dimensão denominadas de componentes principais. Os componentes principais apresentam propriedades importantes: cada componente principal é uma combinação linear de todas as variáveis originais, são independentes entre si e estimados com o propósito de reter, em ordem de estimativa, o máximo de informação, em termos da variação total contida nos dados. A análise de componentes principais é associada à ideia de redução do conjunto de dados, com menor perda possível da informação. Procura-se redistribuir a variação observada nos eixos originais de forma a se obter um conjunto de eixos ortogonais não correlacionados (Varela, 2008).

A ACP é um método estatístico que permite a interpretação da estrutura da variância-covariância de um determinado fenómeno medido por múltiplas variáveis, de modo a revelar as relações entre elas, entre as amostras, e entre amostras e variáveis (Marôco, 2006, citado por Carvalho, 2010).



### 3.1. Variação das Componentes Principais dos acessos de tomate. Acessos Frescos.

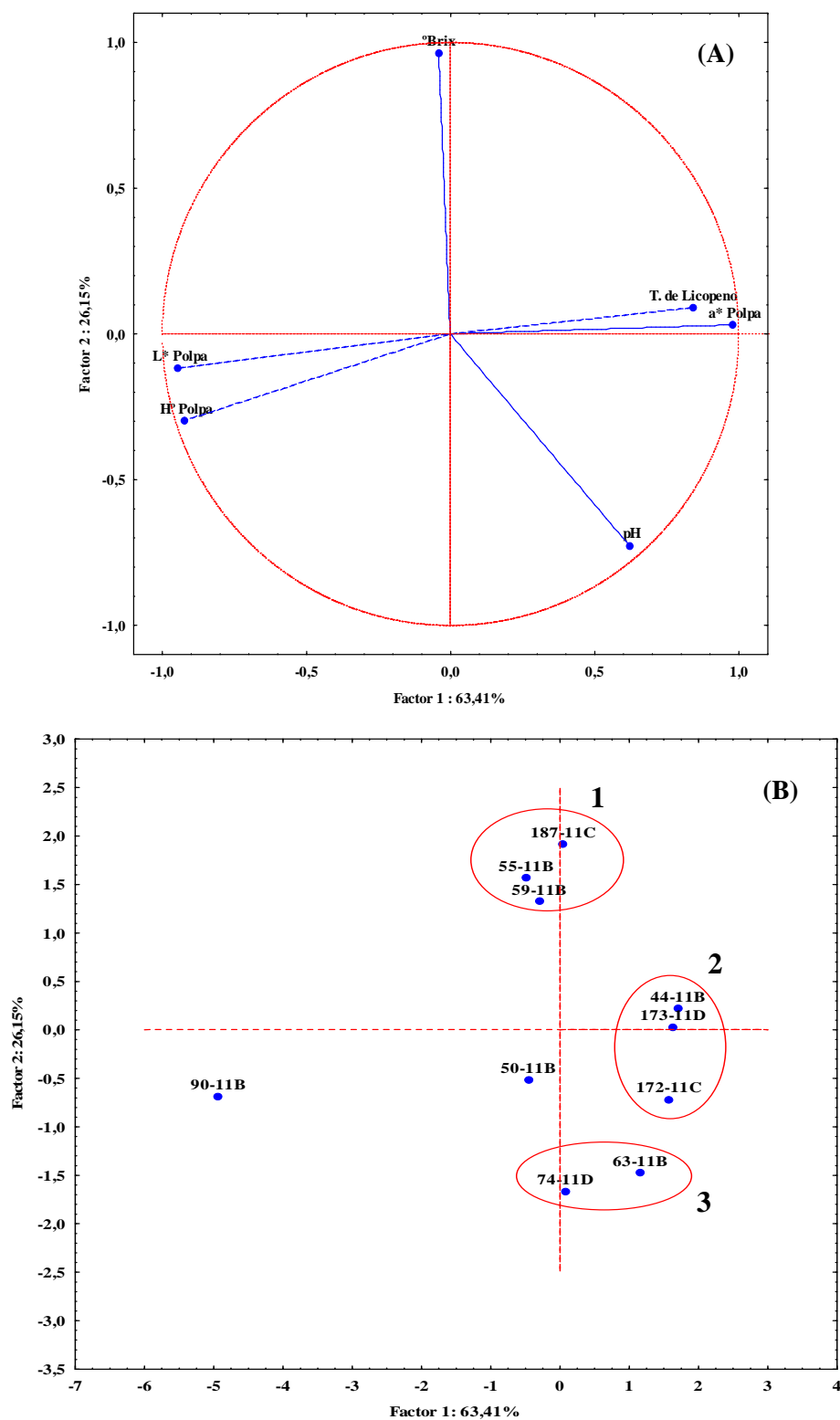
Verifica-se através da análise do modelo sumário da variância explicada (ver **quadro 31 no Anexo VI**), que a primeira componente possui um valor próprio de 3,804 que corresponde a 63,41% da variância total, a segunda componente possui um valor próprio de 1,569 que corresponde a 26,15% da variância total, sendo a variância acumulada 89,56 %, as outras componentes apresentam valores próprios inferiores a 1. No **quadro 32 do Anexo VI** apresentam-se as correlações de cada uma das variáveis originais nas componentes principais. Esta medida permite perceber qual, ou quais as variáveis que são determinantes para cada uma das componentes principais, considerando de acordo com Marôco (Marôco, 2007) os valores absolutos dos fatores de correlação superiores a 0,50.

Na **figura 19A** apresenta-se a projeção das variáveis no plano que ilustram o **quadro 32**, acima referida. Os parâmetros  $H^{\circ}$  e  $L^*$  da polpa estão situados no lado dos valores negativos do 1º fator principal. O  $a^*$  polpa e o teor de licopeno estão situados no lado positivo do mesmo fator. No 2º fator principal estão localizados o pH no lado dos valores negativos e o °Brix do lado dos valores positivos.

Observando a **figura 19A**, depreender-se uma correlação inversa dos parâmetros  $a^*$ polpa e T. Licopeno com os parâmetros  $L^*$  e  $H^{\circ}$  da polpa.

Analisando o fator 1 da **figura 19A**, observa-se uma relação direta entre os parâmetros T. licopeno,  $a^*$  polpa e pH, deduzindo-se que com o aumento do pH, ou seja, frutos com menor acidez, existe um aumento dos valores de  $a^*$  da polpa e por consequência um aumento dos teores de licopeno.

É de realçar o facto dos valores de acidez obtidos para qualquer dos acessos são intermédios, ou seja, variam entre 4,1 e 4,6. Constatou-se que uma ligeira redução no valor de pH, maior acidez, implicou uma ligeira redução nos teores de licopeno. Relativamente ao °Brix verificou-se, de uma maneira geral, que os valores não são muito elevados para qualquer dos acessos, e isto pode estar relacionado com as condições climatéricas na altura da colheita, porque o tempo estava muito instável e pouco quente o que pode ter tido uma certa influência na doçura dos frutos.



**Figura 19** - Análise de Componentes Principais, utilizando os parâmetros físicos, químicos e reológicos dos acessos frescos: Projeção das variáveis no plano (1x2) (A) e Projeção dos casos no plano (B).



De acordo com a **figura 19B**, o grupo 1 composto pelos acessos **55-11B**, **59-11B** e **187-11C** agrega frutos mais doces e mais ácidos. Sendo de destacar que dois primeiros acessos apresentam frutos com maior luminosidade e tonalidade, e teores de licopeno mais baixos.

Os acessos **44-11B**, **172-11C** e **173-11D** são os constituintes do grupo 2. As polpas dos frutos destes acessos são vermelhas escuras (valores de  $a^*$  mais elevados), apresentam teores de licopeno e valores de pH elevados, sendo por isso frutos com menor acidez (**figura 19B**).

Os acessos **63-11B** e **74-11D** correlacionam-se por serem frutos pouco doces e com valores de pH elevados (menor acidez) (**figura 19B**).

O acesso **50-11B** aparece isolado, e é caracterizado pela polpa dos frutos apresentarem uma tonalidade elevada.

Por sua vez, o acesso **90-11B**, que também se encontra isolado no plano, é influenciado pelos parâmetros de cor –  $L^*$  e  $H^o$ . As polpas dos frutos deste acesso apresentam teores de licopeno muito baixos e maior acidez.

### Acessos Refrigerados.

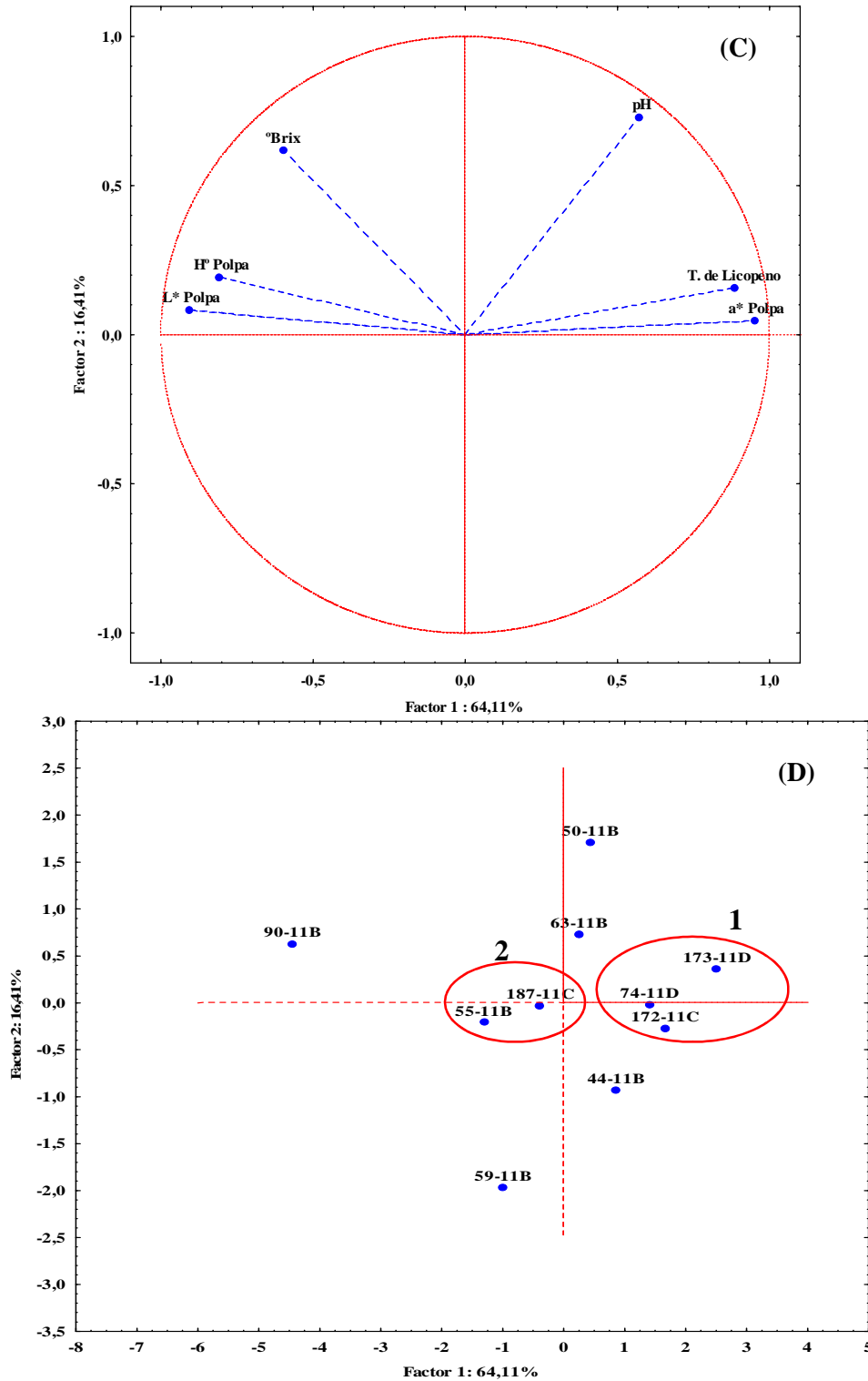
Verifica-se através da análise do modelo sumário da variância explicada (ver **quadro 33 no Anexo VI**), que a primeira componente possui um valor próprio de 4,557 que corresponde a 65,10% da variância total, a segunda componente possui um valor próprio de 1,039 que corresponde a 14,85% da variância total, sendo a variância acumulada 79,95 %, as outras componentes apresentam valores próprios inferiores a 1. No **quadro 34 do Anexo VI** apresentam-se as correlações de cada uma das variáveis originais nas componentes principais.

Na **figura 20C** apresenta-se a projeção das variáveis no plano que ilustram o **quadro 34**, acima referida. Os parâmetros  $H^o$  e  $L^*$  da polpa estão situados no lado dos valores negativos do 1º fator principal. O  $a^*$  polpa e o teor de licopeno estão situados no lado positivo do mesmo fator. No 2º fator principal está localizado o °Brix e o pH, situam-se do lado dos valores positivos.

A **figura 20C**, conforme foi referido acima para os acessos frescos observa-se uma relação direta entre os parâmetros T. licopeno,  $a^*$  polpa e pH, deduzindo-se que com o



aumento do pH, ou seja, frutos com menor acidez, existe um aumento dos valores de  $a^*$  da polpa e por consequência um aumento dos teores de licopeno.



**Figura 20** - Análise de Componentes Principais, utilizando os parâmetros físicos, químicos e reológicos dos acessos refrigerados: Projeção das variáveis no plano (1x2) (C) e Projeção dos casos no plano (D).



Observando a **figura 20D**, os acessos **172-11C**, **74-11D** e **173-11D** são os constituintes do grupo 1. As polpas dos frutos destes acessos são vermelhas escuras, apresentam teores de licopeno elevados e são pouco ácidas. O grupo 2 composto pelos acessos **55-11B** e **187-11C** agregam frutos mais doces e ácidos. Sendo de destacar que estes acessos apresentam frutos com maior luminosidade e tonalidade e teores de licopeno mais baixos. O acesso **50-11B** aparece isolado, e é caracterizado pela polpa dos frutos apresentarem valores de pH elevados, pouco ácido, e mais doce, pois o °Brix é elevado. A polpa dos frutos do acesso **44-11B** é pouco doce, mas é ácida e apresenta uma cor vermelha clara, devido, possivelmente aos baixos teores de licopeno.

Por sua vez, o acesso **90-11B**, que também se encontra isolado no plano, é influenciado pelos parâmetros de cor –  $L^*$  e  $H^o$ . As polpas dos frutos deste acesso apresentam teores de licopeno muito baixos e valores de °Brix elevados. Os frutos do acesso **59-11B** têm os valores de pH mais baixos, são ácidos, e teores de licopeno baixos, que por consequência afeta a coordenada de cor  $a^*$  polpa, concedendo aos frutos uma cor vermelho clara (**figura 20D**).

### 3.2. Parâmetros dos frutos fresco vs. parâmetros dos frutos refrigerados.

Com base nas **figuras 19 e 20**, pode-se observar que o agrupamento dos acessos não foi totalmente semelhante para os dois tipos de ensaio, ou seja, os frutos comportam-se de modo diferente quando refrigerados, não sendo caracterizados pelos mesmos parâmetros.

O acesso 63-11B quando em fresco apresentava-se agrupado ao acesso 74-1D, mas em refrigerado ficou isolado. No que diz respeito aos acessos 55-11B, 59-11B e 187-11C, formaram um grupo quando em fresco, mas em refrigerado o acesso 59-11B ficou isolado.

