

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS  
CÂMPUS DE BOTUCATU

**PÓS-COLHEITA E PROCESSAMENTO DE AMORA-PRETA  
‘TUPY’**

**ANGELA VACARO DE SOUZA**

Tese apresentada à Faculdade de  
Ciências Agronômicas da Unesp -  
Câmpus de Botucatu, para  
obtenção do título de Doutor em  
Agronomia (Horticultura)

**BOTUCATU – SP**

Novembro – 2013

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS  
CÂMPUS DE BOTUCATU

**PÓS-COLHEITA E PROCESSAMENTO DE AMORA-PRETA  
‘TUPY’**

**ANGELA VACARO DE SOUZA**

Orientador: Prof. Dr. Rogério Lopes Vieites

Tese apresentada à Faculdade de  
Ciências Agronômicas da Unesp -  
Câmpus de Botucatu, para  
obtenção do título de Doutor em  
Agronomia (Horticultura)

**BOTUCATU – SP**

Novembro - 2013

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

S729p Souza, Angela Vacaro de, 1984-  
Pós-colheita e processamento de amora-preta 'Tupy' /  
Angela Vacaro de Souza. - Botucatu : [s.n.], 2013  
x, 86 f. : ils. color., grafs., tabs., fots. color.

Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2013

Orientador: Rogério Lopes Vieites

Inclui bibliografia

1. Amora - Pós-colheita. 2. Produtos agrícolas - Processamento. 3. Agentes oxidantes. 4. Compostos bioativos. I. Vieites, Rogério Lopes. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônômicas. III. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS  
CAMPUS DE BOTUCATU  
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: PÓS-COLHEITA E PROCESSAMENTO DE AMORA-PRETA ‘TUPY’

ALUNA: ANGELA VACARO DE SOUZA

ORIENTADOR: PROF. DR. ROGÉRIO LOPES VIEITES

Aprovado pela Comissão Examinadora

  
\_\_\_\_\_  
PROF. DR. ROGÉRIO LOPES VIEITES

  
\_\_\_\_\_  
PROFA. DRA. GIUSEPPINA PACE PEREIRA LIMA

  
\_\_\_\_\_  
PROFA. DRA. MARTA HELENA FILLET SPOTO

  
\_\_\_\_\_  
PROFA. DRA. ELIANE MARIA RAVASI S. SIMIONATO

  
\_\_\_\_\_  
PROF. DR. ANDRE JOSE DE CAMPOS

Data da Realização: 22 de novembro de 2013.

*À minha querida família*

*Trineu Carlos de Souza  
Maria Kelena Vacaro de Souza  
Cristiane Vacaro de Souza  
Renner de Assis Lima  
Juliana Vacaro de Souza Martins,  
José Fábio Mariano Martins e  
Miguel Vacaro Martins.*

*Pelo apoio incondicional, pela força e por todo amor.*

*Dedico...*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por tudo o que tem me proporcionado durante a jornada.

À Faculdade de Ciências Agronômicas – UNESP, Câmpus de Botucatu, por ter propiciado condições para a realização deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Rogério Lopes Vieites pela oportunidade, amizade, paciência e pelos ensinamentos transmitidos durante toda a vida acadêmica além de gentilmente ter cedido o laboratório para realização das análises.

À Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Giuseppina Pace Pereira Lima pelos ensinamentos bioquímicos, pela dedicação e pela amizade.

Aos meus amigos e professores do curso pelos ensinamentos aprendidos durante as aulas.

Às estagiárias Andreia de Oliveira Amaral e Mirela Veronese pela amizade e grande auxílio em parte das análises.

Aos colegas de Laboratório pelas divertidíssimas tardes e longas conversas e em especial à Érika Fujita pelo apoio e auxílio em todas as etapas de elaboração desta e Edson e Márcia pelo auxílio nas análises laboratoriais, pelos ensinamentos e pela amizade.

## SUMÁRIO

	<b>Página</b>
<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	<b>VII</b>
<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>X</b>
<b>1. RESUMO .....</b>	<b>1</b>
<b>2. SUMMARY.....</b>	<b>2</b>
<b>3. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>3</b>
<b>4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>6</b>
4.1 Caracterização da amora-preta.....	6
4.2 Aspectos Nutricionais e Compostos Bioativos.....	9
4.3 Colheita, Pós-Colheita e Armazenamento.....	12
4.4 Processamento.....	15
<b>5. MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>17</b>
5.1 Os frutos de amora-preta.....	17
5.2 Os tratamentos.....	17
5.3. As geleias.....	18
5.4 PARTE 1: Caracterização de frutos e geleia de amora-preta em 3 estádios de maturação .....	21
5.4.1 Umidade (Teor de Água).....	21
5.4.2 Proteína Bruta.....	21
5.4.3 Açúcares (Totais, Redutores e Sacarose).....	21
5.4.4. Lipídeos.....	21
5.4.5 Fibra Alimentar.....	22
5.4.6 Pectina Total, Solúvel e Porcentagem de Solubilização.....	22
5.4.7 Minerais (N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn)...	22
5.5 PARTE 2: Caracterização física, química e físico-química dos frutos de amora-preta colhidas em 3 diferentes estádios de maturação e ao longo do período de armazenamento e as geleias elaboradas a partir dos mesmos.....	23
5.5.1 pH (Potencial Hidrogeniônico).....	23
5.5.2 Acidez Titulável (AT).....	23
5.5.3 Sólidos Solúveis (SS).....	23
5.5.4 Relação SS/AT (‘Ratio’). .....	24

5.5.5 Coloração.....	24
5.5.6 Firmeza .....	24
5.5.7 Açúcares (Totais e Redutores).....	24
5.5.8 Perda de Massa Fresca.....	25
5.5.9 Taxa Respiratória.....	25
5.5.10 Análise Sensorial.....	25
5.6 PARTE 3: Caracterização bioquímica de frutos e geleia de amora-preta em 3 estádios de maturação ao longo do período de armazenamento.....	26
5.6.1 Polifenóis.....	26
5.6.2 Carotenóides e Antocianinas.....	27
5.6.3 Vitamina C.....	27
5.6.4 Atividade Sequestrante de Radical DPPH.....	28
5.6.5 Atividade Antioxidante Total pelo Método de Redução do ferro – FRAP.....	28
5.6.6 Atividade da Pectinametilesterase - PME e da Poligalacturonase – PG.....	28
5.7 Delineamento experimental e Análise estatística.....	29
<b>6. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>30</b>
6.1 PARTE 1: Caracterização de frutos e geleia de amora-preta em 3 estádios de maturação .....	30
6.2 PARTE 2: Caracterização física, química e físico-química dos frutos de amora-preta colhidas em 3 diferentes estádios de maturação e ao longo do período de armazenamento e as geleias elaboradas a partir dos mesmos.....	39
6.3 PARTE 3: Caracterização bioquímica de frutos e geleia de amora-preta em 3 estádios de maturação ao longo do período de armazenamento.....	55
<b>7. CONCLUSÃO.....</b>	<b>69</b>
<b>8. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>70</b>
<b>9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>72</b>

## LISTA DE TABELAS

	<b>Página</b>
<b>Tabela 1</b> Umidade ( $\text{g } 100\text{g}^{-1}$ ), Proteínas ( $\text{g } 100\text{g}^{-1}$ ), Açúcar Redutor ( $\text{g } 100\text{g}^{-1}$ ), Lipídeos ( $\text{g } 100\text{g}^{-1}$ ) e Fibra Alimentar ( $\text{g } 100\text{g}^{-1}$ ), Pectina Solúvel e Total ( $\text{mg de } \acute{\text{a}}\text{c. galactur\^o}\text{nico } 100\text{g}^{-1}$ ) de frutos de amora-preta colhidos em 3 diferentes estádios de maturação. Botucatu-SP, 2013.....	31
<b>Tabela 2</b> Tabela 2: Pectina Solúvel, Total ( $\text{mg de } \acute{\text{a}}\text{c. galactur\^o}\text{nico } 100\text{g}^{-1}$ ) e Porcentagem de Solubilização em frutos de amora-preta colhidos em 3 diferentes estádios de maturação. Botucatu-SP, 2013.....	32
<b>Tabela 3</b> Umidade ( $\text{g } 100\text{g}^{-1}$ ), Proteínas ( $\text{g } 100\text{g}^{-1}$ ), Açúcar Redutor ( $\text{g } 100\text{g}^{-1}$ ), Açúcar Total ( $\text{g } 100\text{g}^{-1}$ ), Sacarose ( $\text{g } 100\text{g}^{-1}$ ), Lipídeos ( $\text{g } 100\text{g}^{-1}$ ) e Fibra Alimentar ( $\text{g } 100\text{g}^{-1}$ ) de geleias elaboradas a partir de frutos de amora-preta colhidos em 3 diferentes estádios de maturação. Botucatu-SP, 2013.....	33
<b>Tabela 4</b> Matriz de correlação entre Umidade ( $\text{g } 100\text{g}^{-1}$ ), Proteínas ( $\text{g } 100\text{g}^{-1}$ ), Açúcar Redutor - AR ( $\text{g } 100\text{g}^{-1}$ ), Lipídeos ( $\text{g } 100\text{g}^{-1}$ ) e Fibra Alimentar ( $\text{g } 100\text{g}^{-1}$ ) de frutos de amora-preta e geleia elaborada com os frutos colhidos em 3 diferentes estádios de maturação , Açúcar Total - AT ( $\text{g } 100\text{g}^{-1}$ ) e Sacarose ( $\text{g } 100\text{g}^{-1}$ ) em geleia. Botucatu-SP, 2013.....	35
<b>Tabela 5</b> Cálcio ( $\text{g kg}^{-1}$ ), Fósforo ( $\text{g kg}^{-1}$ ), Potássio ( $\text{g kg}^{-1}$ ), Enxofre ( $\text{g kg}^{-1}$ ), Magnésio ( $\text{g kg}^{-1}$ ), Nitrogênio ( $\text{g kg}^{-1}$ ), Boro ( $\text{mg kg}^{-1}$ ), Cobre ( $\text{mg kg}^{-1}$ ), Ferro ( $\text{mg kg}^{-1}$ ), Manganês ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) e Zinco ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) de frutos de amora-preta colhidos em 3 diferentes estádios de maturação. Botucatu-SP, 2013.....	38
<b>Tabela 6</b> Cálcio ( $\text{g kg}^{-1}$ ), Fósforo ( $\text{g kg}^{-1}$ ), Potássio ( $\text{g kg}^{-1}$ ), Enxofre ( $\text{g kg}^{-1}$ ), Magnésio ( $\text{g kg}^{-1}$ ), Nitrogênio ( $\text{g kg}^{-1}$ ), Boro ( $\text{mg kg}^{-1}$ ), Cobre ( $\text{mg kg}^{-1}$ ), Ferro ( $\text{mg kg}^{-1}$ ), Manganês ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) e Zinco ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) em geleias elaboradas de frutos de amora-preta colhidos em 3 diferentes estádios de maturação. Botucatu-SP, 2013.....	39
<b>Tabela 7</b> PH, Acidez Titulável ( $\text{g ac.cítrico } 100\text{g de polpa}^{-1}$ ), Sólidos Solúveis °Brix e ‘Ratio’ em frutos de amora-preta colhidos em 3 diferentes estádios de maturação ao longo do tempo de armazenamento, nos dias 0; 3; 6; 9; 12 e 15 dias após a colheita. Botucatu-SP, 2013.....	42
<b>Tabela 8</b> PH, Acidez Titulável ( $\text{g ac.cítrico } 100\text{g de polpa}^{-1}$ ) e ‘Ratio’ em geleias elaboradas de frutos de amora-preta colhidos em 3 diferentes estádios de maturação ao longo do tempo de armazenamento, nos dias 0; 3; 6; 9; 12 e 15 dias após a colheita e elaboração das geleias. Botucatu-SP, 2013.....	43

<b>Tabela 9</b>	Valor 'L', Croma e Ângulo de cor ( $^{\circ}Hue$ ) em frutos de amora-preta colhidos em 3 diferentes estádios de maturação ao longo do tempo de armazenamento, nos dias 0; 3; 6; 9; 12 e 15 dias após a colheita. Botucatu-SP, 2013.....	45
<b>Tabela 10</b>	Valor 'L', Croma e Ângulo de cor ( $^{\circ}Hue$ ) em geleias elaboradas com frutos de amora-preta colhidos em 3 diferentes estádios de maturação ao longo do tempo de armazenamento, nos dias 0; 3; 6; 9; 12 e 15 dias após a colheita e elaboração das geleias. Botucatu-SP, 2013.....	46
<b>Tabela 11</b>	Firmeza ( $g\ f^{-1}$ ) e Perda de Massa ( $g\ 100g^{-1}$ ) de frutos de amora-preta colhidos em 3 diferentes estádios de maturação ao longo do tempo de armazenamento, nos dias 0; 3; 6; 9; 12 e 15 dias após a colheita. Botucatu-SP, 2013.....	48
<b>Tabela 12</b>	Açúcares Redutores ( $g\ 100g^{-1}$ ) de frutos de amora-preta colhidos em 3 diferentes estádios de maturação ao longo do tempo de armazenamento, nos dias 0; 3; 6; 9; 12 e 15 dias após a colheita. Botucatu-SP, 2013.....	49
<b>Tabela 13</b>	Açúcares Redutores ( $g\ 100\ g^{-1}$ ) em geleias elaboradas com frutos de amora-preta colhidos em 3 diferentes estádios de maturação ao longo do tempo de armazenamento, nos dias 0; 3; 6; 9; 12 e 15 dias após a colheita e elaboração das geleias. Botucatu-SP, 2013.....	49
<b>Tabela 14</b>	Matriz de correlação entre pH (Potencial Hidrogeniônico), Acidez Titulável - AT ( $g\ ac.cítrico\ 100g\ de\ polpa^{-1}$ ), Sólidos Solúveis - SS ( $^{\circ}Brix$ ), 'Ratio', Firmeza ( $g\ f^{-1}$ ), Açúcares Redutores - AR ( $g\ 100g^{-1}$ ) em frutos e geleias de amora-preta; Perda de Massa (%) de frutos de amora preta e Açúcares Totais ( $g\ 100g^{-1}$ ) e Sacarose ( $g\ 100g^{-1}$ ) em geleias. Botucatu-SP, 2013.....	53
<b>Tabela 15</b>	Polifenóis ( $mg\ de\ ác.\ gálico\ g^{-1}$ ) de frutos de amora-preta colhidos em 3 diferentes estádios de maturação ao longo do tempo de armazenamento, nos dias 0; 3; 6; 9; 12 e 15 dias após a colheita. Botucatu-SP, 2013.....	55
<b>Tabela 16</b>	Polifenóis ( $mg\ de\ ác.\ gálico\ g^{-1}$ ) em geleias elaboradas a partir de frutos de amora-preta colhidos em 3 diferentes estádios de maturação ao longo do tempo de armazenamento, nos dias 0; 3; 6; 9; 12 e 15 dias após a colheita. Botucatu-SP, 2013.....	56
<b>Tabela 17</b>	Antocianina ( $\mu g\ g^{-1}$ ) e Carotenóides ( $\mu g\ g^{-1}$ ) em frutos de amora-preta colhidos em 3 diferentes estádios de maturação ao longo do tempo de armazenamento, nos dias 0; 3; 6; 9; 12 e 15 dias após a colheita. Botucatu-SP, 2013.....	57

<b>Tabela 18</b>	Antocianina ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) e Carotenóides ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) em geleias elaboradas a partir de frutos de amora-preta colhidos em 3 diferentes estádios de maturação ao longo do tempo de armazenamento, nos dias 0; 3; 6; 9; 12 e 15 dias após a colheita. Botucatu-SP, 2013.....	58
<b>Tabela 19</b>	Vitamina C ( $\text{mg } 100\text{g}^{-1}$ ) em frutos de amora-preta colhidos em 3 diferentes estádios de maturação ao longo do tempo de armazenamento, nos dias 0; 3; 6; 9; 12 e 15 dias após a colheita. Botucatu-SP, 2013.....	59
<b>Tabela 20</b>	Atividade Antioxidante (TEAC – Capacidade Antioxidante em equivalente TROLOX - $\mu\text{mol g}^{-1}$ ) em frutos de amora-preta colhidos em 3 diferentes estádios de maturação ao longo do tempo de armazenamento, nos dias 0; 3; 6; 9; 12 e 15 dias após a colheita. Botucatu-SP, 2013.....	60
<b>Tabela 21</b>	Atividade Antioxidante (TEAC – Capacidade Antioxidante em equivalente TROLOX - $\mu\text{mol g}^{-1}$ ) em geleias elaboradas a partir de frutos de amora-preta colhidos em 3 diferentes estádios de maturação ao longo do tempo de armazenamento, nos dias 0; 3; 6; 9; 12 e 15 dias após a colheita. Botucatu-SP.....	61
<b>Tabela 22</b>	Atividade Antioxidante (FRAP – $\mu\text{M}$ sulfato ferroso $\text{g}^{-1}$ ) em frutos de amora-preta colhidos em 3 diferentes estádios de maturação ao longo do tempo de armazenamento, nos dias 0; 3; 6; 9; 12 e 15 dias após a colheita. Botucatu-SP, 2013.....	61
<b>Tabela 23</b>	Atividade Antioxidante (FRAP – $\mu\text{M}$ sulfato ferroso $\text{g}^{-1}$ ) em geleias elaboradas a partir de frutos de amora-preta colhidos em 3 diferentes estádios de maturação ao longo do tempo de armazenamento, nos dias 0; 3; 6; 9; 12 e 15 dias após a colheita. Botucatu-SP, 2013.....	62
<b>Tabela 24</b>	Matriz de correlação entre Polifenóis ( $\text{mg de } \acute{\text{a}}\text{c. gálico g}^{-1}$ ), Antocianina ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ), Carotenóides ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ), Valores de Atividade Antioxidante (AA - TEAC – Capacidade Antioxidante em equivalente TROLOX - $\mu\text{mol g}^{-1}$ ), Atividade Antioxidante (AA - FRAP – $\mu\text{M}$ sulfato ferroso $\text{g}^{-1}$ ) em frutos e geleias elaboradas a partir de amoras-pretas e Ácido Ascórbico ( $\text{mg } 100\text{g}^{-1}$ ), Pectinametilesterase ( $\text{U.A. min}^{-1}$ grama de tecido $^{-1}$ ) e Poligalcturonase ( $\text{U.A. min}^{-1}$ grama de tecido $^{-1}$ ) em frutos de amora-preta. Botucatu-SP, 2013.....	65
<b>Tabela 25</b>	Matriz de correlação entre Coloração (Parâmetro L, a e °hue), Antocianina ( $\text{mg } 100\text{g}^{-1}$ ) e Carotenóides ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) em frutos e geleias de amora-preta. Botucatu-SP, 2013.....	67
<b>Tabela 26</b>	Matriz de correlação entre Firmeza (cN), Perda de Massa ( $\text{g } 100\text{g}^{-1}$ ), Pectinametilesterase ( $\text{U.A. min}^{-1}$ grama de tecido $^{-1}$ ) e Poligalcturonase ( $\text{U.A. min}^{-1}$ grama de tecido $^{-1}$ ) em frutos de amora-preta. Botucatu-SP, 2013.....	68

## LISTA DE FIGURAS

		<b>Página</b>
<b>Figura 1</b>	Morfologia externa do fruto de amora-preta.....	7
<b>Figura 2</b>	Distribuição espacial da área cultivada e número de produtores de amora-preta no estado de São Paulo na safra 2007/2008.....	8
<b>Figura 3</b>	Detalhe dos frutos em diferentes estádios de maturação em um mesmo ramo.....	13
<b>Figuras 4a, 4b e 4c</b>	Os 3 estádios de maturação utilizados.....	18
<b>Figuras 5a e 5b</b>	A despoldadeira em aço inoxidável descontinua com peneira de malha 0,5 mm utilizada no experimento e a mesma em funcionamento.....	18
<b>Figura 6</b>	Fluxograma de fabricação das geleias desde a colheita dos frutos até a etapa de análise das mesmas.....	19
<b>Figura 7</b>	A elaboração das geleias, em detalhe a formação de espuma....	20
<b>Figura 8</b>	Detalhe dos frascos para armazenamento das geleias.....	20
<b>Figura 9</b>	Modelo da Ficha de avaliação sensorial individual das amostras de frutos e geleias.....	26
<b>Figura 10</b>	Valores de Taxa Respiratória ( $\text{ml CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ) de frutos de amora-preta colhidos em 3 diferentes estádios de maturação ao longo do tempo de armazenamento, nos dias 0; 3; 6; 9; 12 e 15 dias após a colheita e elaboração das geleias.....	50
<b>Figura 11</b>	Valores de Avaliação Sensorial (Avaliação Geral) de frutos de amora-preta colhidos em 3 diferentes estádios de maturação ao longo do tempo de armazenamento, nos dias 0; 3; 6; 9; 12 e 15 dias após a colheita e elaboração das geleias.....	51
<b>Figura 12</b>	Valores de Avaliação Sensorial (Avaliação Geral) de frutos de amora-preta colhidos em 3 diferentes estádios de maturação ao longo do tempo de armazenamento, nos dias 0; 3; 6; 9; 12 e 15 dias após a colheita e elaboração das geleias.....	51
<b>Figura 13</b>	Valores de Pectinametilesterase ( $\text{U.A. min}^{-1} \text{ grama de tecido}^{-1}$ ) e Pectinametilesterase ( $\text{U.A. min}^{-1} \text{ grama de tecido}^{-1}$ ) em frutos de amora-preta colhidos em 2 diferentes estádios de maturação ao longo do tempo de armazenamento, nos dias 0; 3; 6; 9 e 12 dias após a colheita	63

## PÓS-COLHEITA E PROCESSAMENTO DE AMORA-PRETA 'TUPY'

Botucatu, 2013. 87p.

Tese (Doutorado em Agronomia/Horticultura) - Faculdade de Ciências Agronômicas,  
Universidade Estadual Paulista.

Autor: ANGELA VACARO DE SOUZA

Orientador: ROGÉRIO LOPES VIEITES

### 1. RESUMO

O cultivo da amora-preta (*Rubus* sp) vem despertando interesse dos fruticultores paulistas nos últimos anos devido ao seu alto potencial produtivo, sendo uma alternativa viável como fonte de renda. Os frutos possuem características nutricionais muito apreciadas nos dias de hoje além de se mostrarem muito versáteis do ponto de vista tecnológico. O presente trabalho foi dividido em 3 partes para maior compreensão e aprofundamento dos aspectos avaliados e objetivou caracterizar bromatologicamente e quanto ao conteúdo mineral os frutos de amora-preta colhidos em 3 diferentes estádios de maturação, bem como seu produto processado, a geleia; caracterizar a qualidade pós-colheita dos frutos em diferentes tempos de armazenamento sob refrigeração e das geleias; determinar os compostos com potencial antioxidante e sua estabilidade durante a elaboração e armazenamento das geleias e frutos, respectivamente. As avaliações foram realizadas na ocasião da colheita para o experimento 1 e também aos dias 3, 6, 9, 12 e 15 após a colheita para os demais experimentos a fim de avaliar a possível degradação dos nutrientes e antioxidantes. Ao final dos experimentos pode-se verificar que a amora-preta apresenta alto potencial para industrialização já que para a maioria dos compostos bioativos avaliados não houveram grandes alterações decorrentes do processamento. Esta característica faz com que os frutos de amoreira preta sejam ótima alternativa para o processamento.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Rubus* sp., geleia, compostos bioativos, atividade antioxidante.

## POST HARVEST AND PROCESSING OF BLACKBERRY 'TUPY'

Botucatu, 2013. 87p.

Tese (Doutorado em Agronomia/Horticultura) - Faculdade de Ciências Agrônomicas,  
Universidade Estadual Paulista.

Author: ANGELA VACARO DE SOUZA

Adviser: ROGÉRIO LOPES VIEITES

### **2. SUMMARY**

The cultivation of blackberry (*Rubus* sp) has attracted the interest of fruit growers in São Paulo in recent years due to its high yield potential as a viable alternative source of income. The fruit has nutritional characteristics greatly appreciated these days and presents great versatility from a technological point of view. This study was divided into 3 parts for greater understanding of the aspects evaluated and aimed to characterize the bromatological composition and mineral content of the fruits harvested at 3 different stages of maturation and its processed product, the jelly; it also aimed to characterize the quality of post-harvest fruit at different times of storage under refrigeration and the qualities of the jellies as well; and it also aimed to determine the potential antioxidant compounds stability during preparation and storage of jelly and fruit, respectively. Evaluations were performed at the time of harvest for Experiment 1 and also on days 3, 6, 9, 12 and 15 after harvest for the other experiments in order to evaluate the possible degradation of the antioxidant nutrients. At the end of the experiments it was possible to conclude that the fruit has a high potential for industrialization since for most bioactive compounds evaluated there were no major changes resulting from the processing. This feature places the black mulberry fruit as a great alternative for processing.

**KEYWORDS:** *Rubus* sp., jelly, bioactive compounds, antioxidant activity.

### **3. INTRODUÇÃO**

Uma alimentação adequada deve atender às necessidades nutricionais do indivíduo, devendo ser constituída por alimentos capazes de fornecer ao organismo energia e todos os nutrientes de que precisa para a manutenção do bom funcionamento e da saúde (PHILIPPI, 2008). Atualmente, é indiscutível que o controle, a prevenção e o tratamento das enfermidades necessitam passar pelo campo específico da ciência da nutrição. As mudanças na qualidade de vida das pessoas são preconizadas, em todo o mundo, como estratégias capazes de gerar impactos positivos no perfil epidemiológico das populações (CAMILO et al., 2011).

Além de seu sabor e aroma refrescantes, os frutos são importante fonte de vitaminas, minerais, fibras, entre outros compostos bioativos e essenciais na dieta humana. Estudos epidemiológicos têm demonstrado que existe uma correlação entre o consumo de frutas e a redução de doenças crônicas (CHUN; KIM, 2004; KUSKOSKI, 2005; WU et al., 2004). A combinação de vitaminas, minerais, antioxidantes fenólicos e de fibras parece ser responsável por esses efeitos (RUXTON et al., 2006).

A amoreira-preta apresenta frutos de alta qualidade nutricional e valor econômico significativo (ANTUNES, 2002), contém valores consideráveis de vitamina C e água, cerca de 10% de carboidratos, elevado conteúdo de minerais, vitaminas do complexo B e A, além de ser fonte de compostos funcionais. A amora-

preta já é considerada uma fruta funcional, ou seja, além das características nutricionais básicas, quando consumida como parte usual da dieta, produz efeito fisiológico/metabólico benéfico à saúde humana, sendo segura para consumo sem supervisão médica (VIZZOTO, 2008) sendo boas fontes de antioxidantes naturais (KOCA; KARADENIZ, 2009), como as antocianinas (DEIGHTON et al., 2000) e os polifenóis (WANG; LIN, 2000; MOYER et al., 2002). Os frutos contêm ainda ácidos graxos essenciais (ácidos poliinsaturados de cadeia longa), como o linoléico e o linolênico e seus derivados, que os seres humanos não podem sintetizar. Esses compostos devem ser obtidos através da dieta e são importantes para regular várias funções do corpo, incluindo pressão arterial, viscosidade sanguínea, imunidade, resposta inflamatória entre outros benefícios (PAWLOSKEY et al., 1996; SIMOPOULOS; SALEM, 1996). Um dos compostos associados a essa atividade é o ácido elágico (WANG et al., 1994), ácido este, responsável por funções anti-mutagênica e anticancerígena, além de ser um potente inibidor da indução química do câncer (MAAS et al., 1991).

Além do consumo *in natura*, os frutos da amoreira-preta possuem grande potencial para serem utilizados processados como polpa, geleias e sorvetes entre outras. A produção de geleias é uma alternativa para utilizar frutas fora do padrão de qualidade para consumo *in natura*, contribuindo assim para minimizar as perdas pós-colheita, aumentar o leque de produtos manufaturados além de agregar valor à esta matéria-prima que possui safra definida nos meses finais do ano e baixa ou nenhuma produção nos meses subsequentes.

Segundo a Resolução CNNPA nº12, de 1978, geleia de frutas é o produto obtido pela cocção de frutas inteiras ou em pedaços, polpa ou suco de frutas, com açúcar e concentrado até consistência gelatinosa. Pode ser adicionado glicose ou açúcar invertido para conferir brilho ao produto, sendo tolerada adição de acidulantes e pectina para compensar qualquer deficiência no conteúdo natural de pectina ou de acidez da fruta, a quantidade de pectina a ser adicionada ao suco é variada e depende do conteúdo preexistente (BRASIL, 1978).

Por essas características, a amora-preta vem despertando interesse de produtores e consumidores, principalmente pelo potencial de consumo associado às suas propriedades benéficas à saúde, no entanto, existem poucas pesquisas sobre seu valor nutricional e potencial industrial (HARBONE; WILLIAMS, 2000), especialmente no Brasil. Neste país, a cultura da amora foi introduzida na década de 70

pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) Clima Temperado (ANTUNES, 2002). Posteriormente, a Embrapa passou a conduzir um programa de melhoramento genético que desenvolveu diversas cultivares de amoras adaptadas à região sul do Brasil, incluindo ‘Guarani’, ‘Caingangue’, ‘Xavante’ e ‘Tupy’. Devido às características climáticas adequadas (clima temperado), o Rio Grande do Sul foi o primeiro estado do Brasil a produzir amoras e ainda nos dias de hoje é o principal produtor. O objetivo do trabalho é caracterizar bromatologicamente e quanto aos macro e micronutrientes os frutos de amora-preta na ocasião da colheita em diferentes estádios de maturação e a geleia elaborada a partir deles; avaliar a qualidade pós-colheita dos frutos e geleias elaboradas a partir destes sob condições de armazenamento refrigerado a partir da avaliação dos parâmetros físicos, químicos, físico-químicos e bioquímicos. Para atingir tais objetivos o trabalho foi dividido em 3 partes para que em cada uma delas fosse possível maior aprofundamento dos parâmetros avaliados e compreensão de suas qualidades no consumo *in natura* e processamento.

## **4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **4.1 Caracterização da amora-preta**

A amoreira-preta é uma espécie arbustiva de porte ereto ou rasteiro, que produz frutos agregados com cerca de quatro a sete gramas, de coloração negra quando totalmente maduros e sabor ácido a doce-ácido. É uma planta rústica que apresenta baixo custo de produção, facilidade de manejo, requer pouca utilização de defensivos agrícolas, sendo, por isso, uma alternativa interessante para cultivo na agricultura familiar (ANTUNES, 2002b). As amoras são frutos compostos, constituídos por numerosas pequenas drupas agregadas, designadas por drupéolas, que envolvem o receptáculo. O fruto destaca-se do pedicelo, mas o receptáculo permanece firmemente aderente à polpa, mesmo quando maduro (Figura 1).

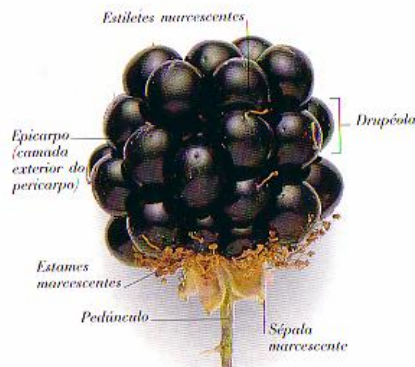


Figura 1: Morfologia externa dos frutos de amora-preta. Adaptada de Sousa et al., 2007.