Os acessos 44-11B, 172-11C e 173-11D, quando em fresco constituíram um grupo. No entanto, o acesso 44-11B quando refrigerado ficou isolado, enquanto o acesso 74-11D se juntou aos acessos 172-11C e 173-11D. Estas alterações na constituição dos grupos devem-se à alteração da posição dos parâmetros analíticos em cada fator e respectivas correlações.

Observando as **figuras 19 e 20**, pode-se verificar:

- o O acesso 63-11B é influenciado pelo pH.



- o O acesso 90-11B está associado aos parâmetros  $H^\circ$  e  $L^*$  da polpa.
- o Os acessos 172-11C e 173-11D quer em fresco, quer em refrigerado mantiveram-se agrupados e associados aos mesmos parâmetros analíticos,  $a^*$  polpa, pH elevado (menos ácidos) e teores de licopeno mais elevados. Contudo estes dois acessos não podem ser considerados muito doces, pois os valores de  $^\circ\text{Brix}$  são baixos. Este facto confirma novamente a ideia que as condições edafo-climáticas na colheita podem influenciar a doçura dos frutos.

Em suma, os diversos parâmetros analisados influenciam de forma diferente os vários acessos estudados. Pode-se explicar este facto pela diversidade de estados de maturação na colheita, diferente comportamento sob frio e das características intrínsecas das diferentes variedades estudadas.

#### 4. Estimativa indireta dos níveis de licopeno via análise colorimétrica.

Por vezes, devido à conveniência e facilidade no uso de medição de cor, existem alguns trabalhos publicados sobre a correlação entre os valores de cromaticidade e os teores de pigmentos em hortofrutícolas. Por exemplo, o conteúdo de carotenoides totais na polpa pode ser determinado a partir de medições de cor sem a necessidade de se proceder a uma análise química, pelo facto de haver a possibilidade de se poder correlacionar os teores de carotenoides totais e a cor (Francis, 1962 citado por Sahin & Sumnu, 2006). Estes estudos têm demonstrado, no caso particular do tomate, uma boa correlação entre a cor do fruto e o teor de licopeno (Arias, *et al.*, 2000; D'Souza, *et al.*, 1992).

Os valores dos parâmetros colorimétricos  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $a^*/b^*$  e  $(a^*/b^*)^2$  da polpa homogeneizada fresca e refrigerada e os valores médios dos teores de licopeno apresentam-se no **quadro 35 – Anexo VII** e no **quadro 24 – Anexo IV**, respetivamente.

Os coeficientes de regressão linear e exponencial entre os teores de licopeno e a cor da polpa dos frutos frescos e refrigerados apresentam-se no **quadro 11**.



**Quadro 11** – Coeficientes de correlação linear e exponencial entre os parâmetros de cromaticidade e o teor de licopeno dos frutos frescos e refrigerados.

Parâmetros de cromaticidade	<u>Cor da Polpa</u>			
	<u>Fresco</u>		<u>Refrigerado</u>	
	Regressão Linear - R <sup>2</sup>	Regressão exponencial - R <sup>2</sup>	Regressão Linear - R <sup>2</sup>	Regressão exponencial R <sup>2</sup>
L*	0,33	0,49	0,58	0,74
H°	0,51	0,72	0,30	0,47
a*	0,63	0,80	0,69	0,79
a*/b*	0,54	0,74	0,30	0,45
(a*/b*) <sup>2</sup>	0,58	0,76	0,30	0,45

Para o parâmetro L\* nos frutos frescos, não se obtiveram boas correlações quer linear quer exponencial relativamente aos valores de licopeno, e por isso, este parâmetro não foi utilizado para prever o teor de licopeno do tomate. Estes resultados não são concordantes com alguns estudos que foram efetuados por Carvalho, *et al.*, (2005) e Arias, *et al.*, 2000 que mencionaram uma boa correlação linear ( $R^2 = 0,82$ ) e exponencial ( $R^2 = 0,93$ ) entre esses parâmetros. No entanto, no caso dos frutos refrigerados, obteve-se uma correlação exponencial aceitável com o parâmetro L\* ( $R^2 = 0,74$ ). A correlação linear no caso dos frutos refrigerados não apresentou valores satisfatórios.

No que concerne aos valores de a\*/b\* e (a\*/b\*)<sup>2</sup>, obtidos das leituras de cromaticidade dos frutos frescos, foram correlacionados com o teor de licopeno (**quadro 24**). Ambas as correlações lineares foram semelhantes com um R<sup>2</sup> baixo; a regressão exponencial indicou um ajuste melhor ( $R^2 = 0,74$  e  $0,76$ , respetivamente). Arias, *et al.*, (2000), obtiveram valores de correlação linear entre 0,88 e 0,96 para a relação a\*/b\* e entre 0,86 e 0,91 para a relação (a\*/b\*)<sup>2</sup>. Nos frutos refrigerados, não foram obtidas boas correlações lineares e exponenciais entre estes parâmetros e o teor de licopeno.

A regressão linear do parâmetro H° nos frutos frescos produziu um baixo R<sup>2</sup>, no entanto, foram obtidos valores mais elevados de R<sup>2</sup> para a regressão exponencial (0,72). Nos frutos refrigerados, obteve-se uma correlação linear e exponencial muito fraca.

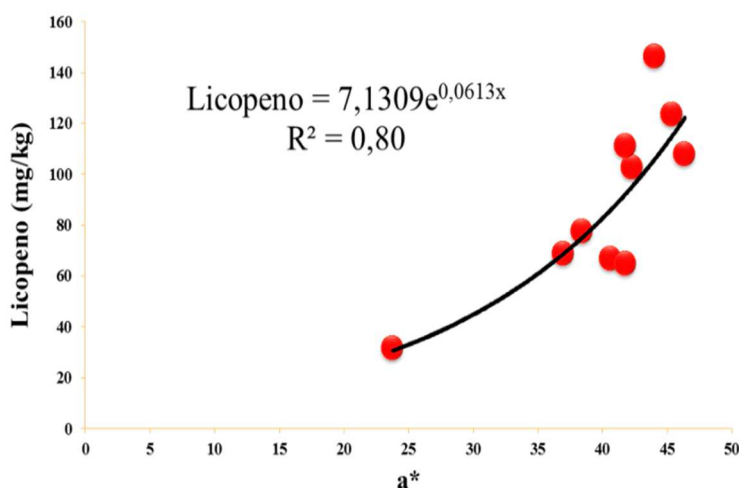
Os valores de a\* obtidos das leituras dos frutos frescos apresentam uma correlação exponencial elevada (0,80), e uma correlação linear fraca. Carvalho, *et al.*, (2005) obtiveram



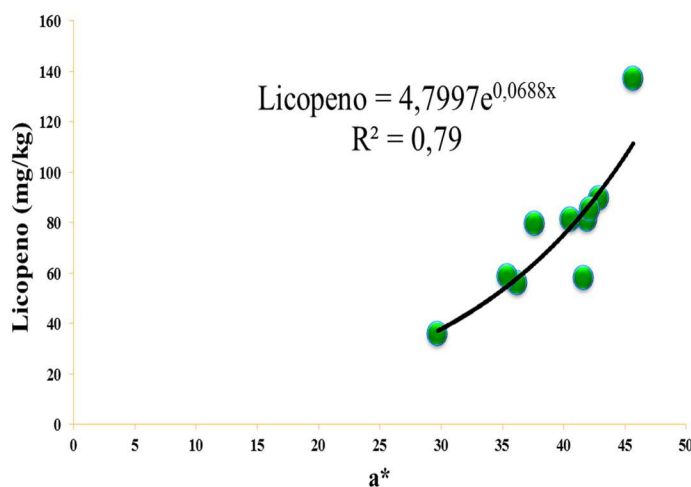
valores de correlação linear ( $R^2$ ) de 0,82 na polpa homogeneizada. Já Arias, *et al.*, (2000) obtiveram igualmente valores de  $R^2 = 0,82$  e de correlação exponencial ( $R^2$ ) de 0,96. Para os valores das leituras dos frutos refrigerados, obtiveram-se valores de correlação linear fraca ( $R^2 = 0,69$ ) e no caso da correlação exponencial foi maior ( $R^2 = 0,79$ ).

Seguidamente são apresentados os gráficos da regressão exponencial entre o teor de licopeno e os valores do parâmetro  $a^*$  dos frutos frescos e refrigerados (**gráficos 18 e 19**).

O valor crescente da coordenada  $a^*$  está diretamente associado com a síntese do licopeno. Esta relação pode ser descrita com uma variação exponencial direta em função do licopeno, de forma correspondente, o licopeno será uma função exponencial de  $a^*$ .



**Gráfico 18** – Regressão exponencial dos valores de  $a^*$  versus teor de licopeno dos frutos frescos.



**Gráfico 19** - Regressão exponencial dos valores de  $a^*$  versus teor de licopeno dos frutos refrigerados.



Consequentemente, as estimativas dos valores de licopeno poderão ser feitas utilizando-se as seguintes equações:

**Fresco:**

$$\text{Licopeno (mg/kg)} = 7,13e^{0,06x}$$

**Refrigerado:**

$$\text{Licopeno (mg/kg)} = 4,80e^{0,07x}$$



# V

## Considerações Finais



Tendo em conta os resultados obtidos e todo o tratamento estatístico de resultados, pode-se concluir, como seria de esperar, que cada acesso apresenta diferentes características.

A textura, não apresenta diferenças significativas quando são comparados os frutos inteiros frescos com os frutos inteiros refrigerados, considerando os parâmetros fracturabilidade, dureza e deformação na rutura, exceto no caso dos acessos **63-11B** e **187-11C** em relação à fracturabilidade e à dureza. Isto é um aspeto interessante e favorável, pois dá indicações que os frutos poderão ser pouco sensíveis ao frio, podendo eventualmente, ser comercializados a longas distâncias. Quanto ao módulo aparente, grande parte dos acessos em frescos apresentam diferenças significativas em relação aos frutos refrigerados. Para uma melhor perceção apresenta-se o **quadro 12**.

**Quadro 12** - Acessos frescos vs. Acesso refrigerados – Textura.

Acessos	<u>Frutos Inteiros</u>			
	Fracturabilidade (N)	Dureza (N)	Map (N/s)	Deformação na Rutura (mm)
<b>44-11B</b>	SDS	SDS	SDS	SDS
<b>50-11B</b>	SDS	SDS	SDS	SDS
<b>55-11B</b>	SDS	SDS	DS	SDS
<b>59-11B</b>	SDS	SDS	SDS	SDS
<b>63-11B</b>	DS	DS	DS	SDS
<b>90-11B</b>	SDS	SDS	DS	SDS
<b>172-11C</b>	SDS	SDS	DS	SDS
<b>187-11C</b>	DS	DS	SDS	SDS
<b>74-11D</b>	SDS	SDS	DS	SDS
<b>173-11D</b>	SDS	SDS	DS	SDS

DS – Diferenças significativas

SDS – Sem diferenças significativas

Quanto à cor, pode-se concluir que as coordenadas  $H^{\circ}$ ,  $L^*$ ,  $C^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  não apresentam diferenças significativas quando são comparados os frutos inteiros frescos com os frutos inteiros refrigerados, exceto no caso dos acessos:

- ✓ **59-11B** em relação à coordenada  $a^*$ ,
- ✓ **90-11B** em relação ao  $C^*$ , ao  $a^*$  e ao  $b^*$ ,
- ✓ **172-11C** e **74-11D** em relação ao  $C^*$  e ao  $b^*$ ,
- ✓ **44-11B**, **50-11B**, **55-11B** e **63-11B** em relação ao  $L^*$ .



Relativamente à polpa homogeneizada fresca comparada com a refrigerada, pode-se concluir que as coordenadas  $H^{\circ}$ ,  $L^*$ ,  $C^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  apresentam diferenças significativas, expeto no caso dos acessos:

- ✓ **59-11B, 63-11B, 187-11C, 74-11D e 173-11D** em relação à luminosidade ( $L^*$ ),
- ✓ **55-11B, 187-11C, 74-11D, 173-11D** em relação à coordenada  $a^*$ ,
- ✓ **44-11B, 55-11B, 172-11C** em relação ao  $C^*$ .

Para uma melhor percepção apresenta-se o seguinte **quadro 13**.

**Quadro 13** - Acessos frescos vs. Acesso refrigerados – Cor.

Acessos	<u>Frutos Inteiros</u>					<u>Polpa homogeneizadas</u>				
	$H^{\circ}$	$L^*$	$C^*$	$a^*$	$b^*$	$H^{\circ}$	$L^*$	$C^*$	$a^*$	$b^*$
<b>44-11B</b>	SDS	DS	SDS	SDS	SDS	DS	DS	SDS	DS	DS
<b>50-11B</b>	SDS	DS	SDS	SDS	SDS	DS	DS	DS	DS	DS
<b>55-11B</b>	SDS	DS	SDS	SDS	SDS	DS	DS	SDS	SDS	DS
<b>59-11B</b>	SDS	SDS	SDS	DS	SDS	DS	SDS	DS	DS	DS
<b>63-11B</b>	SDS	DS	SDS	SDS	SDS	DS	SDS	DS	DS	DS
<b>90-11B</b>	SDS	SDS	DS	DS	DS	DS	DS	DS	DS	DS
<b>172-11C</b>	SDS	SDS	DS	SDS	DS	DS	DS	SDS	DS	DS
<b>187-11C</b>	SDS	SDS	SDS	SDS	SDS	DS	SDS	DS	SDS	DS
<b>74-11D</b>	SDS	SDS	DS	SDS	DS	DS	SDS	DS	SDS	DS
<b>173-11D</b>	SDS	SDS	SDS	SDS	SDS	DS	SDS	DS	SDS	DS

DS – Diferenças significativas.

SDS – Sem diferenças significativas.

No caso dos SST, verificaram-se diferenças significativas entre os frutos frescos (dia da colheita) e os armazenados durante uma semana, com exceção dos acessos **172-11C** e **74-11D**.

A refrigeração não afetou significativamente a maior parte dos acessos, que mantiverem teores de licopeno idênticos, com exceção dos acessos **44-11B** e **187-11C**. De uma maneira geral, os teores de licopeno obtidos estão muito acima dos valores apresentados nos artigos científicos consultados.

Observou-se em geral, que não existem diferenças significativas no pH do tomate fresco, quando comparado com o refrigerado, exceto no caso dos acessos **50-11B** e **59-11B**. De uma maneira geral, no caso dos dez acessos quer em fresco, quer em refrigerado, os valores de pH são muito próximos de 4,5, ou seja, os acessos são ácidos, o que é bom,



pois possibilita a desaceleração/inibição na incursão de microrganismos, prolongando a vida útil dos frutos.

Observou-se uma relação direta entre os parâmetros T. licopeno,  $a^*$  polpa e pH, deduzindo-se que com o aumento do pH, ou seja, frutos com menor acidez, existe um aumento dos valores de  $a^*$  da polpa e por consequência um aumento dos teores de licopeno.

O  $^{\circ}$ Brix é nitidamente um parâmetro isolado, não se correlacionando com o pH, ou seja, maior doçura não significa valores de pH mais elevados (menor acidez).

Verificou-se que com o aumento dos teores de licopeno e consequentemente aumento dos valores da coordenada  $a^*$  da polpa, existe uma diminuição dos valores das coordenadas  $L^*$  e  $H^{\circ}$ .