Em razão da produção concentrada nos meses de novembro a fevereiro e a rápida perda de qualidade pós-colheita, há uma grande limitação quanto ao fornecimento dos frutos ao mercado *in natura*. Uma alternativa viável para o aproveitamento econômico desses frutos é a industrialização, pois estes podem ser congelados, enlatados, processados na forma de polpa para utilização em produtos lácteos (como matéria prima ou aditivo de cor e sabor), ou na forma de sucos e geleias (ANTUNES, 2002).

A amoreira-preta é uma planta que se adapta bem em regiões com temperaturas moderadas no verão, sem intensidade luminosa elevada, chuva adequada, pois necessita de disponibilidade regular de água, porém, não deve haver excesso durante o período de frutificação, e temperaturas baixas no inverno (abaixo de 7,2°C), suficientes para atender à necessidade de frio da planta. Diferente das demais espécies de pequenas frutas, ela apresenta cultivares com boa adaptação às condições climáticas do Sul do Brasil, desenvolvidas através de melhoramento genético na Embrapa, em Pelotas - RS, a partir de cultivares que apresentam adaptação a altas temperaturas no verão e menor necessidade de horas de frio no inverno (ANTUNES; RASEIRA, 2004).

No Estado de São Paulo, o cultivo é pulverizado não apresentando uma ou outra região do estado como grande produtora em relação às demais (verificado na figura 2). Regiões de clima temperado de altitude são as preferencialmente exploradas (PIO et al., 2008).

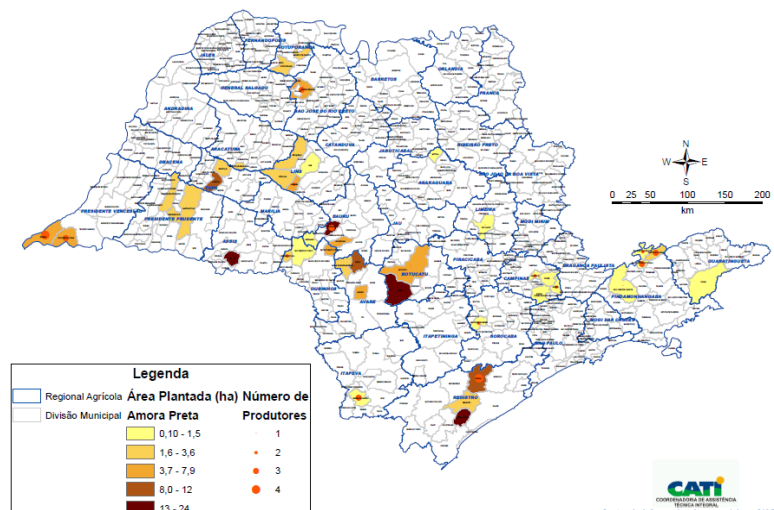


Figura 2: Distribuição espacial da área cultivada e número de produtores de amora-preta no estado de São Paulo na safra 2007/2008. CATI, 2010.

A opção mais viável de cultivo é a cultivar 'Tupy', que apresenta bom equilíbrio entre sólidos solúveis e acidez, própria para o consumo como fruta fresca e até mesmo para o processamento. Campagnolo e Pio (2012) obtiveram produtividade, no primeiro ciclo produtivo, de  $6.430 \text{ kg ha}^{-1}$  em plantas da cultivar 'Tupy', em Marechal Cândido Rondon, oeste do Estado do Paraná. O entrave da cultivar 'Tupy' seria a presença de espinhos, o que onera os tratamentos culturais, principalmente as podas, esta cultivar é resultado do cruzamento entre as cultivares 'Uruguai' x 'Comanche', realizado na EMBRAPA Clima Temperado em 1982, os "seedlings" foram avaliados no campo experimental, sendo que a 'Seleção C.4.82.5' deu origem à cultivar. A cultivar 'Tupy' apresenta plantas de porte ereto, com espinho. Produz frutos grandes (6 gramas), coloração preta e uniforme, sabor equilibrado em acidez e açúcar, consistente e firme, semente pequena, película resistente e aroma ativo. Durante três anos de avaliação produziu  $3,8 \text{ kg planta}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  no Rio Grande do Sul. É recomendado para o consumo *in natura* pelo fato de apresentar baixa acidez (SANTOS; RASEIRA, 1988). Acredita-se que os cultivos de amora-preta avançarão paulatinamente nos próximos anos, com perspectivas até mesmo para a exportação (FACHINELLO et al., 2011).

#### 4.2 Aspectos Nutricionais e Compostos Bioativos

Estudos têm mostrado que o consumo de frutas e vegetais pode exercer efeitos positivos sobre a saúde humana. Este achado está intimamente relacionado ao fato de que os frutos, reconhecidos por conter nutrientes essenciais e

uma série de micronutrientes tais como minerais, fibras e vitaminas, representam excelentes fontes dos chamados compostos bioativos. Compostos bioativos são constituintes extra-nutricionais, naturalmente presentes em pequenas quantidades nos alimentos, que exibem potente atividade biológica (COZZOLINO, 2009). Dentre estes, destacam-se os compostos antioxidantes da dieta como os polifenóis, vitaminas C e E e carotenóides (SAURA-CALIXTO; GOÑI, 2006).

Sabe-se que um grande número de elementos minerais são essenciais para a nutrição humana, desempenhando funções específicas no organismo (NEPA, 2006). Pode-se mencionar, como exemplo, o cálcio e o magnésio, que atuam na formação de ossos, dentes e tecidos. O potássio, quando associado ao sódio, regulariza o funcionamento do sistema muscular e os batimentos cardíacos. Alguns dos elementos minerais são encontrados em quantidades relativamente baixas no corpo humano e são chamados de oligoelementos, como é o caso do zinco, ferro, cobalto, manganês, níquel, flúor, etc (FAVIER, 1991). Zinco e manganês servem como ativadores essenciais em uma série de reações metabólicas catalisadas por enzimas, sendo, portanto, elementos muito importantes para a reprodução e o crescimento. Já o ferro é um componente das moléculas de hemoglobina, mioglobina, citocromo e de alguns sistemas enzimáticos, desempenhando um papel essencial no transporte de oxigênio e respiração celular (BURTON, 1979).

As atividades biológicas das frutas vermelhas, como a amora-preta, são parcialmente atribuídas ao seu elevado teor de uma variada gama de fitoquímicos, como os flavonóides (antocianinas, flavonóis, e flavanóis), taninos (proantocianidinas, elagitaninos e galotaninos), estilbenóides (como o resveratrol), ácidos fenólicos (derivados do ácido hidroxibenzóico e hidroxicinâmicos) e lignanas (SEERAM, 2006).

Os compostos fenólicos são substâncias que possuem pelo menos um anel aromático no qual ao menos um hidrogênio é substituído por um grupamento hidroxila. Os polifenóis são metabólitos secundários naturalmente presentes em frutas e hortaliças, sendo que as frutas vermelhas, especialmente as frutas de amora-preta, são importantes fontes desses compostos na alimentação humana (SELLAPPAN et. al, 2002; ZHENG; WANG, 2003). Os compostos fenólicos são formados pelas plantas em condições de estresse como infecções, ferimentos, exposição a radiações UV, dentre outros (NACZK; SHAHIDI, 2006), protegendo contra patógenos e predadores (BRAVO, 1998). A importância dos polifenóis na nutrição humana,

geralmente está relacionada à promoção da saúde e possível prevenção de algumas doenças (GIBNEY et al., 2006). Dentre os seus efeitos potencialmente benéficos à saúde destacam-se atividade anti-inflamatória, antiviral, antimicrobiana e antioxidante (NARAYANA et al., 2001).

Os compostos fenólicos são instáveis podendo sofrer degradação durante as diversas etapas do processamento, armazenamento e estocagem de alimentos (ELISIA et al., 2007). Esse é um aspecto importante e que deve ser considerado quando se trata de processamento dos frutos e mostra a importância da avaliação desde durante o armazenamento e processamento dos frutos.

A atividade antioxidante desses compostos é principalmente devido às suas propriedades de óxido-redução, as quais podem desempenhar um papel importante na absorção e neutralização de radicais livres, removendo o oxigênio ou decompondo peróxidos (DEGÁSPARI; WASZCZYNSKYJ, 2004). Sua atividade está relacionada, também, à presença de grupos hidroxila em sua estrutura química e à alta reatividade dos mesmos, fatores considerados críticos para a neutralização de radicais livres (ELISIA et al., 2007). Por definição, atividade antioxidante é a capacidade que um composto (composição) tem de inibir a degeneração oxidativa (ROGINSKY; LISSI, 2005). Um grande número de métodos tem sido desenvolvidos com o objetivo de avaliar a capacidade antioxidante dos alimentos, contudo, devido à complexidade da composição de cada tipo de alimento, tendo em vista que os antioxidantes não atuam separadamente, a possível interação entre eles pode fazer com que a determinação da capacidade antioxidante individualmente seja menos efetiva do que o *status* antioxidante total (PRIOR; CAO, 1999). Logo, são numerosas as metodologias para a determinação da capacidade antioxidante e podem estar sujeitas a interferências, sendo necessário o emprego de duas ou mais técnicas, pois nenhum método sozinho poderia refletir exatamente a capacidade antioxidante total de uma amostra (HUANG; PRIOR, 2005).

O método DPPH (ensaio de remoção do radical 2,2 difenil-1-picrilidrazila) é o mais antigo método indireto para a determinação da capacidade antioxidante. É usado para determinar o potencial antioxidante de compostos fenólicos individuais e alimentares, bem como amostras biológicas relevantes. O teste de DPPH (BRAND-WILLIAMS et al., 1995) baseia-se na redução do radical livre estável 2,2-difenil-1-picrilhidrazil na presença de um antioxidante doador de hidrogênio, incluindo compostos fenólicos. Como o DPPH mostra uma absorção muito intensa na região do

vísivel, pode ser facilmente determinado por espectrofotometria (ROGINKI; LISSI, 2005). Este método tem sido considerado um dos mais representativos para o emprego em modelos de radicais na avaliação da capacidade de remoção de radicais livres (GENOVESE et al., 2008).

O método FRAP (poder antioxidante de redução do ferro) é baseado na habilidade de redução do  $\text{Fe}^{3+}$  para  $\text{Fe}^{2+}$ , em pH baixo. Quando isso ocorre na presença de 2,4,6-tripiridil-*s*-triazina (TPTZ), a redução é acompanhada pela formação de um complexo ( $\text{Fe}^{2+}$  – TPTZ) de cor azul intensa que pode ser monitorado a 595nm. Este é um método barato, os reagentes são de fácil preparo, sendo os resultados altamente reprodutíveis, e o procedimento simples e rápido (BENZIE; STRAIN, 1996). Porém, a medida da capacidade de redução não reflete necessariamente a capacidade antioxidante (FRANKEL; MEYER, 2000), pois nem todo redutor que tem habilidade de reduzir o ferro é antioxidante e nem todo antioxidante é capaz de reduzir o ferro (ex.: glutaciona) (PRIOR, 2003). Além disso, já que este método não inclui nenhum substrato oxidável, ele não fornece informações sobre as propriedades protetoras dos antioxidantes (FRANKEL; MEYER, 2000). Por estes motivos vê-se a importância da utilização de mais de um método de avaliação da atividade antioxidante.

As antocianinas são pigmentos que conferem uma coloração que varia entre o laranja, vermelho e azul. Segundo Shahidi e Marian (2003), estudos recentes demonstram que as antocianinas atuam como antioxidantes naturais, promovendo vários benefícios à saúde. Além das antocianinas, os carotenóides também possuem capacidade antioxidante, apesar de estarem presentes em baixas quantidades na amora-preta. De acordo com Azevedo-Meleiro e Rodriguez-Amaya (2004), a cor e a atividade biológica dos carotenóides estão intrinsecamente relacionados com sua estrutura molecular.

As antocianinas têm mostrado atividade antioxidante superior às vitaminas C e E (BAGCHI et al., 1998). Esses compostos têm capacidade de neutralizar radicais livres por doação de átomos de hidrogênio (CHEN et al., 1996; RICE-EVANS et al., 1996). Vários estudos têm sugerido que o teor de antocianinas e sua correspondente atividade antioxidante contribuem para o efeito protetor das frutas e dos legumes contra doenças degenerativas e crônicas (HEINONEN et al., 1998; RECORD et al., 2001). Esses compostos também apresentam vários outros potenciais benefícios para saúde como redução do risco de doenças cardiovasculares (RENAUD; LORGERIL, 1992), melhora da visão (MATSUMOTO et al., 2003) possui atividades anti-

carcinogênica e anti-inflamatória (WANG; MAZZA, 2002). Segundo Jacques e Zambiasi, (2011) na amora-preta, devido ao elevado conteúdo de antocianinas totais, a coloração amarelada característica da presença de carotenos não é representativa como em outras frutas. Ainda de acordo com os mesmos autores, o conteúdo de carotenóides totais em amora-preta (0,877mg  $\beta$ -caroteno  $100\text{g}^{-1}$  de fruta) é reportado como sendo superior ao da acerola (0,53mg de  $\beta$ -caroteno  $100\text{g}^{-1}$  de fruta) que, assim como a amora-preta tem uma predominância de antocianinas (ARAÚJO et al., 2007).

O teor de vitaminas nas frutas pode variar dependendo da espécie, do estágio de maturação na época da colheita, de variações genéticas, do manuseio pós-colheita, das condições de estocagem e do processamento (SILVA et al., 2006). De acordo com Wang e Lin (2000) existem poucas informações sobre a capacidade antioxidante de frutos em diferentes estádios de desenvolvimento. Esses autores observaram que em estádios de maturação mais avançados de alguns frutos, tais como amora, morango e framboesa, ocorre aumento na capacidade antioxidante destes frutos. Apesar desse aspecto nutricional relevante relacionando grau de maturação e propriedades antioxidantes, normalmente o estágio de maturidade do fruto é baseado apenas na avaliação da cor superficial dos frutos (WANG; LIN, 2000).

Estudos realizados por Pantelidis et al. (2007), relatam grandes variações nos teores de vitamina C em diversas cultivares de amora-preta e framboesa, ambas da família botânica Rosaceae e gênero Rubus, na faixa de 14,3 à 103,3mg ácido ascórbico  $100\text{g}^{-1}$  fruta fresca. Chim (2008), concluiu em seu estudo que frutos de amora-preta possuem teores de vitamina C pouco expressivos. Apesar de ser considerado um fruto rico em compostos com ação antioxidante, a amora-preta não seria indicada como única fonte para suprir as necessidades diárias de vitamina C. Além disso, o ácido ascórbico é facilmente destruído por oxidação, particularmente na presença de calor, alcalinidade, catalisadores metálicos, danos físicos e baixa umidade relativa (LEE; KADER, 2000) sendo isso um fator de extrema importância quando levase em questão o processamento dos frutos como no caso da fabricação da geleia.

### **4.3 Colheita, Pós-Colheita e Armazenamento**

Os frutos da amoreira-preta não amadurecem ao mesmo tempo e, por isso quando deseja-se colher frutos em um padrão definido, deve-se proceder à colheita de forma escalonada durante um período de dois meses e meio a três meses, conforme a cultivar (Figura 3).



Figura 3: Detalhe dos frutos em diferentes estádios de maturação em um mesmo ramo.

Durante o amadurecimento, o fruto passa por várias mudanças de cor, de verde para vermelho e, finalmente, para preto. Os últimos estádios ocorrem, normalmente, entre um a três dias. Comercialmente, os frutos podem ser divididos em três estádios de maturação: “mosqueado”, quando apresentam 50% da superfície preta, “preto-brilhante”, quando apresentam 100% da superfície preta e brilho aparente e “preto-opaco”, quando apresentam coloração preta, porém com perda de brilho decorrente do estágio avançado de maturação (PERKINS-VEAZIE; CLARK, 1996). O estágio de maturação “preto-brilhante” pode ainda ser subdividido em dois outros estádios em função da turgidez das mini drupas e da presença de mini drupas expandidas ou não expandidas (ANTONIOLLI; DALLAGNOL, 2008).

Devido à rapidez com que o fruto passa de um estágio para outro e à fragilidade do mesmo, a colheita deve ser realizada com frequência, o que determina a qualidade e a uniformidade dos frutos colhidos. Os menores intervalos entre as colheitas resultam na redução de perdas por frutos sobremaduros, que rapidamente evoluem para a senescência (PAGOT, 2006). A colheita em estádios anteriores a este implica em frutos imaturos e muitas vezes com pouca aceitabilidade pelo mercado consumidor, uma vez que suas características não mudam significativamente após a colheita (COUTINHO et al., 2008), ao passo que a colheita nos estádios de maturação mais avançados (“preto-brilhante” com mini drupas expandidas ou “preto-opaco”) implica na maior fragilidade dos frutos e menor conservação pós-colheita.

De acordo com Antunes, (2002) entre as principais características desejáveis para uma cultivar visando o mercado de frutas ‘*in natura*’ estão a produtividade, o tamanho e equilíbrio açúcar/acidez dos frutos, bem como a sua capacidade de resistência ao transporte e armazenamento.

A cor é o fator inicial levado em consideração pelo consumidor ao escolher um alimento e por isso é uma de suas mais importantes características. Quanto à forma de comercialização, observa-se, no mercado *in natura*, a presença de embalagens semelhantes às utilizadas para morango (PET), nas quais, em cada bandeja, são ofertados em torno de 120 a 150 gramas de frutas de amoreira-preta (ANTUNES, 2002).

O fruto da amora-preta é altamente perecível e a vida de prateleira é limitada pela perda de massa, alterações de firmeza e deterioração microbiológica (MENEGUEL et al, 2008). Morris et al. (1981) mencionam que, devido à estrutura frágil e alta taxa respiratória de frutas de amoreira-preta, sua vida pós-colheita é relativamente curta, o que também é corroborado por Hardenburg et al. (1986), apud Perkins-Veazie et al. (1997). Estes mesmos relatam que a firmeza do fruto colhido influencia na vida de prateleira, haja visto que estes podem ser facilmente danificados no manuseio facilitando a infecção por patógenos. Quando destinadas ao consumo *in natura*, os índices de maturação que englobam a cor, a firmeza, o brilho e a facilidade de remoção ou destaque do pedicelo são importantes parâmetros a serem avaliados na ocasião da colheita.

O armazenamento refrigerado é o método mais eficiente e o primeiro a ser utilizado quando se trata de manutenção da qualidade dos frutos, pois quando realizado de modo adequado, retarda os processos fisiológicos tais como a respiração, transpiração e produção de etileno, além de reduzir o desenvolvimento de podridões nos mesmos.

Temperaturas baixas de armazenamento retardam o metabolismo do vegetal através da diminuição de sua taxa respiratória e da redução de sua atividade enzimática, com isso, os frutos se conservam por um período mais longo. A respiração é o processo central da vida das células, o qual mede a liberação de energia através da quebra dos compostos de carbono e a formação dos esqueletos necessários para as reações sintéticas e manutenção do produto após a colheita, o amido, outros polissacarídeos e os açúcares solúveis são os substratos principais da respiração vegetal. Em alguns casos são utilizados compostos de baixo peso molecular, como os ácidos orgânicos; gorduras e proteínas são substratos menos frequentes. Com a redução da respiração há conseqüentemente, diminuição nas perdas de aroma, sabor, firmeza, cor e demais atributos de qualidade dos produtos (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

A recomendação de armazenamento recomendada pela literatura para amoras-pretas é de dois a três dias quando mantidas a 0°C (HARDENBURG et al., 1986). No entanto, de acordo com Antunes et al. (2002), frutos das cultivares ‘Brazos’ e ‘Comanche’ podem ser armazenados a 2°C por até nove dias sem que haja perda de qualidade, ao passo que Perkins-Veazie e Clark (1996), sugerem que os frutos das cultivares ‘Navaho’, ‘Choctaw’, ‘Cheyenne’ e ‘Shawnee’ sejam consumidos no período de sete dias quando mantidos sob essa mesma temperatura. Segundo Basiouny (1995), amoras ‘Navaho’ e ‘Chester’ armazenadas durante três semanas sob condições de  $3\pm 2^{\circ}\text{C}$  e 95% UR apresentaram, ao término do armazenamento, perdas equivalentes a 49 e 22% da massa inicial e 46 e 26% do volume inicial, respectivamente. Tais perdas foram devidas, provavelmente, à respiração dos frutos e à perda de água por transpiração já que a película fina das drupéolas faz com que a água presente nos frutos seja facilmente perdida.

#### 4.4 Processamento

O processamento de frutas é uma alternativa bastante apreciada pois garante a utilização de produtos fora do padrão comercial para o consumo *in natura*, aumento da diversidade de produtos além da agregação de valor aos produtos porém, apesar dos benefícios, o processamento e o armazenamento podem afetar a composição dos frutos e, conseqüentemente, suas propriedades benéficas à saúde.

Quase todos os tipos de fruta podem ser transformados em geleias, mesmo aquelas com baixo teor de pectina ou acidez. O produto deve ser preparado com frutas sãs, limpas, isentas de materiais terrosos, de parasitos, de detritos, de animais ou vegetais e de fermentação; deve estar isenta dos pedúnculos e de cascas, mas pode conter fragmentos da fruta, dependendo da espécie empregada no preparo do produto. Pode-se adicionar glicose ou açúcar invertido, mas a geleia não pode ser colorida e nem aromatizada artificialmente. É tolerada a adição de acidulantes e de pectina para compensar qualquer deficiência no conteúdo natural de pectina ou de acidez da fruta. Deve ainda apresentar aspecto de base gelatinosa e de tal consistência que, quando extraída de seus recipientes, seja capaz de se manter no estado semi-sólido. As geleias transparentes que não contiverem em sua massa pedaços de frutas devem apresentar elasticidade ao toque, retornando à sua forma primitiva após ligeira pressão. A cor e o odor devem ser próprios da fruta de origem. O sabor deve ser doce, semi-ácido, de acordo com a fruta de origem (BRASIL, 1978).

Na preparação da geleia, a acidez e o pH devem ser controlados. Sabe-se que a acidez total não deve exceder a 0,8%, e o mínimo indicado é de 0,3%. O pH máximo é de 3,4. A legislação brasileira também estabelece um teor mínimo de 65% de sólidos solúveis (BRASIL, 1978).

O açúcar empregado com maior frequência na fabricação de geleias é a sacarose de cana principalmente. A adição de açúcar, juntamente com a pectina e o ácido são determinantes para a formação do gel. O açúcar age como conservante de alimentos já que inibe o crescimento de micro-organismos.

A pectina é um dos polissacarídeos mais importantes na indústria de alimentos. O tipo de pectina utilizada influencia tanto na qualidade do produto obtido quanto na economia do processo de produção (SILVA, 2000). A pectina é o polissacarídeo que, junto com a celulose e hemicelulose, forma o material estrutural das paredes celulares dos vegetais (BOBBIO; BOBBIO, 2001). A quantidade de pectina a ser acrescentada na fabricação de geleias está relacionada com quantidade de açúcar adicionado e com o teor de pectina presente na própria fruta ou suco. Normalmente esta quantidade é calculada em 0,5 a 1,5% de pectina em relação à quantidade de açúcar usado na formulação (KROLOW, 2005) para isso pré-testes devem ser realizados. As frutas maduras geralmente possuem menor quantidade de pectina devido a alterações nas características dos polissacarídeos da lamela média da parede celular, cujos principais componentes são as substâncias pécticas. Desta forma, a perda progressiva de firmeza durante a maturação das frutas tem sido atribuída à redução na espessura das paredes celulares e da força coesiva que as mantém unidas, pela decomposição de protopectinas, celulosas, hemicelulosas e amido. Embora várias hidrolases da parede celular tenham sido implicadas no amaciamento do fruto, especial atenção tem sido dada à degradação de poliuronídeos. O papel das enzimas pectolíticas, pectinametilesterase (PME) e poligalacturonase (PG) se torna muito importante no estudo da degradação destas substância e consequente amaciamento dos frutos.

O ácido também é um constituinte indispensável para a formação do gel, quando ele não está presente na fruta ou encontra-se em quantidades insuficientes, poderá ser adicionado, obedecendo aos limites permitidos pela legislação vigente. Uma matéria-prima com acidez de 0,1 a 0,5% resulta em uma economia de açúcar de aproximadamente 20% (SILVA, 2000).

## **5. MATERIAIS E MÉTODOS**

### **5.1 OS FRUTOS DE AMORA-PRETA**

Os frutos de amora-preta ‘Tupy’ utilizados nos experimentos foram colhidas manualmente em uma fazenda comercial no município de Cerqueira César-SP (latitude 23°02'08", longitude 49°09'58" e altitude de 737 metros) e transportadas imediatamente ao Laboratório de Frutas e Hortaliças do Departamento de Horticultura da Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP *Câmpus* de Botucatu/SP.

Ao chegarem no Laboratório, os frutos foram lavados em água corrente para a retirada de galhos, folhas, pedúnculos, frutas deterioradas e insetos. Após a lavagem, os frutos foram imersos por 20 minutos em solução clorada a 20mg L<sup>-1</sup> e em seguida expostas ao ar para secarem naturalmente.

### **5.2 OS TRATAMENTOS**

Os estádios de maturação que constituíram os tratamentos foram definidos visualmente, sendo eles: 100% vermelhas – T1; 50% vermelhas e 50% pretas – T2 e 100% pretas – T3 (Figuras 4a, 4b e 4c). Este método de colheita foi escolhido por ser o mais utilizado pelos produtores para este tipo de fruto.



Figuras 4a, 4b e 4c: Os 3 estádios de maturação utilizados.

Sendo também elaboradas geleias dos diferentes tipos de tratamento utilizados.

### 5.3 AS GELEIAS

Para a fabricação da geleias, os frutos foram primeiramente despulpados em despulpadeira em aço inoxidável descontinua com peneira de malha 0,5mm (Figuras 5a e 5b). Esta foi carregada com 3 kg de fruta *in natura* e mantida em funcionamento por 10 minutos.



Figuras 5a e 5b: A despulpadeira em aço inoxidável descontinua com peneira de malha 0,5 mm utilizada no experimento e a mesma em funcionamento.

A polpa foi coletada em recipientes em aço inoxidável e pesada para a fabricação da geleia. As etapas de fabricação estão dispostos no fluxograma que segue (Figura 6).

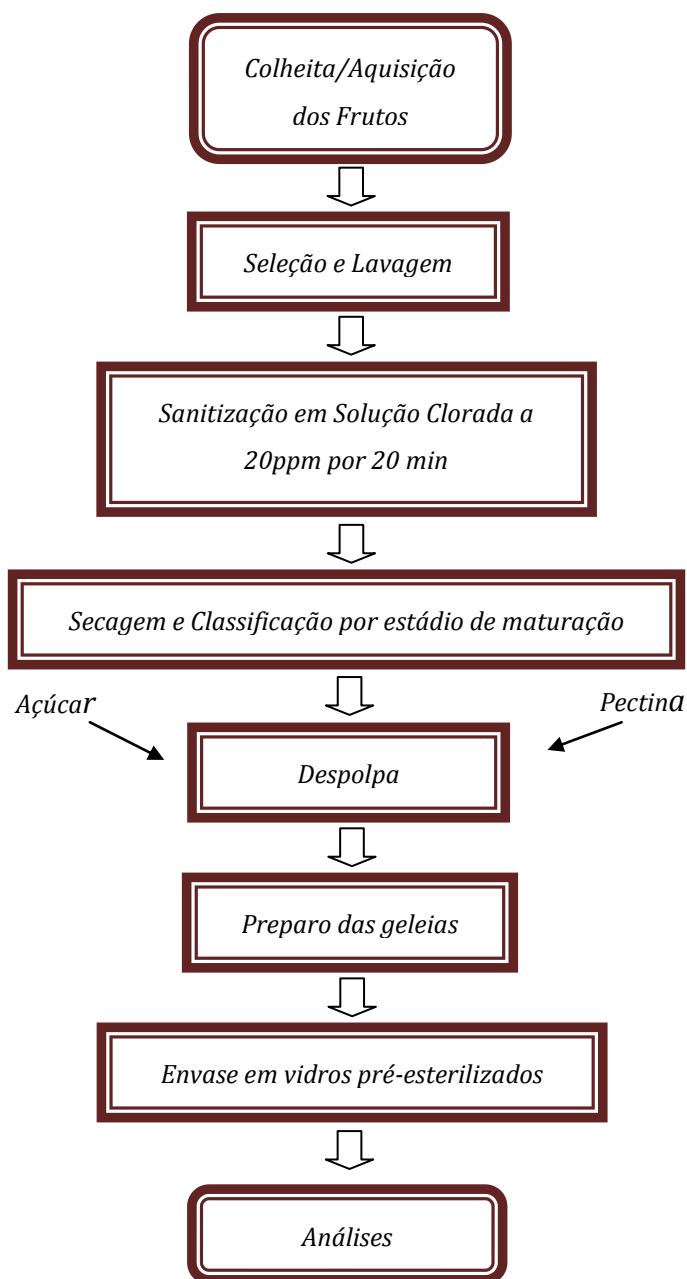


Figura 6: Fluxograma de fabricação das geleias de amora-preta desde a colheita até a etapa de análise.

A extração da polpa foi realizada no Laboratório de Bebidas e as fabricações das geleias foi realizada no Laboratório de Frutas e Hortaliças do Departamento de Produção Vegetal – Horticultura da Faculdade de Ciências Agrônômicas, UNESP, Campus de Botucatu.

As geleias foram preparadas com 50:50 (fruto:açúcar cristal comercial). Para que ocorresse a geleificação da mesma, foi utilizada pectina comercial (0,5% de pectina comercial em relação ao peso da polpa) e não se adicionou ácido cítrico devido à acidez dos frutos. Foram realizados testes preliminares para a

padronização da fórmula da geleia, que foi padrão para os 3 estádios de maturação dos frutos e para todos os tempos de armazenamento dos mesmos.

A cocção foi feita em tacho de cobre com capacidade máxima de 8L abertos, com agitação manual contínua. A polpa foi aquecida até aproximadamente 70°C e logo adicionado parte do açúcar ocorrendo a formação de espuma, a qual foi retirada com colher espumadeira ao final da cocção (Figura 7).



Figura 7: A elaboração das geléias de amora-preta, em detalhe a formação de espuma.

Próximo ao ponto final de cozimento com temperatura acima de 100°C foi adicionada a pectina e o restante do açúcar previamente misturados deixando-se chegar a concentração final de sólidos solúveis de aproximadamente 65°Brix, medido em refratômetro digital, sendo este o parâmetro base utilizado como definição do ponto final de cocção. O tempo para a realização da produção da geleia variou de 45 a 50 minutos. Após esta etapa, a geléia foi envasada a quente em embalagens de vidro com capacidade para 150g, previamente esterilizadas (autoclavadas a 120°C, 1 atm); fechadas com tampa de metal e invertidas. Após o envase as geléias foram resfriadas naturalmente e estocadas a temperatura ambiente (Figura 8).

As análises da geleia foram realizadas após 24 horas depois da fabricação das mesmas para que houvesse estabilização da textura e coloração principalmente.



Figura 8: Detalhe dos frascos para armazenamento das geléias de amora-preta.

As metodologias empregadas em cada uma das partes estão descritas a seguir.

#### **5.4 PARTE 1: Caracterização de frutos e geleias de amora-preta em 3 estádios de maturação**

Esta parte do trabalho objetivou realizar a caracterização bromatológica e de macro e micronutrientes, na ocasião da colheita, dos frutos de amora-preta e das geleias elaboradas a partir destes assim como realizar o doseamento de pectinas dos frutos nesses estádios de maturação. As avaliações realizadas foram:

##### **5.4.1 UMIDADE (Teor de Água)**

O teor de água foi determinado pelo método de secagem em estufa através da perda de massa da amostra aquecida a  $105^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ , até peso constante (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

##### **5.4.2 PROTEÍNA BRUTA**

Os valores para proteína foram calculados a partir dos teores de nitrogênio total, utilizando fator de conversão de 6,25 pelo método descrito por Horwitz, 2005 utilizando solução digestora com ácido sulfúrico em bloco de aquecimento.