Neste trabalho, pode-se concluir que a refrigeração não afeta os acessos nos mesmos parâmetros analisados. Constatou-se que os acessos **44-11B**, **172-11C**, **74-11D** e **173-11D**, quer em fresco, quer em refrigerado mantiveram-se associados aos mesmos parâmetros analíticos: pH, teores de licopeno e  $a^*$  da polpa e também, que o acesso **63-11B** se manteve associado ao pH, e que o acesso **90-11B** está associado aos parâmetros  $H^{\circ}$  e  $L^*$  da polpa.

Observou-se que a maior parte dos acessos são pouco doces ( $^{\circ}$ Brix baixo), é possível explicar este facto com as condições ambientais, uma vez que na altura da colheita houve períodos de chuva, que poderiam ter induzido uma diminuição dos valores de SST e pelas características intrínsecas das diferentes variedades.

Os resultados obtidos no presente trabalho indicam que a medição da cor da polpa homogeneizada pode ser considerada como uma das melhores alternativas para se estimar indiretamente a concentração de licopeno através das coordenadas de cromaticidade dos frutos do tomateiro, em fresco e em refrigerado. O valor crescente da coordenada de cromaticidade  $a^*$  está diretamente associado à síntese de licopeno, podendo ser descrita com uma variação exponencial direta. Em suma, o teor de licopeno destes acessos pode ser estimado indiretamente e com precisão utilizando um colorímetro e os padrões de cor adequados.



# VI

## Bibliografia



## 1. Bibliografia.

Almeida, C. (1995) - *Determinação da firmeza e cor do tomate (lycopersicum esculentum mill), visando o estabelecimento de correlações entre medidas sensoriais e físicas ao longo do tempo de maturação*. Dissertação para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola na área de Pré Processamento em Engenharia Agrícola. Universidade Estadual de Campinas, 122 pp.

Almeida, D. (2006) - *Manual de culturas hortícolas - Volume II*. Lisboa: Editorial Presença. 325 pp.

Alvarado, J. D – Índice de refracción. In Métodos para medir propiedades físicas en industrias de alimentos. Alvarado, J.D. & Aguilera, J. M. - Zaragoza : Editorial Acribia. 349 - 366 pp.

Andreuccetti, C. (2005) - *Avaliação da qualidade do tomate de mesa tratado com gás etileno*. Dissertação de Mestrado para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola, na área de concentração Tecnologia Pós-Colheita. Faculdade de Engenharia Agrícola, 154 pp.

Arias, R; Lee, Tung-Ching; Logendra,L.; Janes, H. (2000) - Correlation of Lycopene Measured by HPLC with the  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  Color Readings of a Hydroponic Tomato and the Relationship of Maturity with Color and Lycopene Content. *J. Agric. Food Chem.* **48 (5)**: 1697-1702.

Awad, M. (1993) - *Fisiologia pós-colheita de frutos*. S. Paulo: Nobel.114 p.

Batu, A. (2004) - Determination of acceptable firmness and colour values of tomatoes. *Journal of Food Engineering*. **61**:471– 475.

Bender, D. A. (2003) - *Nutritional Biochemistry of the Vitamins – 2<sup>nd</sup> ed.* USA: Cambridge University Press. 515 pp.

Borguini, R.G.; (2006) - *Avaliação do potencial antioxidante e de algumas características físico-químicas do tomate (Lycopersicon esculentum) orgânico em comparação ao convencional*. Tese para a obtenção do título de Doutor em Saúde Pública. Universidade de São Paulo - Faculdade de Saúde Pública, 186 pp.

Borguini, R.G.; Silva, M.V. (2005) - Características físico-químicas e sensoriais do tomate (*lycopersicon esculentum*) produzido por cultivo orgânico em comparação ao convencional. *Alim. Nutr.* **16 (4)**: 355-361.



Bourne, M. (2002) - Food texture and viscosity: concept and measurement – 2<sup>nd</sup> ed. USA: Academic Press, 427 pp.

Brackmann, A.; Steffens, C. A.; Andriolo, J. L.; Pinto, J. A. V. (2007) - Armazenamento de tomate cultivar “Cronus” em função do estágio de maturação e da temperatura. *Ciências Rural, Santa Maria*. **37(5)**: 1295-1300.

Bramley, P. M. (2000) - Molecules of Interest, Is lycopene beneficial to human health?. *Phytochemistry*, **54**: 233-236.

Camargo, G. A. (2000) - *Secagem de tomate (lycopersicon esculentum mill) para conserva: estudo de parâmetros com base na qualidade final*. Dissertação para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola, Área de concentração- Tecnologia Pós- Colheita. Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas, 87 pp.

Carneiro, A. P. de G.; Fonteles, T. V.; Costa, M. G. M.; Rocha, É. M. de F. F.; Rodrigues, M. do C. P. (2011) - Parâmetros de textura em barras de chocolate ao leite. *Alim. Nutr.* **22 (2)**:259-264.

Carvalho, J. L.; Pagliuca, L. G. (2007) - Tomate, Um mercado que Não para de crescer globalmente. *Hortifruti Brasil*. Disponível em [http://www.dag.ufla.br/site/\\_adm/upload/file/Luciane%20Vilela%20Resende/tomate%20artigo.pdf](http://www.dag.ufla.br/site/_adm/upload/file/Luciane%20Vilela%20Resende/tomate%20artigo.pdf), Consulta efetuada em 14 de Maio de 2012.

Carvalho, V.T. C. (2010) - Comparação de parâmetros Físico-Químicos e Reológicos vs. Análise sensorial em doces de frutas. Trabalho de fim de curso para a obtenção do grau de licenciado em Engenharia Alimentar. Escola Superior Agraria de Santarém, 123 pp.

Carvalho, W; Fonseca, M. E. de N.; Silva, H, R. da; Boiteux, L. S.; Giordano, L. de B.(2005) - Estimativa indireta de teores de licopeno em frutos de genótipos de tomateiro via análise colorimétrica. *Hortic. Bras.* **23(3)**: 819- 825.

Castricini, A.; Medeiros, S. F. de.; Coneglian, R. C.; Vital, H.DE C. (2004) - Qualidade nutricional e antioxidante do tomate “tipo italiano”. *Alim. Nutr., Araraquara*. **19(1)**: 25-31.

Castro, A. G.; Covas, J. A.; Diogo, A. C. (2001) – *Reologia e suas Aplicações Industriais*. Lisboa, Instituto Piaget: Ciência e Técnica. 342 pp.



Castro, V. A. S. P. T. (2003) - *Controle do amadurecimento pós-colheita do tomate 'Carmem' tratado com ácido 2-cloroetil fosfônico*. Tese para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola. Universidade Estadual de Campinas, 88 pp.

Chiumarelli, M.; Ferreira, M. D. (2004) - Avaliação da qualidade pós-colheita de tomate de mesa com utilização de coberturas comestíveis a 25°C. *XXXIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola*.

Costa, P. R. F. da; Monteiro, A. R. G. (2009) - Benefícios dos Antioxidantes na Alimentação. *Revista Saúde e Pesquisa*. **2(1)**:87-90.

Cunha, C. R. (2002) - *Efeito do uso de retentados de baixo fator de concentração no rendimento, proteólise e propriedades viscoelásticas de queijo minas frescal de reduzido teor de gordura*. Dissertação para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Alimentos. Universidade Estadual de Campinas, 129 p.

D'Souza, M. C., Singha, S.; Ingle, M. (1992) - Lycopene Concentration of Tomato Fruit can be estimated from Chromaticity Values. *HortScience*. **27(5)**: 465-466.

De Castro, L. R.; Cortez, L. A. B. ([s.d.]) - Aplicação da refrigeração na conservação pós-colheita do tomate. *Faculdade de Engenharia Agrícola – UNICAMP*.

DeMan, J. M. (1999) – Texture. *In Principles of food chemistry – 3<sup>rd</sup> ed.* Maryland: An Aspen Publication. 311- 347 pp.

Disqual [s.d.] - Manual de Boas Práticas Tomate - Disponível em <http://www.esb.ucp.pt/twt/disqual/>. Consulta efetuada em 11 de Outubro de 2011.

Domingos, S. F.S. (2009) - *Valorização do tomate - Extração supercrítica de compostos bioativos a partir de repiso de tomate*. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Alimentar. Instituto Superior de Agronomia, 81 pp.

Dorais M; Gosselin A; Papadopoulos A. P. (2001) - Greenhouse tomato fruit quality. *Horticultural Reviews*. **26**: 239-306.



Fabbri, A. D. T. (2009) - *Estudo da radiação ionizante em tomates in natura (lycopersicum esculentum mill) e no teor de licopeno do molho*. Tese para obtenção do Grau de Mestre de Ciências na Área de Tecnologia Nuclear – Aplicações. Autarquia associada à Universidade de São Paulo, 85 pp.

Ferrari, A. A. (2008) - *Caracterização química de tomates (Lycopersicon esculentum Mill.) empregando análise por ativação neutrônica instrumental*. Dissertação para a obtenção do título de Mestre em Ciências. Universidade de São Paulo - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, 75 pp.

Ferreira, M. D.; Cortez, L.A. B.; Honório, S. L.; Tavares, M. (2006) - Avaliação física do tomate de mesa ‘romana’ durante manuseio na pós-colheita. *Eng. Agríc., Jaboticabal*. **26(1)**: 321-327.

Ferreira, S. M.R. (2004) - *Características de qualidade do tomate de mesa (lycopersicon esculentum mill.) cultivado nos sistemas convencional e orgânico comercializado na região metropolitana de Curitiba*. Tese para obtenção do grau de doutor no Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos. Universidade Federal do Paraná, 249 pp.

Ferreira, S. M.R.; Freitas, R. J. S. de; Lazzari, E. N. (2004) - Padrão de identidade e qualidade do tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) de mesa - Identity and quality standards of tomatoes (*Lycopersicon esculentum* Mill.) for fresh consumption. *Ciência Rural*. **34(1)**:329 – 335.

Fish, W. W.; Perkins-Veazie, P.; Collins, K. J. (2002) - A Quantitative Assay for Lycopene That Utilizes Reduced Volumes of Organic Solvents. *Journal of Food Composition and Analysis*. **15**:309–317.

Freitas, J. A. De; Maluf, W. R.; Gomes, L. A. A.; Oliveira, A. C. B. de;. Martins, V. da S.; Braga, R. de S. (1998) - Padrão de amadurecimento e conservação pós-colheita de frutos de tomateiro, em função das diferentes constituições genótípicas no loco Alcobaça. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*. **10(3)**:191-196.

Frusciante, L.; Carli, P.; Ercolano, M. R.; Pernice, R.; Matteo, A. Di; Fogliano, V.; Pellegrini, N. (2007) - Antioxidant nutritional quality of tomato. *Molecular Nutrition & Food Research*. **51**: 609 – 617.

Gabinete de Planeamento e Políticas (2007) - Horticultura. Ministério da Agricultura do Desenvolvimento Rural e das Pescas. Lisboa,17 pp.



Gastélum-Barrios, A.; Bórquez-López, R. A.; Rico-García, E.; Toledano-Ayala, M.; Soto-Zarazúa, G. M. (2011) - Tomato quality evaluation with image processing: A review. *African Journal of Agricultural Research*. **6(14)**: 3333-3339.

George, B.; Kaur, C.; Khurdiya, D.S.; Kapoor, H.C. (2004) - Antioxidants in tomato (*Lycopersium esculentum*) as a function of genotype. *Food Chemistry*. **84**: 45 – 51.

Helyes, L.; Dimény, J.; Pék, Z.; Lugasi, A. (2006) - Effect of maturity stage on content, color and quality of tomato (*Lycopersicon lycopersicum* (L.) Karsten) fruit. *International Journal of Horticultural Science*. **12 (1)**: 41– 44.

Instituto Nacional de Estatística, I.P. (2012) – Estatísticas Agrícolas 2011. Instituto Nacional de Estatística, I.P. Lisboa - Portugal, 170 pp.

Júnior, A. P. S.; Farias, L. M. (2012) - Efeito do licopeno do tomate na prevenção do câncer de próstata. *Revista Interdisciplinar NOVAFAPI, Teresina*. **5(2)**: 50-54.

Kluge, R. A.; Minami, K. (1997) - Efeito de ésteres de sacarose no armazenamento de tomates ‘Santa Clara’. *Scientia Agrícola*, **54 (1-2)**: 39-44.

Kohlmeir, L.; Kark, J. D.; Gomez-Garcia, E.; Martin, B. C.; Steck, S. E.; Kardinal, A. F. M.; Ringstad, J.; Thamm, M.; Masaev, V.; Riemersma, R.; Martinmoreno, J. M.; Huttunen, J. K.; Kok, F. J. (1997) – Lycopene and Myocardial Infarction Risk in the EURAMIC Study. *American Journal of Epidemiology*. **146(8)**: 618 – 626.

Kotíková, Z.; Lachman, J.; Hejtmánková, A.; Hejtmánková, K. (2011) - Determination of antioxidant activity and antioxidant content in tomato varieties and evaluation of mutual interactions between antioxidants. *LWT - Food Science and Technology*. **44**: 1703-1710.

Lima, M. G. B. (2009) – Textos de apoio de Reologia. Escola Superior Agrária de Santarém.

Lima, M. G. B. (2011) – Sebenta de AQFA. Escola Superior Agrária de Santarém.

López-Camelo, A.F.; Gómez, P.A. (2004) - Comparison of color indexes for tomato ripening. *Horticultura Brasileira*. **22**: 534-537.



Lozano, J. E. (2006) - Fruit Manufacturing - Scientific Basis, Engineering Properties, and Deteriorative Reactions of Technological Importance. USA: Springer. 239 pp.

Luiz, K. M. B. (2005) - Avaliação das características físico-químicas e sensoriais de tomates (*Lycopersicon esculentum* mill) armazenados em refrigeradores domésticos - Dissertação apresentada ao Curso de Pós - Graduação em Engenharia de Alimentos como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Engenharia de Alimentos - Universidade Federal de Santa Catarina, 107 pp.

Malheiro, D. M. G. (2007) - *Estudo dos parâmetros físico-químicos e reológicos de morangos de diferentes regiões*. Relatório do Trabalho de Fim de Curso de Licenciatura Biotápica em Engenharia Alimentar. Ramo Qualidade Alimentar. Escola Superior Agrária de Santarém, 59 pp.

Martínez-Valverde, I.; Periago, M. J.; Provan, G.; Chesson, A. (2002) - Phenolic compounds, lycopene and antioxidant activity in commercial varieties of tomato (*Lycopersicon esculentum*). *J. Sci. Food Agric.* 82: 323-330.

Mochizuki, Y. (2001) - Texture Profile Analysis. *In Current Protocols in Food Analytical Chemistry*. Wrolstad, R. E. - New York: R. E. John Wiley & Sons, Inc., H2.3.1-H2.3.7.

Monteiro, C. S.; Balbi, M. E.; Miguel, O. G.; Penteado, P. T. P. da S.; Haracemiv, S.M. C.- (2008) - Qualidade nutricional e antioxidante do tomate “tipo italiano”. *Alim. Nutr.* **19(1)**: 25-31.

Moretti, C. L. (2003) - Manuseio pós-colheita de tomates. *Informe Agropecuário, Belo Horizonte.* **24(219)**: 121-127.

Nunes, M. C. do N. (2008) - Color atlas of postharvest quality of fruits and vegetables. USA: Blackwell Publishing. 448 pp.

Oliveira, G. H. H. De (2010) - *Características Físico-Químicas do tomate submetido a esforço controlado de compressão*. Dissertação para obtenção do título *Magister Scientiae* em Engenharia Agrícola. Universidade Federal de Viçosa, 96 pp.

Paula, J. T. de (2013) - *Qualidade pós-colheita de genótipos de tomateiro colhidos em diferentes estádios de maturação*. Dissertação para obtenção do título Mestre em Agronomia área de



concentração em Produção Vegetal. Universidade Estadual do Centro-Oeste, UNICENTRO-PR, 79 pp.

Peña, L.M. R. (1999) - Estudo de pré-tratamentos para a obtenção de tomate desidratado em fatias. Dissertação para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Química. Faculdade de Engenharia Química, 129 pp.

Pellegrini, N.; Riso, P.; Porrini, M. (2000) - Tomato Consumption Does Not Affect the Total Antioxidant Capacity of Plasma. *Nutrition*. **16**: 268 – 271.

Quedas, F.; Lopes, M. F.; Pinto, M. P.; Diogo, M. J.; Santana, M. A.; Matos, A.; Reis, A.; Torgal, I. ([s.d.]) – *Caracterização química de acessos de tomateiro do BPGV*. Escola Superior Agrária de Santarém.

Resende, J.M.; Chitarra, M.I.F.; Maluf, W.R.; Chitarra, A.B.; Saggin Júnior, O.J. (2004) - Atividade de enzimas pectinametilesterase e poligalacturonase durante o amadurecimento de tomates do grupo multilocular. *Horticultura Brasileira*. **22(2)**: 206-212.

Ribaya-Mercado, J. D.; Garmyn, M.; Gilchrest, B. A. e Russell, R. M. (1995) – Skin Lycopene is Destroyed Preferentially over  $\beta$ -carotene During Ultraviolet Irradiation in Humans. *Journal of Nutrition*. **125**: 1854 – 1859.

Roca, M. G. G. (2009) - *Valorização do Tomate Nacional - Extração de licopeno por CO<sub>2</sub> supercrítico a partir de repiso de tomate*. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Alimentar. Instituto Superior de Agronomia, 80 pp.

Rosenthal, A. J. (1999) – Vegetables and Fruit. In *Food Texture, Measurement and Perception* - Maryland: An Aspen Publication. 259 - 277 pp.

Sadler, G. D.; Murphy, P.A. (2010) - pH and Titratable Acidity. In *Food Analysis* – 4<sup>th</sup> ed. Nielsen, S. S. – USA: Springer. 219-239 pp.

Sahin, S.; Sumnu, S. G. (2006) - Electromagnetic Properties. In *Physical Properties of Foods* - USA: Springer. 157 – 192 pp.

Saltveit, M.E. (2005) - Fruit ripening and fruit quality. In *Tomatoes*. Heuvelink, E. – UK: CABI Publishing. 145- 171 pp.



Sams, C. E. (1999) - Preharvest factors affecting postharvest texture. *Postharvest Biology and Technology*. **15**: 249– 254.

Sánchez-Moreno, C.; Pascual-Teresa, S. De; Ancos, B. De; Cano, M. P. (2006) - Nutritional Values of Fruits. In *Handbook of Fruits and Fruit Processing*. Hui, Y. H. - USA: Wiley-Blackwell. 29-45 pp.

Santos, C. A. F. (2011) - *Desenvolvimento de um novo produto: “Fruta com iogurte”*. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Tecnologia e Segurança Alimentar – Especialização em Qualidade Alimentar. Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa, 98 pp.

Szczesniak, A. S. (2002) - Texture is a sensory property. *Food Quality and Preference*. **13**: 215– 225.

Seifert, M.; Silva, D. O.; Dode, J.; Dambros, J. I.; Schott, I. B.; Nora, L. ([s.d.]) - Avaliação físico-química de tomates (*Lycopersicon esculentum*) em dois estádios de desenvolvimento submetidos a diferentes temperaturas de armazenamento. *XIV ENPOS*.

Simões, K; Magosso, R. F.; Lagoeiro, C. G. Castellan, V. T.; Silva, N. S.; Scrivante, B. F.; Qualhato, G.; Figueiredo, A. C. R.; Benetti, E. J.; Silva, A. C. (2014) - Ação do licopeno nos músculos esquelético e cardíaco sob estresse oxidativo por exercícios. *Rev Bras Med Esporte*. **20(2)**:105 – 109.

Sirisomboon, P.; Tanaka, M.; Kojima, T. (2012) - Evaluation of tomato textural mechanical properties. *Journal of Food Engineering*. **111**: 618– 624.

Sousa, A. de A.; Grigio, M. L.; Nascimento, C. R.; Dutra da Silva, A. da C.; Ramalho do Rego, E.; Rego, M. M. (2011) - Caracterização química e física de frutos de diferentes acessos de tomateiro em casa de vegetação. *Revista Agro@mbiente On-line*. **5(2)**: 113-118.

Varella, C. A. A. (2008) - *Análise Multivariada Aplicada as Ciências Agrárias – Análise de Componentes Principais*. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 12 pp.

Vasconcelos, M. A. S.; Filho, A. B. M. (2010) – *Conservação de Alimentos*. Recife: EDUFPRPE, 130 pp.



Venske, C.; Santos, J.; Raupp, D. da S.; Gardingo, J. R.; Borsato, A.V. (2004) - Influência do grau de maturação nas características sensoriais de tomate seco envasado em óleo. *UEPG Ci. Exatas Terra, Ci. Agr. Eng.* **10 (3)**: 33-40.

Wilkerson, E. D.; Anthon, G. E.; Barrett, D. M.; Sayajon, G. Fe G.; Santos, A. M.; Rodriguez-Saona, L. E. (2013) - Rapid Assessment of Quality Parameters in Processing Tomatoes Using Hand-Held and Benchtop Infrared Spectrometers and Multivariate Analysis. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. **61**: 2088–2095.

Wrolstad, R. E.; Smith, D. E. (2010) – Color Analysis. *In Food Analysis* - 4<sup>th</sup> ed. Nielsen, S. S. – USA: Springer. 573- 587 pp.

Yahia, E. M. (2010) - The Contribution of Fruit and Vegetable Consumption to Human Health, *In Fruit and Vegetable Phytochemicals - Chemistry, Nutritional Value, and Stability*. Rosa, L. A. de la; Alvarez-Parrilla, E.; González-Aguilar, G. A. – USA: Wiley-Blackwell.3-53 pp.

Young, T. E.; Juvik, J. A.; Sullivan, J. G. (1993) - Accumulation of the components of total solids in ripening fruits of tomato. *Journal of the American Society for Horticultural Science, Alexandria*. **118 (2)**: 286-292.

Žnidarčič, D.; Ban, D.; Oplanić, M.; Karić, L.; Požrl, T. (2010) - Influence of postharvest temperatures on physicochemical quality of tomatoes (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Journal of Food, Agriculture & Environment*. **8(1)**: 21 – 25.

## 1.1. Bibliografia ON-LINE.

<http://pt.wikipedia.org>, Consulta efetuada em 26 de Abril de 2010

<http://kdfrutas.com.br/saibamais/tomate>, Consulta efetuada em 26 de Abril de 2010

<http://www.observatorioagricola.pt,2012>, Consulta efetuada em 14 de Maio de 2012.

<http://www.brookfielddengineering.com>, Consulta efetuada em 14 de Fevereiro de 2013

<http://sensing.konicaminolta.com.br>, Consulta efetuada em 30 de Dezembro de 2013

<http://www.fao.org/docrep/006/y4893s/y4893s04.htm>, Consulta efetuada em 30 de Dezembro de 2013.

# Anexo I

## **Textura**

1 - Parâmetros da Textura.

Quadro 14 - Valores médios e respetivos desvios-padrão dos parâmetros de textura.

Acessos										
Parâmetros de Textura	44-11B	50-11B	55-11B	59-11B	63-11B	90-11B	172-11C	187-11C	74-11D	173-11D
	$\mu \pm \sigma_{n-1}$	$\mu \pm \sigma_{n-1}$	$\mu \pm \sigma_{n-1}$	$\mu \pm \sigma_{n-1}$	$\mu \pm \sigma_{n-1}$	$\mu \pm \sigma_{n-1}$	$\mu \pm \sigma_{n-1}$	$\mu \pm \sigma_{n-1}$	$\mu \pm \sigma_{n-1}$	$\mu \pm \sigma_{n-1}$
<b>Fracturabilidade - F (N)</b>										
Fresco	1,01 <sup>b-f</sup> ± 0,93	1,82 <sup>g-k</sup> ± 0,32	2,22 <sup>k</sup> ± 0,87	1,28 <sup>d-i</sup> ± 0,51	2,30 <sup>k</sup> ± 1,68	1,60 <sup>e-k</sup> ± 1,47	1,06 <sup>b-g</sup> ± 1,14	0,40 <sup>abc</sup> ± 0,07	0,16 <sup>a</sup> ± 0,09	1,88 <sup>h-k</sup> ± 1,38
Refrigerado	1,08 <sup>c-h</sup> ± 0,78	1,82 <sup>g-k</sup> ± 0,23	1,73 <sup>f-k</sup> ± 1,33	0,72 <sup>a-d</sup> ± 0,60	0,16 <sup>a</sup> ± 0,04	2,32 <sup>k</sup> ± 0,37	0,80 <sup>a-e</sup> ± 0,91	2,03 <sup>ijk</sup> ± 0,92	0,27 <sup>ab</sup> ± 0,04	1,43 <sup>hij</sup> ± 1,26
<b>Dureza - F1 (N)</b>										
Fresco	1,60 <sup>bcd</sup> ± 0,41	1,85 <sup>cde</sup> ± 0,32	2,49 <sup>hij</sup> ± 0,40	1,47 <sup>bc</sup> ± 0,22	3,14 <sup>k</sup> ± 0,74	2,56 <sup>gh</sup> ± 0,60	2,16 <sup>e-h</sup> ± 0,39	0,46 <sup>a</sup> ± 0,06	0,29 <sup>a</sup> ± 0,04	2,67 <sup>j</sup> ± 0,56
Refrigerado	1,30 <sup>b</sup> ± 0,61	1,85 <sup>c-f</sup> ± 0,24	2,31 <sup>g-j</sup> ± 0,73	1,22 <sup>b</sup> ± 0,41	0,23 <sup>a</sup> ± 0,07	2,35 <sup>g-j</sup> ± 0,37	1,97 <sup>d-g</sup> ± 0,72	2,25 <sup>f-i</sup> ± 0,60	0,30 <sup>a</sup> ± 0,06	2,38 <sup>hij</sup> ± 0,32
<b>Módulo Aparente - Map (N/s)</b>										
Fresco	0,67 <sup>d-g</sup> ± 0,24	0,36 <sup>ab</sup> ± 0,03	1,36 <sup>k</sup> ± 0,22	0,75 <sup>efg</sup> ± 0,20	1,31 <sup>k</sup> ± 0,31	0,84 <sup>gh</sup> ± 0,21	0,97 <sup>hi</sup> ± 0,24	0,58 <sup>cde</sup> ± 0,09	0,83 <sup>gh</sup> ± 0,45	1,07 <sup>ij</sup> ± 0,26
Refrigerado	0,60 <sup>c-f</sup> ± 0,26	0,29 <sup>a</sup> ± 0,02	0,77 <sup>fg</sup> ± 0,14	0,56 <sup>cde</sup> ± 0,13	0,50 <sup>bcd</sup> ± 0,16	0,62 <sup>c-f</sup> ± 0,12	1,24 <sup>ijk</sup> ± 0,30	0,44 <sup>abc</sup> ± 0,09	0,49 <sup>bcd</sup> ± 0,16	0,66 <sup>d-g</sup> ± 0,10
<b>Deformação de rutura (mm)</b>										
Fresco	1,43 <sup>a-d</sup> ± 0,94	2,75 <sup>f-i</sup> ± 0,30	1,09 <sup>ab</sup> ± 0,22	1,21 <sup>abc</sup> ± 0,28	2,80 <sup>ghi</sup> ± 0,79	1,78 <sup>a-f</sup> ± 0,60	1,31 <sup>abc</sup> ± 0,18	2,36 <sup>d-h</sup> ± 2,56	2,64 <sup>e-i</sup> ± 2,35	1,44 <sup>a-d</sup> ± 0,38
Refrigerado	1,42 <sup>a-d</sup> ± 0,80	3,51 <sup>i</sup> ± 0,40	1,78 <sup>a-g</sup> ± 0,63	1,73 <sup>a-e</sup> ± 1,05	2,68 <sup>e-i</sup> ± 1,91	2,16 <sup>c-h</sup> ± 0,44	0,99 <sup>a</sup> ± 0,19	2,86 <sup>hi</sup> ± 0,47	2,10 <sup>b-h</sup> ± 2,39	2,06 <sup>b-h</sup> ± 0,37

\*Os valores representam médio ± desvio-padrão obtidos por meio de 10 determinações de Textura.

\*\* Para letras iguais na mesma coluna, considerando-se o tipo de ensaio, que não houve diferença estatisticamente significativa entre as médias para p>0,05.

2 - Exemplo de gráficos experimentais obtidos no texturômetro Stevens QTS-25.

### Load v Time

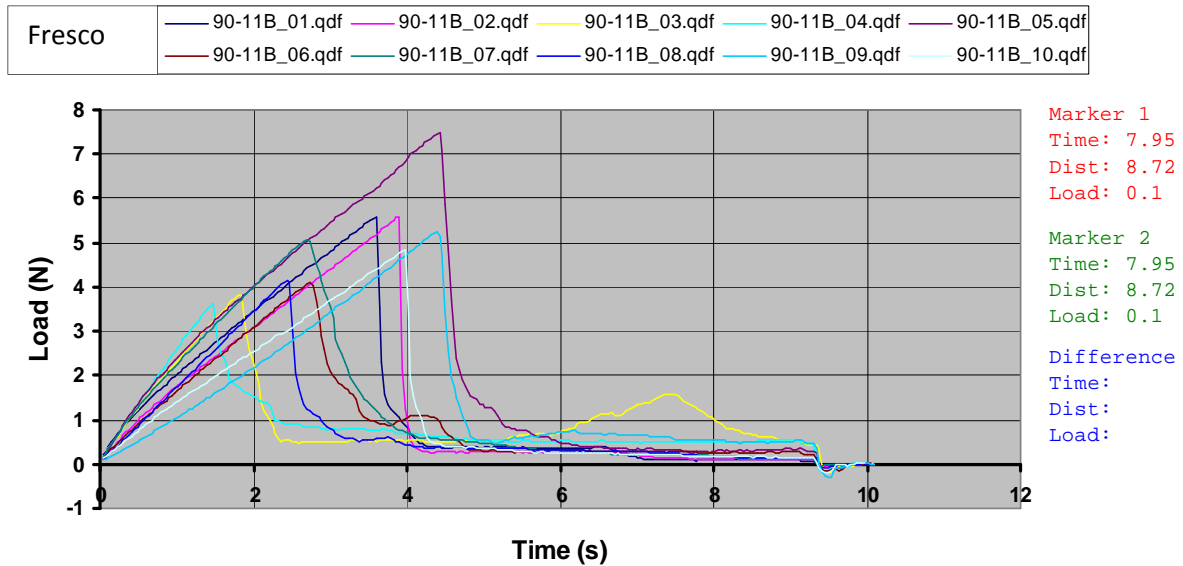


Figura 21 - Texturogramas: Acesso 90-11B Fresco.