##### **5.4.3 AÇÚCARES (REDUTORES, TOTAIS e SACAROSE)**

Para a avaliação dos teores dos açúcares redutores e totais, parte do extrato da geleia foi congelada para determinação posterior. A metodologia utilizada foi descrita por Somogyi (1945) adaptada por Nelson (1944). O aparelho utilizado foi o espectrofotômetro Micronal B 382, sendo a leitura realizada a 535 nm. Para o cálculo de sacarose, os teores de açúcares redutores são retirados dos teores de açúcares totais e multiplicados pelo fator (0,9). Nos frutos foram encontrados somente açúcares redutores.

##### **5.4.4 LIPÍDEOS**

Os lipídeos foram determinados pelo método de extração utilizando como extrator o éter de petróleo (HORWITZ, 2005). Para isso, foram utilizadas cerca de 3 gramas de amostra seca em estufa a  $65^{\circ}\text{C}$  até secar em cartuchos de

papel filtro quantitativo. Os cartuchos foram acoplados no equipamento Soxhlet com 200mL de éter de petróleo onde foram deixados em refluxo durante 6 a 8 horas ou até completar cerca de 30 refluxos.

#### 5.4.5 FIBRA BRUTA

Foram pesadas aproximadamente 3g de amostra já desengorduradas em cartuchos feitos de papel filtro no método descrito anteriormente e retiradas com o auxílio de 200 mL de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1,25% (p:v) colocadas em tubo digestor e em bloco de aquecimento por cerca de 30 minutos. Já a segunda digestão foi realizada no filtrado utilizando 200 mL de NaOH 1,25% (p:v) seguindo o mesmo método do anterior. A determinação foi realizada por diferença de peso dos papéis filtro antes e após as digestões (HORWITZ, 2005).

#### 5.4.6 PECTINA TOTAL, SOLÚVEL E PORCENTAGEM DE SOLUBILIZAÇÃO

A extração das substâncias pécicas foi realizada segundo a técnica descrita por McCready e McComb (1952). A determinação colorimétrica foi feita por meio da reação com carbazol, segundo a técnica de Bitter e Muir (1962). Os resultados foram expressos em mg de ácido galacturônico por 100g de polpa. O cálculo da porcentagem de solubilização foi feito a partir dos dados de pectina total e solúvel, por meio da seguinte equação: % de solubilização = (pectina solúvel/ pectina total) X 100.

#### 5.4.7 MINERAIS (N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn)

Cerca de 10 gramas de frutas e geleias foram secas em estufa de circulação forçada de ar a 105°C por 72 horas. O material foi moído em moinho tipo “Willey” e encaminhado para o Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas do Departamento de Recursos Naturais/Ciência do Solo, da FCA/UNESP, onde se procederam as análises dos teores de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn), seguindo metodologia citada por Malavolta et al., (1997).

## **5.5 PARTE 2: Caracterização física, química e físico-química dos frutos de amora-preta colhidas em 3 diferentes estádios de maturação e ao longo do período de armazenamento e as geleias elaboradas a partir dos frutos**

Esta parte teve por objetivo caracterizar quanto ao pH, acidez titulável, sólidos solúveis, '*Ratio*', coloração (L, a, Croma e °*Hue*) e açúcares (totais, redutores e sacarose) nos frutos colhidos em 3 estádios de maturação já descritos anteriormente e suas respectivas geleias elaboradas com os mesmos em cada estágio de maturação e dias de armazenamento. Os frutos utilizados foram embalados em bandejas PET (politereftalato de etileno) com tampa perfurada, com cerca de 250g de frutos em cada embalagem e avaliados a cada 3 dias perfazendo um total de 15 dias de armazenamento a 2°C e UR de 90% . As metodologias utilizadas foram:

### 5.5.1 PH (Potencial hidrogeniônico)

O pH foi mensurado na polpa triturada utilizando-se um potenciômetro (Digital DMPH-2) (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008). Segundo o CETEC, 1985, para a fabricação das geleias, o pH ótimo para a formação do gel é de 3,0 a 3,2.

### 5.5.2 ACIDEZ TITULÁVEL (AT)

A acidez titulável foi expressa em gramas de ácido cítrico por 100g de polpa (g de ácido cítrico 100g<sup>-1</sup>), obtida por meio da titulação de 5g de polpa homogeneizada e diluída para 100 ml de água destilada, com solução padronizada de hidróxido de sódio a 0,1 N, tendo como indicador a fenolftaleína, que se dá quando o potenciômetro atinge 8,1 (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008). A acidez titulável não deve exceder a 0,8g 100g<sup>-1</sup>, e o mínimo indicado é de 0,3g 100g<sup>-1</sup> para que não ocorra sinérese.

### 5.5.3 SÓLIDOS SOLÚVEIS (SS)

Determinado por refratometria, em refratômetro digital tipo Palette PR – 32 marca ATAGO, com compensação de temperatura automática (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008). Os resultados foram expressos em °Brix.

#### 5.5.4 RELAÇÃO SS/AT (“Ratio”)

É a razão entre os sólidos solúveis e acidez titulável, que também pode ser entendida como índice de maturação. Os resultados desta análise são adimensionais.

#### 5.5.5 COLORAÇÃO

A coloração foi realizada com medição em dois pontos de cada fruto e de cada geleia, de cada repetição utilizando-se de colorímetro Chroma Meter da marca Minolta CR300, expressa pelo sistema com escala CIELAB. A coloração foi expressa pelo sistema de coordenadas retangulares  $L^*$   $a^*$   $b^*$  conforme a CIE (Comission Internatinal de E'clairage), onde  $L^*$  expressa em porcentagem valores de luminosidade (0% = negro e 100% = branco),  $a^*$  representa as cores vermelha (+) ou verde (-), Os valores de  $a^*$  e  $b^*$  foram convertidos ao índice  $c^*$  (Croma), obtido da raiz quadrada de  $a^{*2} + b^{*2}$  e o  $^{\circ}Hue$ , que foi calculado usando a formula  $^{\circ}Hue = \tan^{-1}b^*/a^*$ . O  $^{\circ}Hue$  possui variação de: 0 a 12° para a coloração vermelha, 13 a 41° para a coloração alaranjada, 42 a 69° para a coloração amarelo. 70 a 166° para verde, 167 a 251° para azul, 252 a 305° para violeta e 306 a 359 para vermelho, perfazendo 360°. No trabalho, os mesmos foram citados como Valor ‘L’, ‘a’, Croma e ângulo de cor ( $^{\circ}Hue$ ).

#### 5.5.6 FIRMEZA

A firmeza ou textura foi determinada nos frutos com o auxílio do Texturômetro (STEVENS – LFRA texture analyser) com a distância de penetração de 10mm e velocidade de 2,0mm seg<sup>-1</sup>, utilizando-se o ponteiro TA 9/1000. O valor obtido para determinar a firmeza em grama-força por centímetro quadrado (g f<sup>1</sup>) é definido como a força máxima requerida para que uma parte do ponteiro penetre na polpa do produto.

#### 5.5.7 AÇÚCARES REDUTORES

Para a análise dos açúcares redutores, uma parte do extrato da geleia foi congelada para a determinação posterior dos teores de açúcares. A metodologia utilizada foi descrita por Somogyi, adaptada por Nelson (1944). O aparelho utilizado foi o espectrofotômetro Micronal B 382, sendo a leitura realizada a 535 nm.

### 5.5.8 PERDA DE MASSA FRESCA

A análise tem a finalidade de determinar a perda de massa fresca em produtos frescos no decorrer do período de armazenamento. Para isso, foram escolhidas amostras representativas de cada tratamento e pesadas ao longo do período de armazenamento. Através de um cálculo, pode-se determinar quanto foi perdido em massa (%).

Cálculo:

$$\% \text{ perda de massa fresca} = 100 - (\text{PA} \times 100/\text{PI})$$

PI = peso inicial (dia zero)

PA = peso no dia de avaliação

### 5.5.9 TAXA RESPIRATÓRIA

A determinação da taxa de respiração foi realizada de forma indireta em respirômetro, pela medida do CO<sub>2</sub> liberado, de acordo com metodologia adaptada de Bleinroth et al. (1976).

A taxa de respiração foi calculada pela seguinte fórmula:

$$\text{TCO}_2 = 2,2(\text{Vo}-\text{V1}).10/ \text{P.T}$$

TCO<sub>2</sub> = Taxa de respiração (ml CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>);

Vo = Volume gasto de HCl para titulação de hidróxido de potássio – padrão antes da absorção de CO<sub>2</sub> (ml);

V1 = Volume gasto de HCl para titulação de hidróxido de potássio após a absorção do CO<sub>2</sub> da respiração (ml);

P = peso dos frutos;

T = Tempo da respiração;

2,2 = Inerente ao equivalente de CO<sub>2</sub> (44/2), multiplicado pela concentração do ácido clorídrico;

10 = Ajuste para o total de hidróxido de potássio usado no experimento.

### 5.5.10 ANÁLISE SENSORIAL

Amostras dos frutos e geleias foram levadas ao laboratório de Química e Bioquímica da Faculdade Eduvale de Avaré nos dias de montagem do experimento (tempo 0) e a cada dia de análise, para os frutos e 1 dia após a elaboração das geleias onde os mesmos foram avaliados quanto ao sabor, aroma, firmeza e avaliação geral por 50 provadores não selecionados e não treinados. Os mesmos foram

divididos em bancadas e onde foram servidos 1 amostra de fruto/geléia de cada tratamento ou dias de armazenamento. A geleia foi servida em copinho de 50mL com faca e torrada e foram instruídos sobre como avaliá-las. As notas foram atribuídas utilizando escala hedônica de 11 pontos, sendo 0 desgostei muitíssimo, 2 desgostei muito, 4 desgostei pouco, 6 gostei pouco, 8 gostei muito e 10 gostei muitíssimo, conforme figura 9.

As amostras foram distribuídas aos provadores de modo aleatório, com as amostras numeradas, sendo que os mesmos não tiveram conhecimento sobre os tratamentos utilizados no trabalho.

<b>Nome:</b> _____		<b>Dia de análise:</b> _____	
<b>Você está recebendo 1 amostra de fruto/geleia de cada tratamento ou dia de análise de amora-preta. Avalie-as atribuindo notas de 0 a 10, sendo 0, desgostei muitíssimo; 2, desgostei muito; 4, desgostei pouco; 6, gostei pouco; 8, gostei muito e 10, gostei muitíssimo.</b>			
<b>Sabor:</b>	Amostra 1: _____.	Amostra 2: _____.	Amostra 3: _____.
<b>Aroma:</b>	Amostra 1: _____.	Amostra 2: _____.	Amostra 3: _____.
<b>Firmeza:</b>	Amostra 1: _____.	Amostra 2: _____.	Amostra 3: _____.
<b>Avaliação Geral:</b>	Amostra 1: _____.	Amostra 2: _____.	Amostra 3: _____.

Figura 9: Modelo da Ficha de avaliação sensorial individual das amostras de frutos e geleias.

### **5.6 PARTE 3: Caracterização bioquímica de frutos e geleia de amora-preta em 3 estádios de maturação ao longo do período de armazenamento**

Esta parte teve por objetivo realizar a caracterização bioquímica a partir da avaliação dos compostos fenólicos totais, carotenóides e antocianinas, atividade antioxidante por 2 diferentes métodos em frutos e geleia de amora-preta e ácido ascórbico e atividade das enzimas poligalacturonase e pectinametilesterase em frutos de amora-preta na ocasião da colheita e aos 3; 6; 9; 12 e 15 dias de armazenamento a 2°C e UR 90±5%. As avaliações realizadas foram:

#### **5.6.1 POLIFENÓIS**

A análise foi realizada na matéria fresca, de acordo com o método espectrofotométrico com reagente Folin–Ciocalteu (SINGLETON et al., 1999). Cerca de 1g de amostras seca a 105°C e finamente moídas, foram pesadas e colocadas em tubos de centrífuga contendo acetona 50%. Após 20 minutos no banho ultra-sônico as amostras foram centrifugadas por 10 minutos e o sobrenadante recolhido. O precipitado foi re-extraído e os sobrenadantes combinados. A reação foi conduzida em

temperatura ambiente com 0,1 mL do sobrenadante adicionado de 0,5 mL do reagente Folin–Ciocalteu com mais 2,5 mL de uma solução saturada de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . Após 2 horas de reação (completa precipitação do carbonato), a leitura da absorbância foi obtida a 725 nm e os resultados foram comparados à curva padrão de ácido gálico, já que este ácido fenólico é o mais utilizado como padrão na literatura científica. Os resultados foram expressos em mg de ácido gálico  $\text{g}^{-1}$ .

### 5.6.2 CAROTENÓIDES e ANTOCIANINAS

A extração dos pigmentos carotenóides e antocianinas foi realizada na matéria fresca segundo o método validado por Sims e Gamon (2002). As amostras foram pulverizadas em nitrogênio líquido, pesadas e homogeneizadas com 3 ml de uma solução gelada de acetona/Tris-HCl (80:20, v:v, pH 7,8 0,2M), durante 1 minuto. A extração foi conduzida em gelo e protegida da luz. Em seguida, as amostras foram centrifugadas por 5 minutos e os sobrenadantes foram imediatamente conduzidos para leitura em espectrofotômetro UV/VIS na região do visível a 537 nanômetros (antocianina) e 470 (carotenóides). Os valores de absorbância foram convertidos em  $\mu\text{g g}^{-1}$ .

### 5.6.3 VITAMINA C

O método utilizado para determinação da vitamina C foi descrito por Terada et al. (1978) com algumas modificações. Cerca de 300mg de amostra fresca foram homogeneizados com ácido oxálico (0,5%) durante 20 segundos. Em seguida, foram submetidas à centrifugação a 10.000 giros por 15 minutos. Uma alíquota de 0,5ml do sobrenadante foi combinado com 150 $\mu\text{l}$  de uma solução aquosa a 0,25% de 2,6-dichlorophenolindophenol, 1ml de uma solução 9N de ácido sulfúrico (98%) e 2,4-Dinitrophenylhydrazine e com 50 $\mu\text{L}$  de tiouréia 10% em Etanol 50%. A mistura foi submetida a banho fervente por 15 minutos e após a estabilidade da temperatura dos frascos, foi adicionado 5ml de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  85% e a leitura procedida à 520nm. Os resultados foram comparados com a curva padrão de ácido ascórbico 100 $\mu\text{g mL}^{-1}$  em ácido oxálico 0,5% construída da mesma maneira das amostras. A determinação foi realizada somente nos frutos frescos já que a mesma é facilmente perdida durante a elaboração das geleias.

#### 5.6.4 ATIVIDADE SEQUESTRANTE DO RADICAL DPPH

Uma alíquota (500 $\mu$ L) do extrato foi adicionado a 3mL de etanol 100% que recebeu também 300 $\mu$ L de solução DPPH (0,5mM em etanol). A medida da absorbância a 517nm foi determinada usando um espectrofotômetro (SINGLETON et al. 1999). Esta medida foi considerada para os cálculos de atividade antioxidante em que os valores da mesma concentração do extrato analisado estivessem estáveis. Os resultados foram expressos em capacidade antioxidante equivalente de TROLOX-TEAC em  $\mu$ mol g<sup>-1</sup> de amostra conforme curva padrão (BRAND-WILLIAMS et al.,1995).