### Load v Time

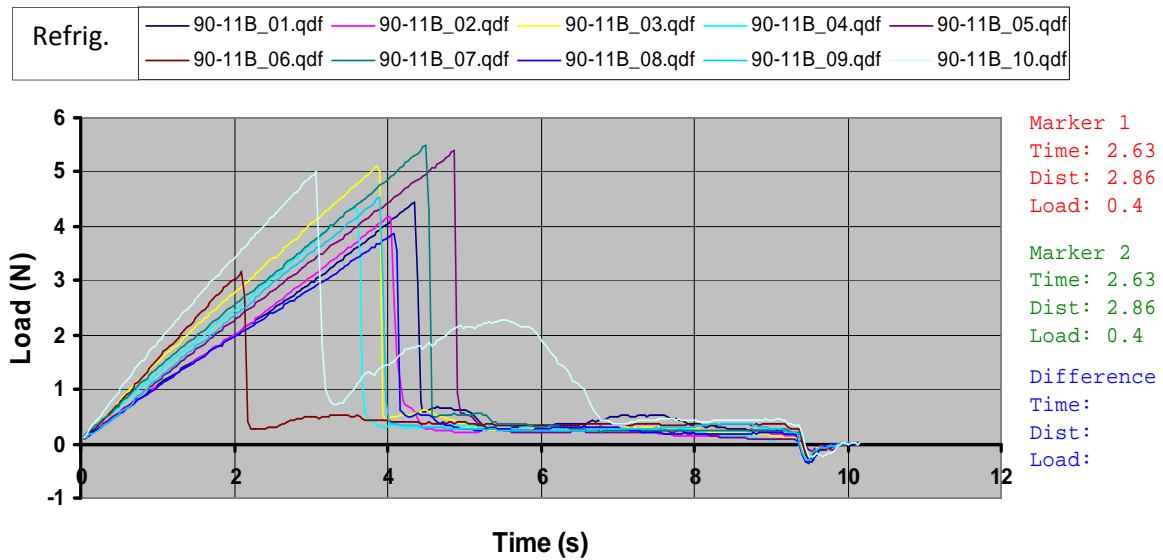


Figura 22 - Texturogramas: Acesso 90-11B Refrigerado.

## Load v Time

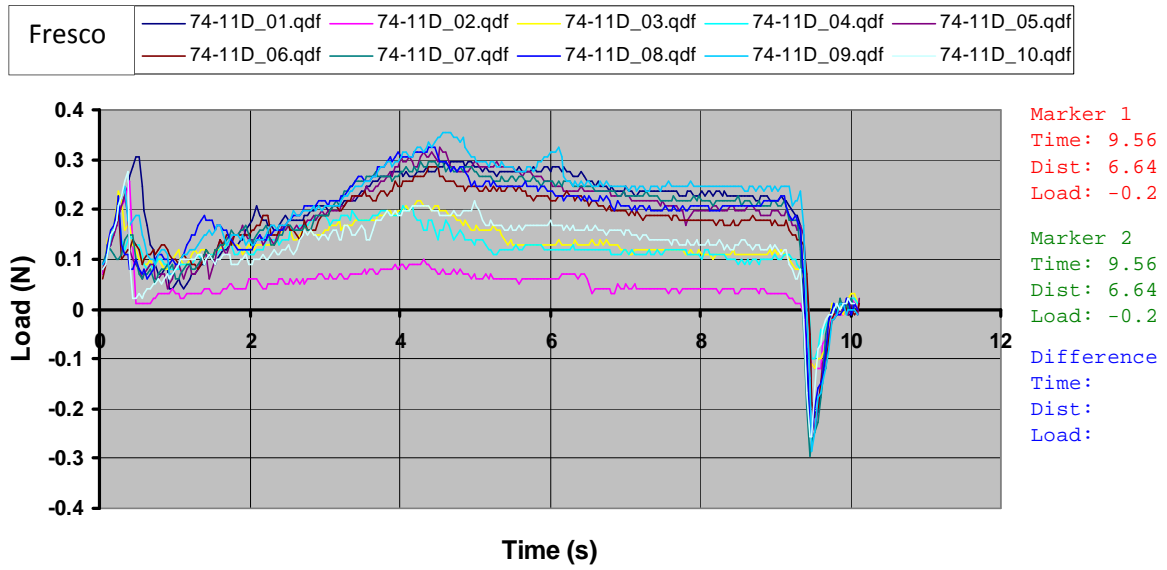


Figura 23 – Texturogramas: Acesso 74-11D Fresco.

## Load v Time

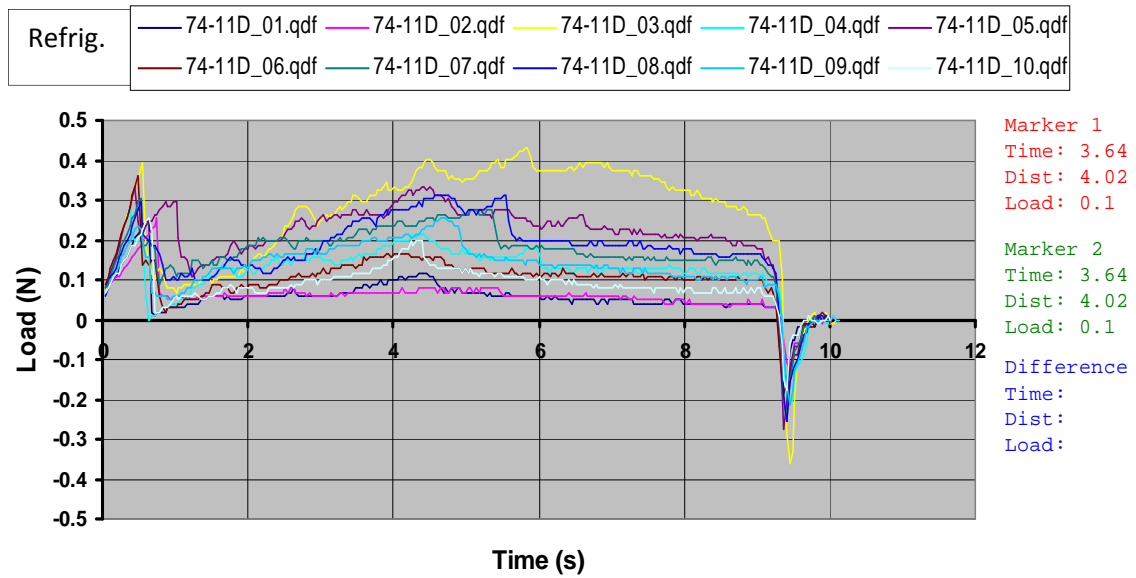


Figura 24 - Texturogramas: Acesso 74-11D Refrigerado.

### 3 - Análise de variância

**Quadro 15** - Teste significância de multivariada de *Wilks* (ANOVA/MANOVA) – Textura - Frutos inteiro fresco vs. Fruto inteiro refrigerado.

	Test	Value	F	Effect	Error	p
Intercept	Wilks	0,036730	1160,499	4	177,0000	0,000000
Acesso	Wilks	0,102104	15,488	36	665,0382	0,000000
Ensaio	Wilks	0,691692	19,724	4	177,0000	0,000000
Acesso*Ensaio	Wilks	0,249682	8,278	36	665,0382	0,000000

#### 4- Protocolo Texturómetro *Stevens QTS-25*

1. Calibrar o Texturómetro:

a. Ligar o texturómetro *Stevens QTS 25*;

b. Colocar a sonda Warner-Bratzler e na consola carregar nos botões

e de seguida  ;

c. Com o auxílio das teclas de direção da consola colocar a sonda ligeiramente acima da base e pressionar a tecla  ;

d. Carregar na tecla

2. Programar a velocidade do texturómetro para 60mm/min;

3. Colocar a emulsão na base do texturómetro;

4. Aproximar a sonda o mais próximo possível da emulsão;

5. Efetuar o ensaio de penetração em cinco zonas de cada emulsão

6. Registrar as leituras;

7. Para as restantes emulsões efetuar os mesmos procedimentos de 2 a 5.

# Anexo II

Cor

1 - Parâmetros da cor.

Quadro 16 - Valores médios e respetivo desvios-padrão dos parâmetros da cor nos diferentes acessos frescos e refrigerados – Padrões.

Método de amostragem		Acessos									
		44-11B $\mu \pm \sigma_{n-1}$	50-11B $\mu \pm \sigma_{n-1}$	55-11B $\mu \pm \sigma_{n-1}$	59-11B $\mu \pm \sigma_{n-1}$	63-11B $\mu \pm \sigma_{n-1}$	90-11B $\mu \pm \sigma_{n-1}$	172-11C $\mu \pm \sigma_{n-1}$	187-11C $\mu \pm \sigma_{n-1}$	74-11D $\mu \pm \sigma_{n-1}$	173-11D $\mu \pm \sigma_{n-1}$
<b>Fruto Inteiro</b>											
<b>L*</b>	<b>Fresco</b>	41,13	38,40	42,74	40,82	43,65	52,20	38,92	38,63	37,72	41,04
	<b>Refrigerado</b>	39,46	33,64	42,41	40,64	42,37	44,95	36,86	38,03	38,70	38,90
<b>a*</b>	<b>Fresco</b>	29,79	20,77	25,77	27,14	32,85	18,09	29,48	24,90	23,15	30,61
	<b>Refrigerado</b>	26,82	20,88	29,13	22,39	27,82	20,80	24,80	27,84	23,84	30,09
<b>b*</b>	<b>Fresco</b>	27,08	12,95	27,72	17,29	29,53	24,35	25,31	20,52	22,06	26,69
	<b>Refrigerado</b>	29,12	16,50	29,86	16,04	29,86	23,12	22,85	23,73	23,33	26,79
<b>C*</b>	<b>Fresco</b>	40,26	24,47	40,37	32,18	44,18	30,33	38,87	32,26	31,99	40,62
	<b>Refrigerado</b>	39,68	26,65	40,60	27,54	40,81	31,17	33,72	36,58	33,41	40,28
<b>H°</b>	<b>Fresco</b>	42,21	31,94	43,83	32,38	42,01	53,41	40,58	39,53	43,79	41,07
	<b>Refrigerado</b>	47,19	37,9	46,68	35,65	47,02	47,38	42,65	40,54	44,65	41,67
<b>CIEL*a*b*</b>	<b>Fresco</b>										
	<b>Refrigerado</b>										
<b>Polpa homogeneizada</b>											
<b>L*</b>	<b>Fresco</b>	31,77	28,99	37,71	38,5	33,78	45,98	36,56	32,01	39,53	36,46
	<b>Refrigerado</b>	37,81	31,74	45,66	40,55	35,31	45,66	33,81	40,62	38,31	34,99
<b>a*</b>	<b>Fresco</b>	47,29	37,22	41,23	43,15	41,45	31,56	47,19	40,23	40,45	45,55
	<b>Refrigerado</b>	44,14	33,52	36,03	36,29	36,61	32,33	45,12	40,86	41,17	45,14
<b>b*</b>	<b>Fresco</b>	39,67	42,42	33,42	39,64	41,6	49,34	41,83	37,6	42,41	41,9
	<b>Refrigerado</b>	45,18	45,70	34,42	38,3	42,64	52,56	45,57	39,68	47,55	44,3
<b>C*</b>	<b>Fresco</b>	61,74	56,43	53,08	58,59	58,75	58,67	63,11	55,07	58,61	61,89
	<b>Refrigerado</b>	63,16	56,71	49,89	52,79	56,25	61,71	64,15	56,96	62,9	63,26
<b>H°</b>	<b>Fresco</b>	39,96	48,74	39,03	42,56	44,99	57,49	41,53	43,07	46,36	42,61
	<b>Refrigerado</b>	45,67	53,79	43,63	46,59	49,55	58,36	45,27	44,18	49,12	44,44
<b>CIEL*a*b*</b>	<b>Fresco</b>										
	<b>Refrigerado</b>										

**Quadro 17** - Valores médios e respetivo desvios-padrão dos parâmetros da cor nos diferentes acessos frescos e refrigerados - Leituras.

Método de amostragem		Acessos									
		44-11B $\mu \pm \sigma_{n-1}$	50-11B $\mu \pm \sigma_{n-1}$	55-11B $\mu \pm \sigma_{n-1}$	59-11B $\mu \pm \sigma_{n-1}$	63-11B $\mu \pm \sigma_{n-1}$	90-11B $\mu \pm \sigma_{n-1}$	172-11C $\mu \pm \sigma_{n-1}$	187-11C $\mu \pm \sigma_{n-1}$	74-11D $\mu \pm \sigma_{n-1}$	173-11D $\mu \pm \sigma_{n-1}$
<b>Fruto Inteiro</b>											
L*	Fresco	43,08 <sup>fg</sup> ± 3,83	41,07 <sup>ef</sup> ± 3,04	43,67 <sup>gh</sup> ± 2,14	45,29 <sup>hi</sup> ± 3,46	45,79 <sup>i</sup> ± 3,53	54,95 <sup>j</sup> ± 4,90	36,66 <sup>bc</sup> ± 1,81	40,88 <sup>e</sup> ± 4,21	38,80 <sup>bcd</sup> ± 1,24	41,12 <sup>ef</sup> ± 1,44
	Refrigerado	40,78 <sup>de</sup> ± 3,40	36,63 <sup>a</sup> ± 3,00	40,95 <sup>e</sup> ± 2,01	44,59 <sup>ghi</sup> ± 3,06	43,51 <sup>gh</sup> ± 3,90	54,60 <sup>j</sup> ± 6,37	39,50 <sup>b-e</sup> ± 2,58	39,13 <sup>b-e</sup> ± 2,41	38,20 <sup>ab</sup> ± 1,97	40,34 <sup>cde</sup> ± 1,79
a*	Fresco	26,54 <sup>def</sup> ± 3,58	17,45 <sup>b</sup> ± 3,07	26,08 <sup>c-f</sup> ± 4,76	26,70 <sup>ef</sup> ± 3,68	29,15 <sup>gh</sup> ± 3,83	9,66 <sup>a</sup> ± 7,00	26,83 <sup>efg</sup> ± 3,59	25,45 <sup>cde</sup> ± 3,95	24,22 <sup>cd</sup> ± 1,97	29,41 <sup>h</sup> ± 1,51
	Refrigerado	28,02 <sup>fgh</sup> ± 4,63	18,57 <sup>b</sup> ± 2,73	25,10 <sup>cde</sup> ± 3,56	23,97 <sup>c</sup> ± 2,60	28,21 <sup>fgh</sup> ± 5,27	11,97 <sup>b</sup> ± 4,99	28,01 <sup>fgh</sup> ± 2,82	26,88 <sup>efg</sup> ± 2,68	26,31 <sup>def</sup> ± 2,36	29,70 <sup>h</sup> ± 2,56
b*	Fresco	29,45 <sup>hi</sup> ± 4,81	13,10 <sup>a</sup> ± 1,76	28,98 <sup>gh</sup> ± 2,83	19,78 <sup>b</sup> ± 1,81	31,71 <sup>i</sup> ± 3,05	29,26 <sup>gh</sup> ± 5,28	24,48 <sup>de</sup> ± 3,26	24,27 <sup>de</sup> ± 6,05	22,65 <sup>cd</sup> ± 1,81	26,98 <sup>fg</sup> ± 1,93
	Refrigerado	29,95 <sup>hi</sup> ± 3,42	13,66 <sup>a</sup> ± 1,93	27,80 <sup>fgh</sup> ± 2,50	20,42 <sup>bc</sup> ± 2,29	31,71 <sup>i</sup> ± 3,91	31,74 <sup>i</sup> ± 8,46	28,02 <sup>gh</sup> ± 3,18	24,37 <sup>de</sup> ± 2,90	25,48 <sup>ef</sup> ± 2,72	28,85 <sup>gh</sup> ± 2,90
C*	Fresco	39,82 <sup>fg</sup> ± 4,61	21,88 <sup>a</sup> ± 3,12	39,12 <sup>fg</sup> ± 4,45	33,34 <sup>bc</sup> ± 2,95	43,18 <sup>h</sup> ± 3,72	31,76 <sup>b</sup> ± 3,86	36,40 <sup>de</sup> ± 4,22	35,30 <sup>cde</sup> ± 6,55	33,18 <sup>bc</sup> ± 2,48	39,94 <sup>fg</sup> ± 1,91
	Refrigerado	41,27 <sup>gh</sup> ± 3,28	23,09 <sup>a</sup> ± 3,09	37,53 <sup>ef</sup> ± 3,57	31,56 <sup>b</sup> ± 2,71	42,67 <sup>h</sup> ± 4,70	34,62 <sup>cd</sup> ± 6,78	39,70 <sup>ef</sup> ± 3,37	36,31 <sup>de</sup> ± 3,63	36,68 <sup>de</sup> ± 3,04	41,51 <sup>gh</sup> ± 2,45
H°	Fresco	47,82 <sup>f</sup> ± 5,57	37,15 <sup>ab</sup> ± 4,49	48,34 <sup>f</sup> ± 5,17	36,81 <sup>ab</sup> ± 5,11	47,48 <sup>ef</sup> ± 4,22	71,12 <sup>g</sup> ± 14,57	42,47 <sup>cd</sup> ± 3,98	43,12 <sup>cd</sup> ± 4,84	43,08 <sup>cd</sup> ± 1,67	42,51 <sup>cd</sup> ± 2,19
	Refrigerado	47,04 <sup>ef</sup> ± 1,50	36,42 <sup>a</sup> ± 3,34	48,04 <sup>f</sup> ± 3,76	40,47 <sup>bc</sup> ± 3,93	48,56 <sup>f</sup> ± 6,28	67,76 <sup>g</sup> ± 12,01	44,97 <sup>def</sup> ± 3,64	42,14 <sup>a-d</sup> ± 2,44	44,05 <sup>cde</sup> ± 3,06	44,12 <sup>cde</sup> ± 4,07
<b>Polpa homogeneizada</b>											
L*	Fresco	33,87 <sup>bc</sup> ± 0,99	40,19 <sup>i</sup> ± 1,00	35,46 <sup>de</sup> ± 2,44	36,47 <sup>ef</sup> ± 0,76	34,28 <sup>bcd</sup> ± 2,61	49,92 <sup>l</sup> ± 2,61	35,14 <sup>cd</sup> ± 1,42	39,07 <sup>hi</sup> ± 0,90	37,76 <sup>fg</sup> ± 0,61	34,40 <sup>bcd</sup> ± 1,13
	Refrigerado	35,5 <sup>de</sup> ± 1,45	36,50 <sup>ef</sup> ± 0,88	43,69 <sup>j</sup> ± 1,31	37,19 <sup>fg</sup> ± 0,64	34,24 <sup>bcd</sup> ± 1,62	47,56 <sup>k</sup> ± 0,91	32,12 <sup>a</sup> ± 0,81	38,22 <sup>gh</sup> ± 2,32	36,71 <sup>ef</sup> ± 1,20	33,55 <sup>b</sup> ± 0,63
a*	Fresco	44,04 <sup>hi</sup> ± 2,19	38,42 <sup>e</sup> ± 1,28	36,97 <sup>de</sup> ± 1,86	40,59 <sup>f</sup> ± 1,80	42,31 <sup>g</sup> ± 1,31	23,76 <sup>a</sup> ± 3,26	45,37 <sup>ij</sup> ± 1,34	41,75 <sup>fg</sup> ± 1,28	41,77 <sup>fg</sup> ± 0,77	46,37 <sup>j</sup> ± 0,86
	Refrigerado	41,92 <sup>fg</sup> ± 0,85	40,58 <sup>f</sup> ± 1,69	36,23 <sup>cd</sup> ± 0,66	35,44 <sup>c</sup> ± 2,38	37,67 <sup>de</sup> ± 3,28	29,73 <sup>b</sup> ± 1,15	42,90 <sup>gh</sup> ± 0,59	41,63 <sup>fg</sup> ± 1,77	42,17 <sup>g</sup> ± 1,23	45,69 <sup>j</sup> ± 1,37
b*	Fresco	39,26 <sup>d</sup> ± 2,05	39,85 <sup>d</sup> ± 0,92	33,66 <sup>a</sup> ± 2,12	37,73 <sup>bc</sup> ± 0,59	40,16 <sup>de</sup> ± 1,29	51,13 <sup>j</sup> ± 1,26	39,06 <sup>cd</sup> ± 0,92	37,32 <sup>b</sup> ± 1,26	42,91 <sup>gh</sup> ± 1,18	41,44 <sup>ef</sup> ± 1,42
	Refrigerado	43,96 <sup>h</sup> ± 1,42	43,79 <sup>h</sup> ± 0,91	36,48 <sup>b</sup> ± 1,28	39,98 <sup>d</sup> ± 1,14	41,84 <sup>fg</sup> ± 2,07	56,21 <sup>k</sup> ± 2,55	41,85 <sup>fg</sup> ± 1,26	42,22 <sup>fg</sup> ± 2,68	46,27 <sup>i</sup> ± 2,50	46,39 <sup>i</sup> ± 1,49
C*	Fresco	59,01 <sup>de</sup> ± 2,77	55,36 <sup>c</sup> ± 1,25	50,01 <sup>a</sup> ± 2,55	55,43 <sup>c</sup> ± 1,53	58,33 <sup>d</sup> ± 1,81	56,47 <sup>c</sup> ± 1,29	59,87 <sup>de</sup> ± 1,53	56,01 <sup>c</sup> ± 1,61	59,88 <sup>de</sup> ± 1,34	62,20 <sup>fg</sup> ± 1,42
	Refrigerado	60,74 <sup>ef</sup> ± 1,52	59,71 <sup>de</sup> ± 1,72	51,42 <sup>a</sup> ± 1,31	53,44 <sup>b</sup> ± 2,35	56,32 <sup>c</sup> ± 3,63	63,59 <sup>gh</sup> ± 2,61	59,94 <sup>de</sup> ± 1,23	59,29 <sup>de</sup> ± 3,10	62,61 <sup>g</sup> ± 2,60	65,11 <sup>h</sup> ± 1,79
H°	Fresco	41,72 <sup>ab</sup> ± 1,12	46,06 <sup>gh</sup> ± 0,99	42,31 <sup>bc</sup> ± 1,39	42,93 <sup>cd</sup> ± 1,16	43,51 <sup>de</sup> ± 0,30	65,11 <sup>m</sup> ± 3,29	40,73 <sup>a</sup> ± 0,54	41,79 <sup>b</sup> ± 0,83	45,77 <sup>gh</sup> ± 0,41	41,78 <sup>b</sup> ± 0,80
	Refrigerado	46,35 <sup>hi</sup> ± 0,58	47,20 <sup>ij</sup> ± 0,83	45,20 <sup>fg</sup> ± 0,67	48,49 <sup>k</sup> ± 1,30	48,06 <sup>ik</sup> ± 1,36	62,11 <sup>l</sup> ± 0,89	44,28 <sup>ef</sup> ± 0,62	45,37 <sup>cd</sup> ± 0,80	47,63 <sup>ik</sup> ± 0,92	45,43 <sup>gh</sup> ± 0,83

\*Os valores representam médio ± desvio-padrão obtidos por meio de 20 determinações ao fruto inteiro e à polpa;

\*\* Para letras minúsculas iguais na mesma coluna do **Quadro 17** considerando-se o tipo de ensaio, que não houve diferença estatisticamente significativa entre as médias para p>0,05.

2 - Quadriculas das leituras de cor representadas no plano  $L^*a^*b^*$

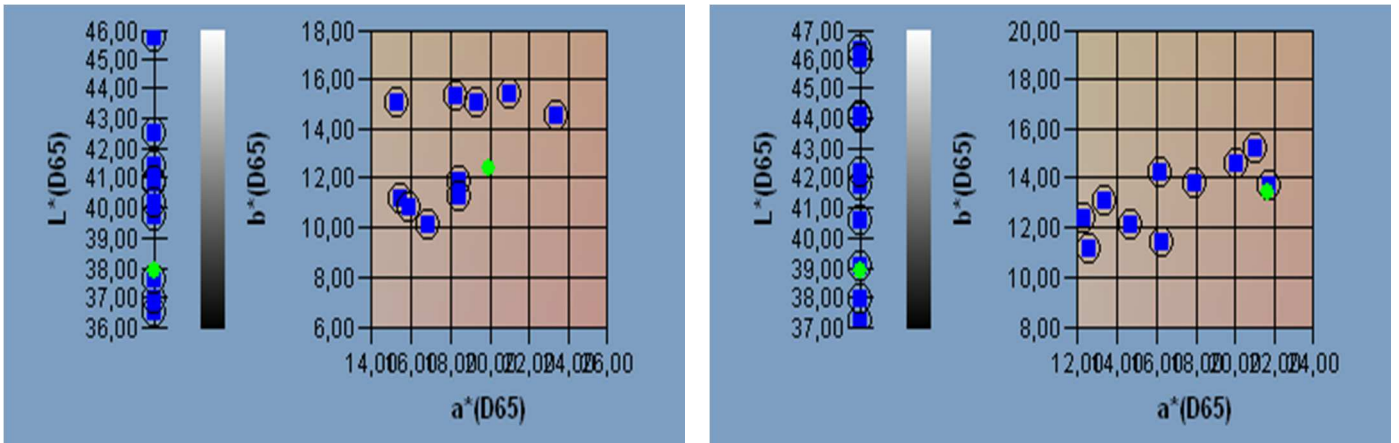


Figura 25 – Quadriculas do plano  $L^*a^*b^*$ : Acesso 50-11B - Fruto Inteiro Fresco – Subamostra A e B.

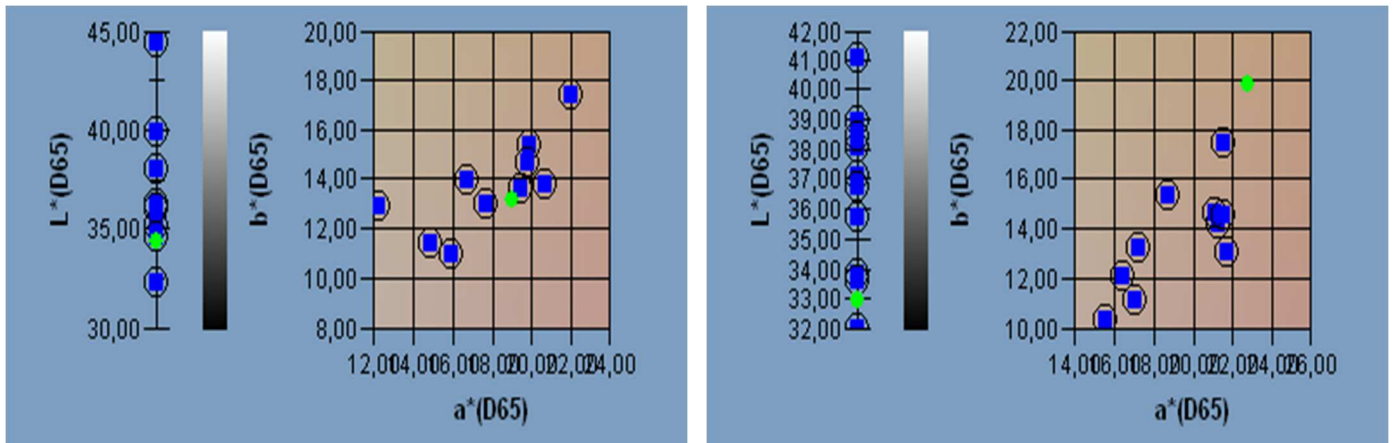


Figura 26 – Quadriculas do plano  $L^*a^*b^*$ : Acesso 50-11B - Fruto Inteiro Refrigerado – Subamostra A e B.

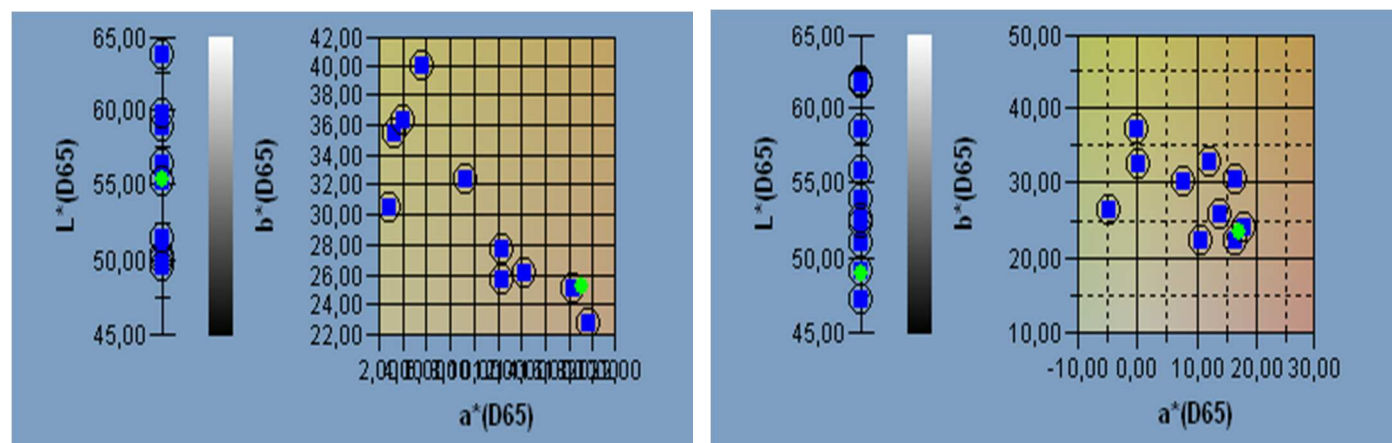


Figura 27 – Quadriculas do plano  $L^*a^*b^*$ : Acesso 90-11B - Fruto Inteiro Fresco – Subamostra A e B.

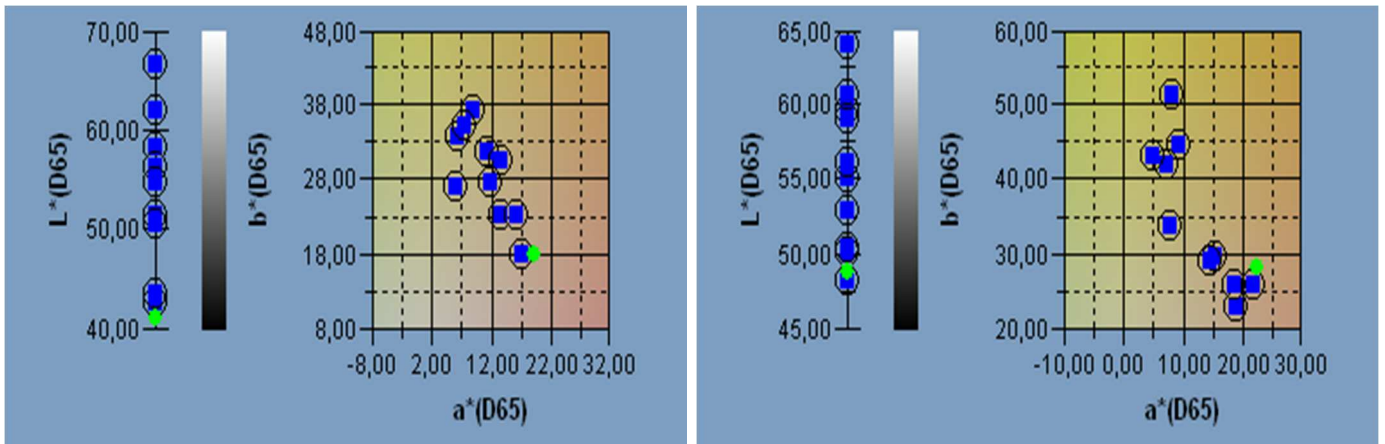


Figura 28 – Quadriculas do plano  $L^*a^*b^*$ : Acesso 90-11B – Fruto Inteiro Refrigerado Subamostra A e B.