#### 5.6.5 ATIVIDADE ANTIOXIDANTE TOTAL PELO MÉTODO DE REDUÇÃO DO FERRO (FRAP)

Para a obtenção do extrato foram utilizadas cerca de 300mg da fruta e geleia pesadas em béquer de 100mL com 40mL de metanol a 50% e homogeneizados. O mesmo foi centrifugado seguidas vezes, sendo a primeira com 40mL de metanol a 50% e a segunda, o precipitado foi centrifugado com 40mL de acetona a 70%, em centrífuga. Após a homogeneização, a leitura foi realizada a 595nm (RUFINO et al. 2006). Os resultados foram expressos em  $\mu$ M sulfato ferroso g<sup>-1</sup> de fruta ou geleia.

#### 5.6.6 ATIVIDADE DA PECTINAMETILESTERASE - PME (EC 3.1.1.11) E DA POLIGALACTURONASE – PG (EC 3.2.1.15)

A determinação da atividade da poligalacturonase seguiu a metodologia descrita por Pressey e Avants (1982) homogeneizando-se (aparelho Polytron) 5g de amostra em água destilada resfriada. Uma unidade de atividade da poligalacturonase foi considerada como a quantidade de enzima capaz de catalisar a formação de um nmol de grupos redutores por minuto nas condições do ensaio. Os resultados foram expressos em U.A. min<sup>-1</sup> grama de tecido<sup>-1</sup>.

A atividade de pectinametilesterase (PME) foi determinada segundo Hultin et al. (1966). Um mililitro do extrato enzimático foi adicionado em 30 mL de pectina cítrica 1% em NaCl 0,2M. O pH da solução foi mantido em torno de 7,0, por dez minutos, com NaOH 0,01N. Uma unidade de PME foi definida como a quantidade de enzima capaz de catalisar a desmetilação de pectina correspondente ao

consumo de 1 nmol de NaOH  $\text{min}^{-1} \text{g}^{-1}$  de massa fresca, nas condições do ensaio. O resultado foi expresso em U.A.  $\text{min}^{-1} \text{grama de tecido}^{-1}$ .

### **5.7 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISE ESTATÍSTICA**

Os experimentos foram conduzidos em delineamento inteiramente casualizado (D.I.C.), compostos por três tratamentos.

A parte 1 foi avaliada somente na ocasião da colheita e os demais compuseram um fatorial 3 x 6 (3 estádios de maturação x 6 dias de análise). Cada tratamento foi composto de cinco repetições, estas formadas por bandejas com cerca de 300 gramas de fruto para cada dia de análise ou 3 potes com cerca de 150g de geleia.

Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Para realizar a correlação dos dados analisados foi feita a análise de Correlação de Pearson e utilizado o programa Sigmastat 3.5. Esta análise permite avaliar se os dados encontrados possuem algum tipo de correlação, positiva ou negativa entre si a 5% de probabilidade.

## 6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 6.1 PARTE 1: Caracterização de frutos e geleia de amora-preta em 3 estádios de maturação

A amora-preta apresenta alto conteúdo de água, conforme os resultados encontrados para os diferentes estádios de maturação, que apresentaram valores entre 87,07 e 90,22g 100g<sup>-1</sup> nos tratamentos 3 e 1, respectivamente (Tabela 1). Nota -se que quanto mais imaturo, maior a quantidade de água. Os valores encontrados para esta característica são semelhantes aos encontrados por Hirsh (2011) estudando diferentes cultivares de amora preta. O autor encontrou resultados que variaram de 84,8 a 90,3g 100g<sup>-1</sup> nas cultivares ‘Seleção 02/96’ e ‘Cherokee’ respectivamente. Outros autores também encontraram resultados semelhantes para a amora-preta, sendo 91,38g 100g<sup>-1</sup> relatado por Araújo (2009) e 88g 100g<sup>-1</sup> por Chim (2008) para a cultivar ‘Tupy’, a mesma utilizada no presente trabalho.

Os valores de proteína, neste estudo, variaram de 0,097 a 0,1191g 100g<sup>-1</sup> e não apresentaram diferenças estatísticas entre si. Os experimentos de Hirsh (2011) mostram que para as cultivares ‘Tupy’ e ‘Seleção 03/001’ os valores variaram de 0,09 a 0,14g 100g<sup>-1</sup>. Segundo Antunes (2002), o morango, mirtilo e framboesa, apresentam baixos teores de proteínas e de gordura (em torno de 0,80 e 0,15g 100g<sup>-1</sup> respectivamente, em base úmida), semelhantes aos encontrados para a amora-preta no presente estudo.

Já os teores de açúcares redutores apresentaram valores que variaram de 6,9735 a 8,6416g 100g<sup>-1</sup> nos frutos colhidos precocemente e tardiamente respectivamente. A polpa de amora-preta estudada por Araújo (2009) apresentou menor teor de açúcares totais e redutores quando comparada à polpa deste estudo.

Os lipídeos apresentaram variação de 0,1320 a 0,1575g 100g<sup>-1</sup> nas cultivares colhidas precocemente e tardiamente respectivamente. Estes dados são semelhantes aos encontrados por Hirsh, (2011) na variedade estudada no presente trabalho. O autor encontrou resultados que variaram de 0,15g 100g<sup>-1</sup> na cultivar ‘Tupy’ e 0,30g 100g<sup>-1</sup> na ‘Seleção 02/96’.

Os frutos da amoreira-preta, assim como as demais frutas cuja película é consumida conjuntamente, apresentam teores de fibra bruta em torno 5%, o que sugere benefícios relacionados à sua ingestão como uma possível regulação do trato intestinal (ARAÚJO, 2009). As fibras alimentares variaram de 4,1190 a 5,2944g 100g<sup>-1</sup> nas amoras colhidas 100% pretas e 100% vermelhas, respectivamente. Hirsh (2011) descreve resultados superiores aos encontrados neste experimento (5,5 a 5,8g 100g<sup>-1</sup> para as diferentes cultivares estudadas). Os teores de fibras brutas de amora assemelharam-se aos valores descritos por Araújo (2009) para polpa de amora-preta cv. ‘Tupy’, safra 2007/2008.

Os teores de umidade, proteína, açúcares redutores, lipídeos e fibra alimentar estão dispostos na Tabela 1.

Tabela 1: Umidade (g 100g<sup>-1</sup>), Proteínas (g 100g<sup>-1</sup>), Açúcar Redutor (g 100g<sup>-1</sup>), Lipídeos (g 100g<sup>-1</sup>) e Fibra Alimentar (g 100g<sup>-1</sup>) de frutos de amora-preta colhidos em 3 diferentes estádios de maturação . Botucatu-SP, 2013.

	Frutos de amora-preta			CV(%)
	100% Vermelho	50% vermelho, 50% preto	100% preto	
Umidade (g 100g <sup>-1</sup> )	90,22 a	87,62 ab	87,07 b	1,9
Proteína (g 100g <sup>-1</sup> )	0,0976 a	0,1107 a	0,1191 a	12,97
Açúcar Redutor (g 100g <sup>-1</sup> )	6,9735 b	8,5694 a	8,6416 a	23,13
Lipídeos (g 100g <sup>-1</sup> )	0,1320 a	0,1684 a	0,1575 a	85,47
Fibra Bruta (g 100g <sup>-1</sup> )	5,2944 a	4,8347 ab	4,1190 b	9,13

\* Letras minúsculas diferentes na mesma linha indicam diferenças estatísticas entre cada amostra analisada (p < 0,05) (teste de Tukey).

O conteúdo de pectina total mostra que quanto mais tardio o estádio de maturação, menor o seu teor. Desempenho contrário ocorre com a pectina solúvel. Estudos realizados por Antunes et al. (2006) mostram que após a colheita, os

frutos da cv. ‘Brazos’ apresentaram teores de pectina total de cerca de 600mg de ác. galacturônico  $100\text{g}^{-1}$ , semelhantes ao tratamento 1 deste experimento e aproximadamente 320 mg de ác. galacturônico  $100\text{g}^{-1}$  na cv. ‘Comanche’ e de 220 e 135mg de ác. galacturônico  $100\text{g}^{-1}$  para as mesmas cultivares para pectina solúvel (Tabela 2). Frutos com elevada porcentagem de pectina solúvel são geralmente de firmeza fraca e pouco resistentes ao transporte e armazenamento (CARVALHO, 1994), pois seu aumento reflete na degradação da parede celular e amolecimento dos frutos. Além do armazenamento, a quantificação dos teores de pectina são importantes, pois estes interferem nos aspectos tecnológicos estudados neste trabalho, a elaboração de geleia.

Tabela 2: Pectina Solúvel, Total (mg de ác. galacturônico  $100\text{g}^{-1}$ ) e Porcentagem de Solubilização em frutos de amora-preta colhidos em 3 diferentes estádios de maturação . Botucatu-SP, 2013.

	Frutos de amora-preta			CV(%)
	100% Vermelho	50% vermelho, 50% preto	100% preto	
Pectina Solúvel (mg de ác. gal. $100\text{g}^{-1}$ )	169,00 a	347,33 b	494,67 a	16,82
Pectina Total mg de ác. gal. $100\text{g}^{-1}$ )	560,33 a	215,67 b	182,00 b	11,66
% de Solubilização	0,31 c	1,64 b	2,73 a	23,00

\* Letras minúsculas diferentes na mesma linha indicam diferenças estatísticas entre cada amostra analisada ( $p < 0,05$ ) (teste de Tukey).

Os valores encontrados para umidade das geleias de amora-preta em todas as amostras dos diferentes tratamentos foram semelhantes aos recomendados pela norma vigente (Normas Técnicas Relativas a Alimentos e Bebidas, constantes da Resolução nº 12 de 24 de julho de 1978) que estabelece valores nutricionais dos alimentos ( $38\text{g } 100\text{g}^{-1}$ ). Mota (2006) encontrou valores de umidade que variaram de 43,22 a  $49,82\text{g } 100\text{g}^{-1}$  para as cultivares ‘Brazos’ e ‘Seleção 97’ respectivamente.

As geleias de amora preta apresentaram teores de proteínas que variaram de 0,0130 a  $0,0193\text{g } 100\text{g}^{-1}$  nas amoras de estágio de maturação intermediário e 100% pretas, respectivamente (Tabela 3).

Observou-se que para quantidade de açúcar redutor, as amostras apresentaram valores semelhantes. O mesmo pode-se dizer com relação aos teores de açúcar total. Pode-se perceber que os valores encontrados foram inferiores aos apresentados nos trabalhos de Nachtigall et al. (2004) ( $64,62\text{g } 100\text{g}^{-1}$ ) para geleia de amora.

O conteúdo de lipídeos das amostras avaliadas não apresentou diferenças estatísticas, assim como, os teores de fibras alimentares.

É importante ressaltar que a amora-preta apresenta poucos estudos quanto sua composição química e não está incluída nos Guias Brasileiros de Composição de Alimentos – TACO (Tabela brasileira de composição de alimentos) (NEPA, 2011).

Tabela 3: Umidade ( $\text{g } 100\text{g}^{-1}$ ), Proteínas ( $\text{g } 100\text{g}^{-1}$ ), Açúcar Redutor ( $\text{g } 100\text{g}^{-1}$ ), Açúcar Total ( $\text{g } 100\text{g}^{-1}$ ), Sacarose ( $\text{g } 100\text{g}^{-1}$ ), Lipídeos ( $\text{g } 100\text{g}^{-1}$ ) e Fibra Alimentar ( $\text{g } 100\text{g}^{-1}$ ) de geleias elaboradas a partir de frutos de amora-preta colhidos em 3 diferentes estádios de maturação . Botucatu-SP, 2013.

	Geleia de amora-preta			CV (%)
	100% Vermelho	50% vermelho, 50% preto	100% preto	
Umidade ( $\text{g } 100\text{g}^{-1}$ )	36,4433 a	38,8338 a	37,6456 a	3,82
Proteína ( $\text{g } 100\text{g}^{-1}$ )	0,0184 ab	0,0130 b	0,0193 a	21,46
Açúcar Redutor ( $\text{g } 100\text{g}^{-1}$ )	36,0930 a	37,7448 a	34,9476 a	11,89
Açúcar Total ( $\text{g } 100\text{g}^{-1}$ )	60,0899 a	61,8471 a	59,5441 a	12,84
Sacarose ( $\text{g } 100\text{g}^{-1}$ )	21,0706 a	21,6399 a	22,0972 a	6,18
Lipídeos ( $\text{g } 100\text{g}^{-1}$ )	0,0980 a	0,0966 a	0,1542 a	61,39
Fibra Bruta ( $\text{g } 100\text{g}^{-1}$ )	0,6558 a	0,5626 a	0,5468 a	26,51

\* Letras minúsculas diferentes na mesma linha indicam diferenças estatísticas entre cada amostra analisada ( $p < 0,05$ ) (teste de Tukey).

Os gráficos de correlação permitem realizar uma avaliação quantitativa do desempenho de diferentes parâmetros em relação a outro, considerando o grau de similaridade existente entre os sinais instrumentais obtidos para os dois parâmetros (Tabela 4). Os valores normalizados para uma série de medidas consecutivas podem ser representados graficamente e comparados com a situação ideal, isto é, quando se observa uma correlação perfeita entre os sinais dos parâmetros em teste. Os parâmetros obtidos por meio da regressão linear dos pontos do gráfico de correlação são empregados para essa avaliação (CORREIA; OLIVEIRA, 2005).

O coeficiente de correlação ( $r$ ) reflete o grau de similaridade entre as variações dos sinais obtidos para os parâmetros. Idealmente, o coeficiente de correlação para esse gráfico deve assumir valor igual a 1.

Pode-se notar que a maioria dos parâmetros, quando correlacionados, não apresentaram resultados positivos ou negativos, com exceções. As exceções estão mostradas em destaque na tabela que segue.

O primeiro caso apresentado é a correlação negativa entre umidade e proteínas dos frutos que pode ser explicado pelo fato de quanto maior a quantidade de água presente nos frutos, menor a quantidade do extrato seco (-0,548) e isso reflete diretamente na quantificação das proteínas, porém quanto aos demais componente do extrato seco, isso não pode ser comprovado.

Os açúcares redutores presentes nos frutos apresentaram correlação positiva com a umidade das geleias (0,677) e negativas com a quantificação de fibras nos frutos (-0,673) e açúcar total (-0,53) nas geleias.

A quantidade de fibras presentes nos frutos possui correlação positiva com a quantidade de açúcares redutores das geleias (0,613).

Outro caso de correlação é entre a quantidade de proteínas presentes nas geleias avaliadas e o açúcar total (0,602) e Sacarose (0,628) das mesmas.

Apesar dos casos descritos acima apresentarem possível correlação, o maior coeficiente de correlação dos parâmetros é apresentado pelo açúcar total e sacarose das geleias (0,958). Sabe-se que o açúcar total é o somatório dos açúcares redutores e açúcares não redutores, sacarose no caso.

TABELA 4: Matriz de correlação entre Umidade (g 100g<sup>-1</sup>), Proteínas (g 100g<sup>-1</sup>), Açúcar Redutor - AR (g 100g<sup>-1</sup>), Lipídeos (g 100g<sup>-1</sup>) e Fibra Alimentar (g 100g<sup>-1</sup>) de frutos de amora-preta e geleia elaborada com os frutos colhidos em 3 diferentes estádios de maturação, Açúcar Total - AT (g 100g<sup>-1</sup>) e Sacarose (g 100g<sup>-1</sup>) em geleia. Botucatu-SP, 2013.