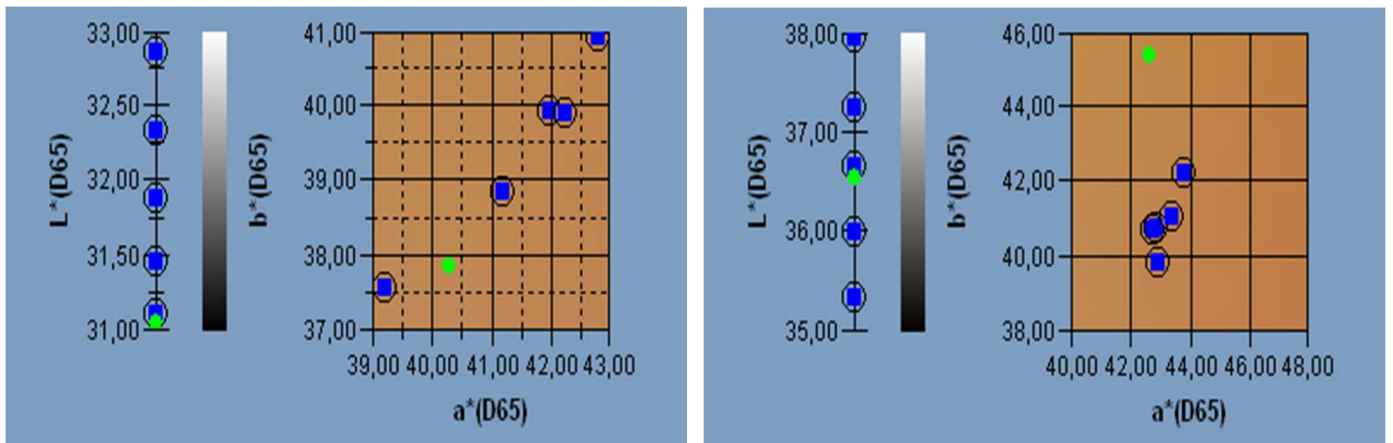


Figura 29 – Quadriculas do plano  $L^*a^*b^*$ : Acesso 63-11B – Polpa Homogeneizada Fresca – Subamostra A e B.

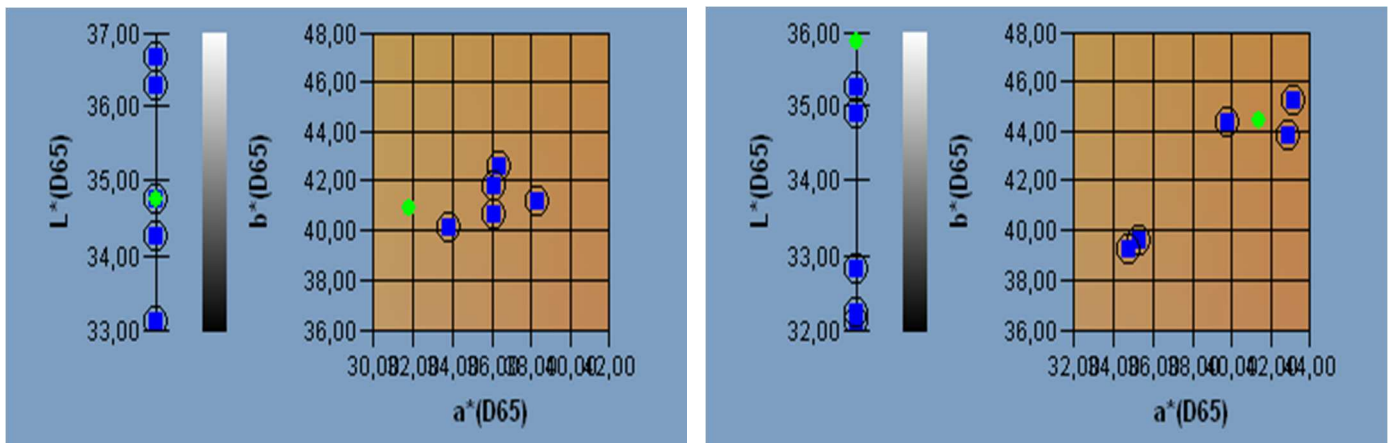


Figura 30 – Quadriculas do plano  $L^*a^*b^*$ : Acesso 63-11B - Polpa Homogeneizada Refrigerada – Subamostra A e B.

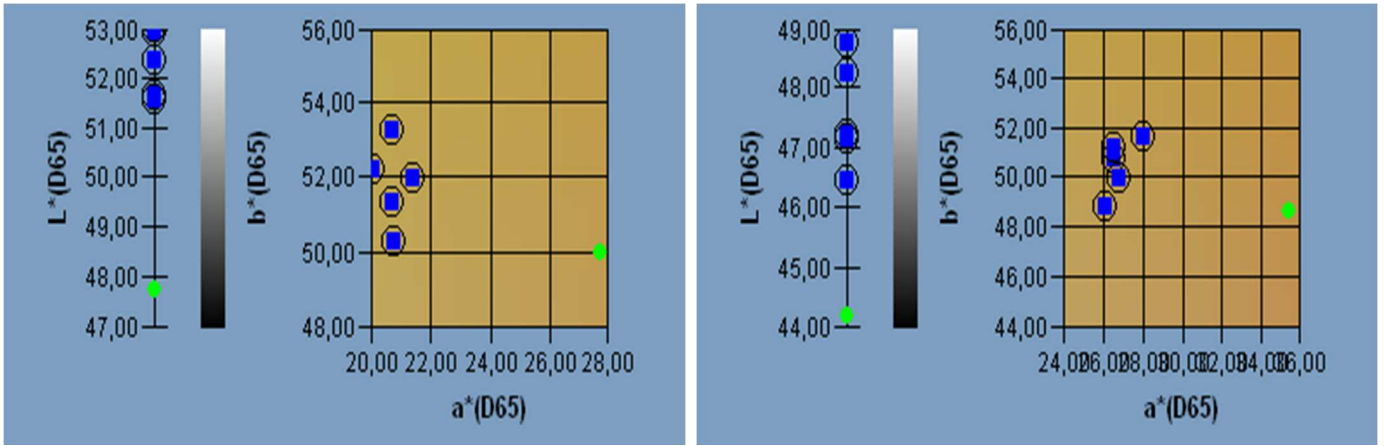


Figura 31 – Quadriculas do plano  $L^*a^*b^*$ : Acesso 90-11B - Polpa Homogeneizada Fresca – Subamostra A e B.

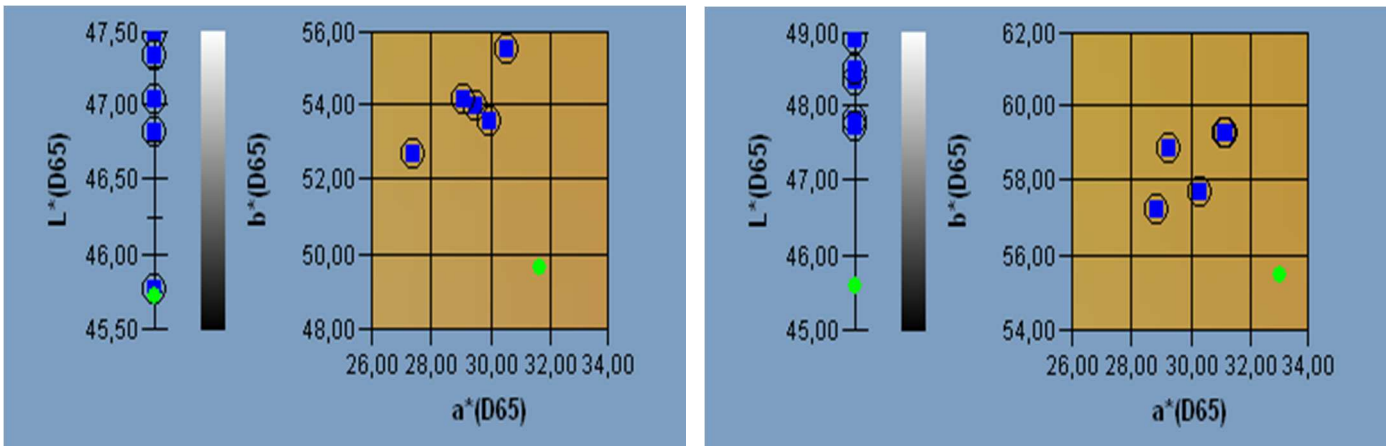


Figura 32 – Quadriculas do plano  $L^*a^*b^*$ : Acesso 90-11B - Polpa Homogeneizada Refrigerada – Subamostra A e B.

### 3 - Análise de variância

**Quadro 18** - Teste significância de multivariada de *Wilks* (ANOVA/MANOVA) – Cor - Frutos inteiro fresco vs. Fruto inteiro refrigerado.

	Test	Value	F	Effect	Error	p
Intercept	Wilks	0,002602	28825,40	5	376,000	0,000000
Acesso	Wilks	0,029003	45,18	45	1685,042	0,000000
Ensaio	Wilks	0,736071	26,96	5	376,000	0,000000
Acesso*Ensaio	Wilks	0,822027	1,68	45	1685,042	0,003496

**Quadro 19** - Teste significância multivariada de *Wilks* (ANOVA/MANOVA) – Cor - Polpa homogeneizada fresca vs. Polpa homogeneizada refrigerada.

	Test	Value	F	Effect	Error	p
Intercept	Wilks	0,000019	1831953	5	176,0000	0,00
Acesso	Wilks	0,000945	66	45	790,3936	0,00
Ensaio	Wilks	0,181246	159	5	176,0000	0,00
Acesso*Ensaio	Wilks	0,058318	16	45	790,3936	0,00

### 4 – Protocolo geral do método colorimétrico.

#### Leituras

Determinação da cor de produtos alimentares utilizando o sistema CIE  $L^* a^* b^*$ , e conversão destas coordenadas para CIE  $L^* C^* H^\circ$ . Medição prévia da cor do padrão, e 5 a 10 leituras da cor para cada amostra. O colorímetro está conectado a um computador de forma a ser possível utilizar o *software Spectramagic Nx*, que permitirá a obtenção dos valores das coordenadas de cor e também a reprodução da própria cor.

#### Modo operatório

É necessário seguir os passos seguintes:

1. Ligar o computador e o colorímetro e conectá-los.
2. Abrir o *software Spectramagic Nx*.
3. No programa fazer a *connecting* com o respetivo ícone.
4. No File abrir *New document* e escolher a modalidade *simple*.
5. Calibrar o equipamento com um azulejo de calibração branco, carregando no respetivo ícone *Calibration*.
6. No ícone Data escolher *Observer and iluminant* e mudar para 2°.
7. No ícone *Tools* colocar em *edit mode* selecionar *pseudocolour* colocar em baixo um retângulo e tirar o modo de edição.
8. Medir a cor do padrão no ícone *Target*.
9. Medir a cor das amostras no ícone *Sample*.

# Anexo III

## **Sólidos Solúveis Totais (°Brix)**

## 1- Resultados gerais

**Quadro 20** - Resultados dos SST relativos as duas subamostras frescas e as duas subamostras refrigeradas.

Acessos	Fresco						Refrigerado					
	A1	A2	A3	B1	B2	B3	A1	A2	A3	B1	B2	B3
44-11B	4,60	4,60	4,70	4,60	4,60	4,60	4,2	4,2	4	4,4	4	4,2
50-11B	4,5	4,5	4,7	4,4	4,5	4,5	5	5	5	4,6	4,6	4,6
55-11B	5,2	5,1	5,1	5,1	5,0	5,0	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6
59-11B	5,1	5,2	5,2	4,9	4,9	4,9	4,3	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2
63-11B	4,0	4,1	4,1	4,0	4,0	4,0	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6
90-11B	4,5	4,5	4,5	4,4	4,4	4,3	4,6	4,6	4,6	5,2	5,1	5,2
172-11C	4	4,1	4,3	4,1	4,3	4,4	4,2	4,2	4,2	4,4	4,4	4,4
187-11C	5,2	5,1	5,0	5,3	5,3	5,3	4,9	4,9	4,9	4,6	4,6	4,6
74-11D	3,9	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	3,8	3,8	3,9	4,1	4,1	4,2
173-11D	4,9	4,8	4,9	5,0	4,7	4,9	4,3	4,4	4,4	4,3	4,4	4,3

**Quadro 21** - Valores médios e respetivo desvio-padrão de teor de sólidos solúveis totais (<sup>0</sup>Brix).

Acessos	Fresco*	Refrigerado*
44-11B $\mu \pm \sigma_{n-1}$	4,62 <sup>e-h</sup> $\pm 0,04$	4,17 <sup>abc</sup> $\pm 0,15$
50-11B $\mu \pm \sigma_{n-1}$	4,52 <sup>def</sup> $\pm 0,10$	4,80 <sup>ghi</sup> $\pm 0,22$
55-11B $\mu \pm \sigma_{n-1}$	5,08 <sup>jk</sup> $\pm 0,08$	4,60 <sup>efg</sup> $\pm 0,00$
59-11B $\mu \pm \sigma_{n-1}$	5,03 <sup>ijk</sup> $\pm 0,15$	4,22 <sup>abc</sup> $\pm 0,04$
63-11B $\mu \pm \sigma_{n-1}$	4,03 <sup>ab</sup> $\pm 0,05$	4,60 <sup>efg</sup> $\pm 0,00$
90-11B $\mu \pm \sigma_{n-1}$	4,43 <sup>cde</sup> $\pm 0,08$	4,88 <sup>hij</sup> $\pm 0,31$
172-11C $\mu \pm \sigma_{n-1}$	4,20 <sup>abc</sup> $\pm 0,15$	4,30 <sup>bcd</sup> $\pm 0,11$
187-11C $\mu \pm \sigma_{n-1}$	5,20 <sup>k</sup> $\pm 0,13$	4,75 <sup>fgh</sup> $\pm 0,16$
74-11D $\mu \pm \sigma_{n-1}$	3,98 <sup>a</sup> $\pm 0,04$	3,98 <sup>a</sup> $\pm 0,17$
173-11D $\mu \pm \sigma_{n-1}$	4,87 <sup>g-j</sup> $\pm 0,10$	4,35 <sup>cde</sup> $\pm 0,05$

\*Os valores representam médio  $\pm$  desvio-padrão obtidos por meio de 6 determinações de sólidos solúveis totais.

\*\* Para letras minúsculas iguais na mesma linha, considerando-se o tipo de ensaio, que não houve diferença estatisticamente significativa entre as médias para  $p > 0,05$ .

## 2- Análise de variância

**Quadro 22** - Teste significância multivariada de *Wilks* (ANOVA/MANOVA) - SST – Polpa homogeneizada fresca vs. Polpa homogeneizada refrigerados.

	SS	Degr. of	MS	F	p	SS
Intercept	2463,414	1	2463,414	143639,3	0,000000	2463,414
Amostra	9,422	9	1,047	61,0	0,000000	9,422
Ensaio	0,520	1	0,520	30,3	0,000000	0,520
Amostra*Ensaio	6,039	9	0,671	39,1	0,000000	6,039
Error	1,715	100	0,017			1,715

# Anexo IV

## **Teor de Licopeno**

## 1- Resultados gerais.

**Quadro 23** – Resultados dos T. licopeno relativos as duas subamostras frescas e as duas subamostras refrigeradas.

Acessos	Fresco						Refrigerado					
	A1	A2	A3	B1	B2	B3	A1	A2	A3	B1	B2	B3
<b>44-11B</b>	134,41	155,74	138,77	212,06	106,49	131,19	98,03	90,79	82,56	78,22	75,25	63,36
<b>50-11B</b>	87,48	81,67	81,54	76,58	66,97	70,50	81,91	90,41	72,15	79,83	72,53	91,34
<b>55-11B</b>	62,27	45,77	34,66	97,54	85,97	86,39	80,45	47,46	57,35	52,29	48,14	51,92
<b>59-11B</b>	49,98	68,19	77,17	71,36	59,54	75,41	42,12	48,83	49,80	74,21	57,05	80,79
<b>63-11B</b>	137,84	92,08	70,91	108,13	59,45	146,89	64,02	59,53	67,03	101,79	104,19	82,62
<b>90-11B</b>	23,94	25,80	27,48	41,90	35,52	35,49	31,33	35,95	34,80	33,08	36,70	44,55
<b>172-11C</b>	190,88	134,39	141,16	108,45	84,00	83,17	89,71	94,20	89,70	85,75	89,22	91,07
<b>187-11C</b>	110,98	106,55	121,40	104,89	113,25	109,38	67,98	68,28	52,14	60,72	50,46	49,94
<b>74-11D</b>	78,05	51,97	64,07	61,17	77,41	56,44	100,26	83,25	92,66	72,72	90,03	73,86
<b>173-11D</b>	148,25	101,48	118,81	113,54	82,97	81,97	141,18	143,70	137,99	149,27	130,22	121,61

**Quadro 24** - Valores médios e respetivo desvio-padrão de teor de licopeno (mg/kg).

Acessos	Fresco*	Refrigerado*
<b>44-11B</b> $\mu \pm \sigma_{n-1}$	146,44 <sup>h</sup> ± 35,85	81,37 <sup>b-e</sup> ± 12,16
<b>50-11B</b> $\mu \pm \sigma_{n-1}$	77,46 <sup>b-e</sup> ± 7,66	81,36 <sup>b-e</sup> ± 8,33
<b>55-11B</b> $\mu \pm \sigma_{n-1}$	68,77 <sup>a-d</sup> ± 25,18	56,27 <sup>ab</sup> ± 12,36
<b>59-11B</b> $\mu \pm \sigma_{n-1}$	66,94 <sup>abc</sup> ± 10,39	58,80 <sup>ab</sup> ± 15,38
<b>63-11B</b> $\mu \pm \sigma_{n-1}$	102,55 <sup>c-g</sup> ± 35,24	79,86 <sup>b-e</sup> ± 19,54
<b>90-11B</b> $\mu \pm \sigma_{n-1}$	31,69 <sup>a</sup> ± 7,01	36,07 <sup>a</sup> ± 4,59
<b>172-11C</b> $\mu \pm \sigma_{n-1}$	123,68 <sup>fg</sup> ± 40,95	89,94 <sup>b-f</sup> ± 2,74
<b>187-11C</b> $\mu \pm \sigma_{n-1}$	111,07 <sup>e-h</sup> ± 5,88	58,25 <sup>ab</sup> ± 8,58
<b>74-11D</b> $\mu \pm \sigma_{n-1}$	64,85 <sup>abc</sup> ± 10,80	85,46 <sup>b-f</sup> ± 10,90
<b>173-11D</b> $\mu \pm \sigma_{n-1}$	107,84 <sup>d-h</sup> ± 24,96	137,33 <sup>gh</sup> ± 9,96

\*Os valores representam médio ± desvio-padrão obtidos por meio de 6 determinações de teor de licopeno.

\*\* Para letras iguais na mesma linha, considerando-se o tipo de ensaio, que não houve diferença estatisticamente significativa entre as médias para  $p > 0,05$ .

## 2- Análise de variância.

**Quadro 25** - Teste multivariada de significância *Wilks* (ANOVA/MANOVA) - T. licopeno - Curva fresco vs. Formula fresco.

	SS	Degr. of	MS	F	p
Intercept	877670,3	1	877670,3	1598,054	0,000000
Amostra	113319,4	9	12591,0	22,926	0,000000
Ensaio	2546,9	1	2546,9	4,637	0,033688
Amostra*Ensaio	295,5	9	32,8	0,060	0,999952
Error	54921,2	100	549,2		

**Quadro 26** - Teste multivariada de significância *Wilks* (ANOVA/MANOVA) - T. licopeno - Curva fresco vs. Formula Refrigerado.

	SS	Degr. of	MS	F	p
Intercept	640596,4	1	640596,4	5171,251	0,000000
Amostra	74549,8	9	8283,3	66,868	0,000000
Ensaio	1870,5	1	1870,5	15,100	0,000183
Amostra*Ensaio	170,8	9	19,0	0,153	0,997721
Error	12387,6	100	123,9		

**Quadro 27** - Teste multivariada de significância *Wilks* (ANOVA/MANOVA) - T. de licopeno - Polpa homogeneizada fresca vs. Polpa homogeneizada refrigerados.

	SS	Degr. of	MS	F	p
Intercept	832666,5	1	832666,5	2333,630	0,000000
Amostra	77640,8	9	8626,8	24,177	0,000000
Ensaio	5595,3	1	5595,3	15,681	0,000141
Amostra*Ensaio	25091,0	9	2787,9	7,813	0,000000
Error	35681,2	100	356,8		

# Anexo V

## **Potencial Hidrogeniónico (pH)**

## 1- Resultados gerais

**Quadro 28** - Resultados do pH relativos as duas subamostras frescas e as duas subamostras refrigeradas.

Acessos	Fresco						Refrigerado					
	A1	A2	A3	B1	B2	B3	A1	A2	A3	B1	B2	B3
44-11B	4,36	4,36	4,36	4,5	4,46	4,43	4,38	4,39	4,38	4,23	4,26	4,28
50-11B	4,43	4,43	4,47	4,43	4,44	4,43	4,65	4,62	4,63	4,49	4,5	4,5
55-11B	4,3	4,2	4,3	4,2	4,2	4,1	4,32	4,31	4,31	4,31	4,3	4,31
59-11B	4,27	4,32	4,28	4,23	4,21	4,21	4,1	4,11	4,13	4,13	4,13	4,12
63-11B	4,46	4,46	4,57	4,56	4,55	4,56	4,44	4,44	4,42	4,48	4,49	4,54
90-11B	4,18	4,17	4,18	4,28	4,24	4,23	4,28	4,32	4,31	4,22	4,22	4,21
172-11C	4,4	4,43	4,42	4,42	4,5	4,5	4,33	4,32	4,35	4,49	4,49	4,49
187-11C	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,33	4,34	4,34	4,24	4,27	4,24
74-11D	4,51	4,50	4,49	4,45	4,61	4,45	4,52	4,52	4,51	4,58	4,58	4,58
173-11D	4,51	4,54	4,57	4,51	4,54	4,54	4,58	4,58	4,58	4,3	4,3	4,29

**Quadro 29** - Valores médios e respetivo desvio- padrão do potencial Hidrogeniónico (pH).

Acessos	Fresco *	Refrigerado*
44-11B $\mu \pm \sigma_{n-1}$	4,41 <sup>cde</sup> $\pm 0,06$	4,32 <sup>bcd</sup> $\pm 0,07$
50-11B $\mu \pm \sigma_{n-1}$	4,44 <sup>def</sup> $\pm 0,02$	4,57 <sup>g</sup> $\pm 0,08$
55-11B $\mu \pm \sigma_{n-1}$	4,22 <sup>ab</sup> $\pm 0,08$	4,31 <sup>bc</sup> $\pm 0,01$
59-11B $\mu \pm \sigma_{n-1}$	4,25 <sup>b</sup> $\pm 0,04$	4,12 <sup>a</sup> $\pm 0,01$
63-11B $\mu \pm \sigma_{n-1}$	4,53 <sup>efg</sup> $\pm 0,05$	4,47 <sup>efg</sup> $\pm 0,04$
90-11B $\mu \pm \sigma_{n-1}$	4,21 <sup>ab</sup> $\pm 0,04$	4,26 <sup>b</sup> $\pm 0,05$
172-11C $\mu \pm \sigma_{n-1}$	4,45 <sup>d-g</sup> $\pm 0,04$	4,41 <sup>cde</sup> $\pm 0,09$
187-11C $\mu \pm \sigma_{n-1}$	4,20 <sup>ab</sup> $\pm 0,00$	4,29 <sup>bc</sup> $\pm 0,05$
74-11D $\mu \pm \sigma_{n-1}$	4,50 <sup>efg</sup> $\pm 0,06$	4,55 <sup>fg</sup> $\pm 0,03$
173-11D $\mu \pm \sigma_{n-1}$	4,54 <sup>efg</sup> $\pm 0,02$	4,44 <sup>def</sup> $\pm 0,16$

\*Os valores representam médio  $\pm$  desvio-padrão obtidos por meio de 6 determinações de pH.

\*\* Para letras minúsculas iguais na mesma linha, considerando-se o tipo de ensaio, que não houve diferença estatisticamente significativa entre as médias para  $p > 0,05$ .

## 2- - Análise de variância.

**Quadro 30** - Teste multivariada de significância *Wilks* (ANOVA/MANOVA) - pH – polpa homogeneizada fresca vs. Polpa homogeneizada.

	SS	Degr. of	MS	F	p
Intercept	2295,650	1	2295,650	632584,8	0,000000
Amostra	1,830	9	0,203	56,0	0,000000
Ensaio	0,000	1	0,000	0,0	0,951787
Amostra*Ensaio	0,234	9	0,026	7,2	0,000000
Error	0,363	100	0,004		

# Anexo VI

## **Análise de Componentes Principais (ACP)**

## 1 - Acessos frescos.

**Quadro 31** - Matriz de correlações de valores próprios para os parâmetros físicos-químicos – Acessos Frescos.

<b>Componentes</b>	<b>Valor próprio</b>	<b>% Variação Total</b>	<b>Valor Próprio Acumulado</b>	<b>% Variação Acumulação Total</b>
1	3,804640	63,41066	3,804640	63,4107
2	1,568944	26,14906	5,373583	89,5597
3	0,361815	6,03024	5,735398	95,5900
4	0,170459	2,84098	5,905856	98,4309
5	0,075586	1,25976	5,981442	99,6907
6	0,018558	0,30930	6,000000	100,0000

**Quadro 32** - Correlações das variáveis com os fatores principais – Acessos Fresco.

<b>Variáveis</b>	<b>Componentes</b>	
	<b>Fator 1</b>	<b>Fator 2</b>
H° polpa	-0,923960	-0,297770
L* polpa	-0,946077	-0,116393
a* polpa	0,979697	0,029901
Teor de licopeno	0,841373	0,090909
°Brix	-0,041312	0,964807
pH	0,621656	-0,725754

## 2 - Acessos Refrigerados.

**Quadro 33** - Matriz de correlações de valores próprios para os parâmetros físicos-químicos – Acessos Refrigerados.

<b>Componentes</b>	<b>Valor próprio</b>	<b>% Variação Total</b>	<b>Valor Próprio Acumulado</b>	<b>% Variação Acumulação Total</b>
1	4,557191	65,10273	4,557191	65,1027
2	1,039422	14,84888	5,596613	79,9516
3	0,764289	10,91841	6,360902	90,8700
4	0,333455	4,76364	6,694356	95,6337
5	0,210802	3,01146	6,905159	98,6451
6	0,093597	1,33710	6,998755	99,9822
7	0,001245	0,01778	7,000000	100,0000

**Quadro 34** - Correlações das variáveis com os fatores principais – Acessos Refrigerados.

<b>Variáveis</b>	<b>Componentes</b>	
	<b>Fator 1</b>	<b>Fator 2</b>
H° polpa	-0,877447	-0,285982
L* polpa	-0,897761	0,000597
a* polpa	0,949682	-0,090222
Teor de licopeno	0,841237	-0,287572
°Brix	-0,578872	-0,413027
pH	0,520110	-0,785387

# Anexo VII

**Estimativa indireta dos níveis de licopeno via  
análise colorimétrica**

1 - Valores dos parâmetros colorimétricos da polpa homogeneizada fresca e refrigerada.

**Quadro 35** - Valores dos parâmetros colorimétricos L\*, a\*, b\*, a\*/b\*, (a\*/b\*)<sup>2</sup> da polpa homogeneizada fresca e refrigerada.

Método de amostragem		Acessos										
		44-11B $\mu \pm \sigma_{n-1}$	50-11B $\mu \pm \sigma_{n-1}$	55-11B $\mu \pm \sigma_{n-1}$	59-11B $\mu \pm \sigma_{n-1}$	63-11B $\mu \pm \sigma_{n-1}$	90-11B $\mu \pm \sigma_{n-1}$	172-11C $\mu \pm \sigma_{n-1}$	187-11C $\mu \pm \sigma_{n-1}$	74-11D $\mu \pm \sigma_{n-1}$	173-11D $\mu \pm \sigma_{n-1}$	
Fresco	Polpa Homogeneizada	L*	33,87±0,99	40,19±1,00	35,46±2,44	36,47±0,76	34,28±2,61	49,92±2,61	35,14±1,42	39,07±0,90	37,76±0,61	34,40±1,13
		a*	44,04±2,19	38,42±1,28	36,97±1,86	40,59±1,80	42,31±1,31	23,76±3,26	45,37±1,34	41,75±1,28	41,77±0,77	46,37±0,86
		b*	39,26±2,05	39,85±0,92	33,66±2,12	37,73±0,59	40,16±1,29	51,13±1,26	39,06±0,92	37,32±1,26	42,91±1,18	41,44±1,42
		a*/b*	1,12±0,04	0,96±0,03	1,10±0,05	1,08±0,04	1,05±0,01	0,47±0,07	1,16±0,02	1,12±0,03	0,97±0,01	1,12±0,03
		(a*/b*) <sup>2</sup>	1,26±0,10	0,93±0,06	1,21±0,11	1,16±0,09	1,11±0,02	0,95±0,03	0,22±0,07	1,35±0,05	1,25±0,07	1,25±0,07
Refrigerado	Polpa Homogeneizada	L*	35,5±1,45	36,50±0,88	43,69±1,31	37,19±0,64	34,24±1,62	47,56±0,91	32,12±0,81	38,22±2,32	36,71±1,20	33,55±0,63
		a*	41,92±0,85	40,58±1,69	36,23±0,66	35,44±2,38	37,67±3,28	29,73±1,15	42,90±0,59	41,63±1,77	42,17±1,23	45,69±1,37
		b*	43,96±1,42	43,79±0,91	36,48±1,28	39,98±1,14	41,84±2,07	56,21±2,55	41,85±1,26	42,22±2,68	46,27±2,50	46,39±1,49
		a*/b*	0,95±0,02	0,93±0,03	0,99±0,02	0,89±0,04	0,90±0,04	0,53±0,02	1,03±0,02	0,99±0,03	0,91±0,03	0,99±0,03
		(a*/b*) <sup>2</sup>	0,91±0,04	0,86±0,05	0,99±0,05	0,79±0,07	0,81±0,08	0,83±0,05	0,28±0,02	1,05±0,05	0,97±0,06	0,98±0,05