CARACTERIZAÇÃO	Proteína (frutos)	AR (frutos)	Lipídeo (frutos)	Fibras (frutos)	Umidade (geleias)	Proteína (geleias)	AR (geleias)	AT (geleias)	Sacarose (geleias)	Lipídeo (geleias)	Fibras (geleias)
Umidade (frutos)	-0,548	-0,421	-0,260	0,331	-0,414	-0,217	0,326	0,336	0,216	-0,060	-0,120
	0,034	0,118	0,350	0,227	0,125	0,438	0,236	0,220	0,440	0,836	0,669
Proteína (frutos)		0,204	0,333	-0,420	0,197	0,104	-0,479	-0,157	-0,006	0,093	0,016
		0,465	0,226	0,120	0,482	0,713	0,071	0,576	0,983	0,742	0,955
AR (frutos)			-0,424	-0,673	0,677	-0,084	-0,477	-0,530	-0,350	0,245	-0,227
			0,115	0,006	0,001	0,764	0,072	0,042	0,201	0,378	0,416
Lipídeo (frutos)				0,084	-0,337	-0,020	0,145	0,211	0,153	-0,025	0,019
				0,767	0,219	0,944	0,606	0,450	0,587	0,929	0,945
Fibras (frutos)					-0,467	0,008	0,613	0,062	-0,121	-0,490	0,307
					0,080	0,978	0,015	0,828	0,667	0,064	0,266
Umidade (geleias)						-0,065	-0,178	-0,457	-0,370	-0,009	-0,484
						0,817	0,526	0,087	0,175	0,974	0,068
Proteína (geleias)							-0,250	0,602	0,628	0,248	0,220
							0,369	0,018	0,012	0,372	0,431
AR (geleias)								-0,122	-0,403	-0,057	-0,229
								0,664	0,136	0,841	0,413
AT (geleias)									0,958	0,175	0,088
									<0,001	0,532	0,755
Sacarose (geleias)										0,178	0,148
										0,525	0,060
Lipídeo (geleias)											-0,194
											0,489

O primeiro valor corresponde ao coeficiente de correlação (Pearson) e o segundo, ao valor da probabilidade (P). Observou-se correlação significativa (positiva ou negativa, conforme o sinal indicado) nas células marcadas. A correlação é significativa quando P é menor que 0,05.

Os minerais são vitais para a saúde e são a chave para o desenvolvimento do corpo e seu metabolismo, os movimentos dos músculos e o balanceamento da água entre muitos outros processos (WARDLAW et. al, 1994). Os macrominerais, assim definidos por sua abundância percentual no corpo humano (superior a 0,05%); são os seguintes: cálcio, fósforo, potássio, enxofre, sódio, cloro e magnésio. Já os microminerais, também denominados "elementos-traço", são necessários em pequenas quantidades diárias (miligramas ou microgramas), para manutenção da normalidade metabólica e funcionamento adequado das células.

As frutas são exemplos de importantes fontes de elementos essenciais. Os minerais desempenham uma função vital no peculiar desenvolvimento e boa saúde do corpo humano e as frutas são consideradas as principais fontes de minerais necessários na dieta humana (HARDISSON, 2001). Por este motivo foi realizada a caracterização dos minerais nos frutos e geleia de amora-preta.

Os teores dos minerais (Cálcio, Fósforo, Potássio, Enxofre, Magnésio, Nitrogênio, Boro, Cobre, Ferro, Manganês e Zinco) estão apresentados na tabela 3. Pode-se notar que alguns minerais apresentaram diminuição nos seus teores quanto maior o estágio de maturação dos frutos (fósforo, cobre, ferro e manganês). Apenas o boro apresentou comportamento contrário.

Quanto ao teor de cálcio, os tratamentos não diferenciaram entre si. De acordo com Guedes et al. 2013, o maior teor de cálcio (Ca) foi encontrado nas cultivares 'Cherokee' e 'Xavante', com 2,33 e 2,21g kg<sup>-1</sup> respectivamente, superiores aos encontrados nos frutos estudados neste experimento. De acordo com Hawkesford et al. (2002), o cálcio é o principal componente da parede celular vegetal com a função de manutenção da integridade e permeabilidade das células. Neste experimento não foi verificada diferença estatística entre os estádios de maturação estudados porém pode-se notar uma leve tendência à queda, o que é evidenciado com a perda de firmeza apresentada pelos frutos mais maduros.

Guedes et al. (2013) estudando diferentes cultivares de amora-preta verificou que os cultivares 'Choctaw', 'Tupy' e 'Xavante' apresentaram os maiores teores de fósforo (1,99; 1,99 e 1,96g kg<sup>-1</sup>), e o teor mais baixo foi observado na cultivar 'Ebano' (1,09g kg<sup>-1</sup>), semelhantes aos encontrados no experimento.

Já quanto ao magnésio (Mg), Guedes et al. (2013) relata uma variação de 1,00g kg<sup>-1</sup> para a cultivar 'Ébano' a 2,14g kg<sup>-1</sup> para a cultivar 'Chocta', sendo o teor médio de 1,59g kg<sup>-1</sup>, semelhantes aos encontrados neste experimento.

Os teores de cobre (Cu) evidenciaram redução significativa entre os estádios de maturação dos frutos, sendo que os mesmos variaram de 11,4004 a 14,00mg kg<sup>-1</sup> nos frutos 100% preto e 100% vermelho respectivamente.

Os teores de Ferro (Fe) também apresentaram diferenças estatísticas entre os estádios de maturação dos frutos. Estes dados variaram de 32,00 nos frutos 100% preto a 96,2047mg kg<sup>-1</sup> nos frutos 100% vermelho.

Já o Magnésio (Mg) apresentou grandes variações (69,4059 a 236,2084mg kg<sup>-1</sup>) nos frutos maduros e imaturos respectivamente. O manganês desempenha uma importante função na composição da molécula de clorofila, portanto, quanto maior a maturidade os frutos, menores os níveis deste mineral (MALAVOLTA et al. 2002). Estes níveis serão melhor evidenciados quando apresentados os parâmetros de coloração já que os frutos imaturos apresentam altos índices de clorofila, sendo esta degradada ao longo da maturação dos frutos.

O Zinco não apresentou diferenças estatísticas entre os estádios de maturação avaliados no presente experimento, porém pode-se observar leve tendência à diminuição. Em seus trabalhos, Malavolta et al. (2002) descreve o zinco como elemento envolvido na síntese e degradação de açúcares.

Os teores de minerais em frutos são muito dependentes do solo, da fertilidade, das condições climáticas e cultivares (NOUR et al. 2011). Os resultados encontrados de macro e microminerais dos frutos de amora-preta 'Tupy' nos 3 estádios de maturação são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5: Cálcio ( $\text{g kg}^{-1}$ ), Fósforo ( $\text{g kg}^{-1}$ ), Potássio ( $\text{g kg}^{-1}$ ), Enxofre ( $\text{g kg}^{-1}$ ), Magnésio ( $\text{g kg}^{-1}$ ), Nitrogênio ( $\text{g kg}^{-1}$ ), Boro ( $\text{mg kg}^{-1}$ ), Cobre ( $\text{mg kg}^{-1}$ ), Ferro ( $\text{mg kg}^{-1}$ ), Manganês ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) e Zinco ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) de frutos de amora-preta colhidos em 3 diferentes estádios de maturação. Botucatu-SP, 2013.

	Frutos de amora-preta			CV(%)
	100% Vermelho	50% vermelho, 50% preto	100% preto	
Cálcio ( $\text{g kg}^{-1}$ )	1,95 a	1,86 a	1,44 a	23,62
Fósforo ( $\text{g kg}^{-1}$ )	1,47 a	1,31 b	1,31 b	6,25
Potássio ( $\text{g kg}^{-1}$ )	8,34 a	7,46 a	8,08 a	7,06
Enxofre ( $\text{g kg}^{-1}$ )	1,54 a	1,45 a	1,40 a	6,05
Magnésio ( $\text{g kg}^{-1}$ )	1,88 a	1,86 a	1,72 a	7,23
Nitrogênio ( $\text{g kg}^{-1}$ )	14,40 a	14,88 a	14,65 a	10,86
Boro ( $\text{mg kg}^{-1}$ )	12,14 b	22,75 a	22,30 a	13,29
Cobre ( $\text{mg kg}^{-1}$ )	14,00 a	12,85 ab	11,40 b	9,07
Ferro ( $\text{mg kg}^{-1}$ )	96,20 a	48,40 ab	32,00 b	9,67
Manganês ( $\text{mg kg}^{-1}$ )	236,20 a	112,40 b	69,40 b	10,94
Zinco ( $\text{mg kg}^{-1}$ )	18,60 a	17,40 a	16,60 a	11,36

\* Letras minúsculas diferentes na mesma linha indicam diferenças estatísticas entre cada amostra analisada ( $p < 0,05$ ) (teste de Tukey).

Comparando as tabelas 5 e 6, pode-se notar que grande parte dos minerais analisados apresentaram grandes diminuições. Este fato pode ser explicado pelo fato de no processamento, grande parte dos minerais fica retida nas sementes e película. Outro fator importante a ser levado em consideração é devido à quantidade de polpa de fruta utilizada na formulação da geleia ser de 50%. Os valores de minerais das geleias de amora-preta estão dispostos na tabela 6.

Para alguns minerais os resultados revelaram decréscimos significativos com o avanço da maturação do fruto (potássio, cobre, ferro e manganês).

Tabela 6: Cálcio ( $\text{g kg}^{-1}$ ), Fósforo ( $\text{g kg}^{-1}$ ), Potássio ( $\text{g kg}^{-1}$ ), Enxofre ( $\text{g kg}^{-1}$ ), Magnésio ( $\text{g kg}^{-1}$ ), Nitrogênio ( $\text{g kg}^{-1}$ ), Boro ( $\text{mg kg}^{-1}$ ), Cobre ( $\text{mg kg}^{-1}$ ), Ferro ( $\text{mg kg}^{-1}$ ), Manganês ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) e Zinco ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) em geleias elaboradas de frutos de amora-preta colhidos em 3 diferentes estádios de maturação. Botucatu-SP, 2013.

	Geleia de amora-preta			CV(%)
	100% Vermelho	50% vermelho, 50% preto	100% preto	
Cálcio ( $\text{g kg}^{-1}$ )	1,96 a	1,95 a	1,98 a	2,26
Fósforo ( $\text{g kg}^{-1}$ )	0,03 a	0,03 a	0,03 a	2,62
Potássio ( $\text{g kg}^{-1}$ )	0,60 a	0,51 ab	0,47 b	12,7
Enxofre ( $\text{g kg}^{-1}$ )	1,03 a	1,04 a	1,02 a	3,19
Magnésio ( $\text{g kg}^{-1}$ )	0,09 a	0,09 a	0,09 a	3,31
Nitrogênio ( $\text{g kg}^{-1}$ )	0,45 a	0,27 a	0,14 a	35,39
Boro ( $\text{mg kg}^{-1}$ )	1,58 a	1,76 a	1,37 a	22,14
Cobre ( $\text{mg kg}^{-1}$ )	11,96 a	6,53 b	2,66 b	56,1
Ferro ( $\text{mg kg}^{-1}$ )	22,07 a	7,67 b	7,02 b	47,4
Manganês ( $\text{mg kg}^{-1}$ )	5,85 a	0,98 b	0,96 b	61,59
Zinco ( $\text{mg kg}^{-1}$ )	2,27 a	1,76 a	1,74 a	13,39

\* Letras minúsculas diferentes na mesma linha indicam diferenças estatísticas entre cada amostra analisada ( $p < 0,05$ ) (teste de Tukey).

## 6.2 PARTE 2: Caracterização física, química e físico-química dos frutos de amora-preta colhidas em 3 diferentes estádios de maturação e ao longo do período de armazenamento e as geleias elaboradas a partir dos frutos

Independente do estádio de maturação utilizado e do tempo de armazenamento dos frutos para a elaboração das geleias, a amora-preta apresentou valores de pH baixos, conforme esperado, devido as suas características naturais de gosto ácido a doce-ácido.

O pH é uma característica desejável para a industrialização da fruta. Como já discutido anteriormente, segundo a CETEC (1985), o pH ótimo para a formação do gel, na fabricação de geleias, é de 3,0 a 3,2. Assim, as amoras-pretas avaliadas neste experimento são propícias para a industrialização, pois dispensam o uso de acidulantes na fabricação de geleias, o que reduz os custos.

Os valores de pH em frutos encontrados no presente estudo apresentaram variação de 2,81 a 3,43 no início do experimento no tratamento dos frutos 100% vermelhos e ao final do experimento no tratamento que possui os frutos 100% pretos (Tabela 7) sendo, em sua maioria, inferiores aos relatados para as cultivares ‘Guarani’, ‘Tupy’ e ‘Cherokee’, obtidos do banco de germoplasma da Estação Experimental da EPAMIG em Caldas, Minas Gerais, que se apresentaram entre 3,2 e

3,4 (MOTA, 2006). Já Nachtigall et al. (2004) encontraram valores de 3,07 em amoras ‘Cherokee’. Guedes et al. (2013) encontraram valores semelhantes aos encontrados neste experimento com a cultivar ‘Tupy’(2,96) e uma média entre as demais cultivares estudadas de 2,95.

A acidez titulável dos frutos variou de 2,02 a 1,51g ac.cítrico  $100\text{g}^{-1}$  de polpa no T1 na ocasião da colheita e T3 aos 15 dias. Nota-se pela tabela 8 que quanto mais tardia a colheita e quanto maior o tempo de armazenamento, menores os valores apresentados pelos frutos enquanto o pH mostra desempenho contrário. O teor em ácido cítrico pode ser explicado em função do grau de maturação do fruto, uma vez que à medida que o fruto perde água e gasta suas reservas, teor de ácidos presentes diminui. Isso mostra uma correlação positiva entre esses dois parâmetros. Hirsh et al. (2011) mostram em seu trabalho que a variação deste parâmetro entre cultivares de amora-preta foram de 1,30 a 1,58g ac. cítrico  $100\text{g}$  de polpa<sup>-1</sup>, para as cultivares ‘Sel. 03/001’ e ‘Guarani’, respectivamente, sendo a maioria das cultivares analisadas inferiores aos resultados encontrados no presente experimento. Já Guedes et al. (2013) encontraram valores semelhantes estudando a mesma cultivar deste estudo (1,66g ac. cítrico  $100\text{g}$  de polpa<sup>-1</sup>). Perkins-Veazie e Collins (2002) constataram redução de acidez total e aumento de pH em amoras-pretas ‘Navaho’ e ‘Arapaho’ após 14 dias de armazenamento a 2°C.

Os sólidos solúveis (°Brix) são usados como índice de maturidade para alguns frutos, e indicam a quantidade de substâncias que se encontram dissolvidas no suco, sendo constituído na sua maioria por açúcares. Os teores de sólidos solúveis são utilizados na agroindústria, para intensificar o controle da qualidade do produto final, controle de processos, ingredientes e outros, tais como: doces, sucos, néctares, polpas, leite condensado, alcoóis, açúcares, licores e bebidas em geral, sorvetes, entre outros. Pode-se notar que, quanto mais tardio o estágio de maturação e quanto maior o tempo de armazenamento dos frutos, maiores os valores encontrados. Como trata-se de um fruto não climatérico, este padrão pode ser devido à acentuada perda de água que ocorre nos frutos e com isso pode ocorrer uma concentração dos açúcares e outros sólidos presentes nos mesmos. Os valores de sólidos solúveis variaram de 6,36 a 11,96°Brix nos frutos imaturos e completamente maduros ao final do armazenamento. Hirsh et al. (2011) estudando diferentes cultivares de amora-preta, encontraram valores de 10,1°Brix para a cultivar ‘Tupy’, sendo este, o maior valor encontrado neste experimento, sendo que as demais cultivares apresentaram valores que

variaram de 7,3°Brix na ‘Sel 03/001’ a 10,0 na ‘Guarani’. Guedes et al. (2013) apresentaram resultados bem inferiores aos deste experimento estudando 10 cultivares de amora-preta avaliadas na ocasião da colheita, sendo que os mesmos evidenciaram média de 6,97°Brix para a mesma cultivar estudada no presente trabalho.

Como a acidez titulável e os sólidos solúveis são importantes fatores relacionados ao grau de maturação e ao sabor dos alimentos, o ‘*Ratio*’, uma relação que corresponde aos conteúdos de açúcares e de acidez dos frutos e é um parâmetro apropriado para medir a percepção de sabor pelo consumidor. Lameiro (2012) em seu trabalho de caracterização de amora-preta e mirtilo verificou que a relação entre sólidos solúveis e acidez total foi de 6,95 para amora-preta e de 12,37 para o mirtilo. No presente trabalho foram encontrados valores que variaram de 3,16 a 7,98, sendo estes últimos, os valores dos frutos 100% pretos ao final do período de análises. Perkins-Veazie et al. (1999) observaram aumento dos teores de sólidos solúveis e do ‘*Ratio*’ durante o armazenamento dos frutos dos cultivares ‘Choctaw’, ‘Cheyenne’, ‘Navaho’ e ‘Shawnee’, a 2 °C por sete dias. Este padrão também foi observado nas condições deste experimento.

Tabela 7: pH, Acidez Titulável (g ac. cítrico 100g de polpa<sup>-1</sup>), Sólidos Solúveis (°Brix) e 'Ratio' em frutos de amora-preta colhidos em 3 diferentes estádios de maturação ao longo do tempo de armazenamento, nos dias 0; 3; 6; 9; 12 e 15 dias após a colheita. Botucatu-SP, 2013.

Trat.	Dias de armazenamento						Média
	0	3	6	9	12	15	
<b>pH</b>							
T1	2,81 ± 0,10	2,89 ± 0,06	3,00 ± 0,03	3,05 ± 0,03	3,06 ± 0,04	3,06 ± 0,02	<b>2,98c</b>
T2	2,97 ± 0,05	3,05 ± 0,06	3,11 ± 0,07	3,24 ± 0,12	3,11 ± 0,04	3,18 ± 0,02	<b>3,11b</b>
T3	3,23 ± 0,07	3,30 ± 0,11	3,36 ± 0,11	3,35 ± 0,04	3,31 ± 0,04	3,43 ± 0,05	<b>3,33a</b>
<b>Média</b>	<b>3,00</b>	<b>3,08</b>	<b>3,16</b>	<b>3,21</b>	<b>3,16</b>	<b>3,22</b>	
<b>Acidez Titulável</b>							
T1	2,02 ± 0,03	1,92 ± 0,10	1,94 ± 0,04	1,87 ± 0,03	1,85 ± 0,05	1,77 ± 0,44	<b>1,89a</b>
T2	1,85 ± 0,06	1,91 ± 0,07	1,85 ± 0,08	1,86 ± 0,10	1,79 ± 0,09	1,81 ± 0,08	<b>1,84a</b>
T3	1,80 ± 0,13	1,82 ± 0,08	1,83 ± 0,15	1,80 ± 0,10	1,68 ± 0,10	1,51 ± 0,14	<b>1,74b</b>
<b>Média</b>	<b>1,89<sup>a</sup></b>	<b>1,89A</b>	<b>1,87<sup>a</sup></b>	<b>1,84A</b>	<b>1,77AB</b>	<b>1,69B</b>	
<b>Sólidos Solúveis</b>							
T1	6,36 ± 0,09Ec	6,58 ± 0,15Ec	7,08 ± 0,13Dc	7,52 ± 0,26Cc	7,98 ± 0,16Bc	9,24 ± 0,15Ac	<b>7,46</b>
T2	7,44 ± 0,11Cb	7,66 ± 0,09Cb	8,22 ± 0,25Bb	8,24 ± 0,15Bb	8,56 ± 0,18Bb	10,24 ± 0,18Ab	<b>8,393</b>
T3	8,76 ± 0,15Da	9,1 ± 0,23CDa	9,24 ± 0,27Ca	9,18 ± 0,29Ca	10,22 ± 0,26Ba	11,96 ± 0,15Aa	<b>9,743</b>
<b>Média</b>	<b>7,52</b>	<b>7,78</b>	<b>8,18</b>	<b>8,31</b>	<b>8,92</b>	<b>10,48</b>	
<b>'Ratio'</b>							
T1	3,16 ± 0,05	3,43 ± 0,22	3,66 ± 0,13	4,03 ± 0,13	4,32 ± 0,10	5,62 ± 1,96	<b>4,04c</b>
T2	4,02 ± 0,13	4,02 ± 0,14	4,44 ± 0,10	4,45 ± 0,24	4,80 ± 0,23	5,68 ± 0,23	<b>4,57b</b>
T3	4,89 ± 0,31	5,00 ± 0,30	5,07 ± 0,42	5,12 ± 0,37	6,08 ± 0,26	7,98 ± 0,83	<b>5,69a</b>
<b>Média</b>	<b>4,02C</b>	<b>4,15C</b>	<b>4,39C</b>	<b>4,53BC</b>	<b>5,07B</b>	<b>6,43A</b>	

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferiram estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey (P>0,05).

T1-Frutos 100% Vermelhos; T2-Frutos 50% Vermelhos e 50% Pretos e T3-Frutos 100% Pretos.

O pH das geleias manteve-se na faixa de 2,92 a 3,31, valores próximos aos observados na polpa dos frutos antes do processamento (Tabela 7). Mota (2006) estudando diferentes geleias elaboradas a partir de sete cultivares de amora-preta verificou resultados semelhantes nas cultivares 'Seleção 97' 3,26 e 'Tupy' (e 3,26 em ambos) e superiores nas cultivares 'Caingangue' (3,47); 'Guarani' (3,38); 'Comanche' (3,34); 'Cherokee' (3,39) e 'Brazos' (3,41). Nachtigall et al. (2004) encontraram valores que variaram de 2,98 a 3,26 em geleias de amora-preta avaliadas em diferentes tempos de armazenamento à temperatura ambiente. No trabalho os autores notaram que este parâmetro apresenta pouca variação ao longo do período de armazenamento.

A acidez titulável nas geleias apresentaram o mesmo padrão dos frutos com diminuição com o tempo de armazenamento. Mota (2006) encontrou valores

superiores, variando de 1,22 a 1,79g ac. cítrico 100g de polpa<sup>-1</sup> nas cultivares ‘Caiangangue’ e ‘Brazos’. Para a cultivar ‘Tupy’ os mesmos autores verificaram o valor de 1,41g ac. cítrico 100g de polpa<sup>-1</sup>.

Como o parâmetro determinante do ponto final da cocção na elaboração das geleias foi o teor de sólidos solúveis, sendo este fixado em 65°Brix, os valores não foram colocados em tabela.

A tabela 8 mostra também os valores de ‘Ratio’ nas geleias. Pode-se verificar que houve aumento nos teores quanto mais tardio o estágio de maturação dos frutos utilizados para a elaboração das geleias e quanto maior o período que foram armazenados. Isso pode ser explicado pela diminuição da acidez em comparação com as geleias elaboradas com frutos colhidos mais precocemente e no início do período de avaliação do experimento já que os sólidos solúveis foram de 65°Brix para todas as geleias.

Tabela 8: pH, Acidez Titulável (g ac. cítrico 100g de polpa<sup>-1</sup>) e ‘Ratio’ em geleias elaboradas de frutos de amora-preta colhidos em 3 diferentes estágios de maturação ao longo do tempo de armazenamento, nos dias 0; 3; 6; 9; 12 e 15 dias após a colheita e elaboração das geleias. Botucatu-SP, 2013.

Trat.	Dias de armazenamento						Média
	0	3	6	9	12	15	
<b>pH</b>							
T1	2,92 ± 0,13	3,21 ± 0,11	3,04 ± 0,09	3,04 ± 0,06	3,03 ± 0,10	3,06 ± 0,05	<b>3,05b</b>
T2	3,14 ± 0,48	2,91 ± 0,07	3,06 ± 0,04	3,09 ± 0,09	3,15 ± 0,05	3,15 ± 0,04	<b>3,08b</b>
T3	3,17 ± 0,01	3,19 ± 0,13	3,23 ± 0,08	3,30 ± 0,17	3,21 ± 0,08	3,31 ± 0,12	<b>3,24<sup>a</sup></b>
<b>Média</b>	<b>3,08</b>	<b>3,10</b>	<b>3,11</b>	<b>3,14</b>	<b>3,13</b>	<b>3,17</b>	
<b>Acidez Titulável</b>							
T1	0,71 ± 0,03	0,72 ± 0,05	0,67 ± 0,05	0,64 ± 0,04	0,66 ± 0,04	0,65 ± 0,03	<b>0,67<sup>a</sup></b>
T2	0,72 ± 0,05	0,68 ± 0,05	0,64 ± 0,03	0,66 ± 0,04	0,65 ± 0,03	0,60 ± 0,01	<b>0,66ab</b>
T3	0,71 ± 0,05	0,68 ± 0,05	0,66 ± 0,04	0,63 ± 0,03	0,59 ± 0,02	0,57 ± 0,03	<b>0,64b</b>
<b>Média</b>	<b>0,71A</b>	<b>0,69AB</b>	<b>0,66BC</b>	<b>0,64CD</b>	<b>0,63CD</b>	<b>0,61D</b>	
<b>‘Ratio’</b>							
T1	92,24 ABa	91,25 Ba	97,15 ABa	101,97 Aa	99,34 ABb	99,82 ABb	<b>96,96</b>
T2	91,33 Ca	96,15 BCa	101,42 ABa	99,34 ABCa	99,82 ABCb	108,96 Aa	<b>99,50</b>
T3	92,26 Da	95,92 CDa	98,82 CDa	103,24 BCa	110,79 ABa	114,53 Aa	<b>102,59</b>
<b>Média</b>	<b>91,94</b>	<b>94,44</b>	<b>99,13</b>	<b>101,52</b>	<b>103,32</b>	<b>107,77</b>	

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferiram estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey (P>0,05).

T1-Frutos 100% Vermelhos; T2-Frutos 50% Vermelhos e 50% Pretos e T3-Frutos 100% Pretos.

Pode-se observar que os índices de Valor 'L' apresentaram diminuição ao longo do período de armazenamento e quanto mais maduro o fruto (Tabela 9). A cor é um importante parâmetro para produtores e consumidores, pois indica se a fruta apresenta ou não as condições ideais para comercialização e consumo. Porém, a cor, na maioria dos casos, não contribui para um aumento efetivo no valor nutritivo ou qualidade do produto (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Mas, em geral, consumidores têm preferência por frutas de cor forte e brilhante. Na avaliação de cor, utilizando-se colorímetro Minolta, segundo Tosun et al. (2008), a luminosidade ( $L^*$ ) diminui com o amadurecimento das frutas da amoreira-preta, indicando que a cor fica mais intensa ou escura.

O estudo da coloração de frutos, através da análise dos componentes  $L^*$  (luminosidade) e de  $a^*$  e  $b^*$  que juntos resultam no valor de  $c^*$  (Croma), é uma maneira de quantificar a característica cor. Em morangos, vários trabalhos com estes componentes da cor foram realizados tanto para a cor externa como interna dos frutos. Miszczak et al. (1995) e Paraskevopoulou-Paroussi et al. (1995) estudaram o comportamento dos componentes  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  em morangos inteiros pós colheita e concluíram que os valores de  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  diminuem conforme avança o tempo de armazenamento, ou seja, neste período os frutos amadurecem e tornam-se mais vermelho-escuros visualmente.

O aparecimento da cor púrpura pode estar relacionado, também, com a grande quantidade de compostos fenólicos presentes na amora-preta. Hirsh et al., (2012) encontraram valores que variaram de 27,5 a 31,4 nas cultivares 'Tupy' e 'Sel 03/001' em frutos analisados na ocasião da colheita para o parâmetro Valor 'L'. Já os trabalhos de Guedes et al. (2013) demonstraram valores médios de 17,72 estudando dez diferentes cultivares de amora-preta avaliadas na ocasião da colheita. Sousa et al. (2007) estudando diferentes cultivares apresentaram valores que variaram de 20 a 25.

O ângulo de cor da polpa, expresso como  $^{\circ}Hue$ , explica a cor propriamente dita varia numa faixa entre 0 a  $360^{\circ}$ . Valores mais próximos a  $90^{\circ}Hue$  são mais amarelados, e quando tendem a  $0^{\circ}Hue$  são mais avermelhados. Podemos observar na Tabela 9 que os valores variaram de 35,90 a 3,66 e por este motivo próximos à coloração vermelha. Observa-se que a média dos tratamentos, verifica-se que houve tendência à diminuição e quando comparamos as médias dos dias de análise, podemos verificar a mesma tendência, porém esta não é apresentada de maneira contínua. Já a média dos tratamentos ao longo do período de armazenamento apresenta diminuição

contínua ao longo do tempo. Os valores de Valor ‘L’, ‘a’ Cromo e ângulo de cor ( $^{\circ}$ Hue) estão apresentados na Tabela 9.

Tabela 9: Valor ‘L’, ‘a’, Cromo e Ângulo de cor ( $^{\circ}$ Hue) em frutos de amora-preta colhidos em 3 diferentes estádios de maturação ao longo do tempo de armazenamento, nos dias 0; 3; 6; 9; 12 e 15 dias após a colheita. Botucatu-SP, 2013.

Trat.	Dias de armazenamento						Média
	0	3	6	9	12	15	
<b>Valor ‘L’</b>							
T1	29,14 ± 4,0	24,08 ± 2,4	22,05 ± 2,3	23,21 ± 2,0	25,78 ± 1,9	21,24 ± 2,1	<b>24,25a</b>
T2	23,34 ± 1,8	20,50 ± 3,0	20,38 ± 2,1	18,40 ± 1,9	21,77 ± 2,7	15,21 ± 2,3	<b>19,93b</b>
T3	17,03 ± 0,9	14,26 ± 1,0	14,76 ± 0,8	14,37 ± 1,5	17,42 ± 1,1	13,91 ± 1,1	<b>15,29c</b>
<b>Média</b>	<b>23,17</b>	<b>19,61</b>	<b>19,06</b>	<b>18,66</b>	<b>21,66</b>	<b>16,79</b>	
<b>Croma</b>							
T1	28,81 Cb	77,28 Aa	62,63 Aba	41,04 Ba	38,59 Ba	47,45 Ba	<b>49,30a</b>
T2	91,48 Aa	25,90 BCb	31,58 Bb	32,72 Bab	20,73 BCb	9,63Cb	<b>35,34ab</b>
T3	1,26 Cc	2,14 Abc	2,61 Ac	1,79 Bc	2,13 ABb	2,61Ab	<b>2,09b</b>
<b>Média</b>	<b>40,51A</b>	<b>35,11<sup>a</sup></b>	<b>32,27A</b>	<b>25,18AB</b>	<b>20,48AB</b>	<b>19,90AB</b>	
<b>Ângulo de cor (<math>^{\circ}</math>Hue)</b>							
T1	10,42 ± 1,7 Bb	16,80 ± 0,2 Ab	16,68 ± 1,7 Aa	9,02 ± 1,3 Bb	7,99 ± 0,6 BCa	12,33 ± 2,8 Aba	<b>12,20ab</b>
T2	26,90 ± 3,8 Aab	10,29 ± 0,9 Bb	6,96 ± 2,4 Cb	14,98 ± 0,9 Bab	3,66 ± 1,2 Db	6,85 ± 1,9 Cb	<b>11,66ab</b>
T3	35,90 ± 2,9 Aa	22,92 ± 1,8 Aba	8,00 ± 3,8 Bb	11,80 ± 2,7 Bab	9,87 ± 2,8 Ba	10,85 ± 1,5 Ba	<b>16,85a</b>
<b>Média</b>	<b>24,44A</b>	<b>16,67AB</b>	<b>10,54B</b>	<b>11,93B</b>	<b>7,17B</b>	<b>10,01B</b>	

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferiram estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ( $P > 0,05$ ).

T1-Frutos 100% Vermelhos; T2-Frutos 50% Vermelhos e 50% Pretos e T3-Frutos 100% Pretos.

A diminuição nos valores de ‘L’ encontrado nos frutos ao longo do período de armazenamento se repetiu para as geleias, nos tratamentos 1 e 3 (Tabela 10). Os resultados variaram de 25,9 a 17,51 nas geleias elaboradas com frutos colhidos vermelhos e nos frutos pretos 12 dias após o armazenamento. Alemán et al. (2011) estudando diferentes métodos de elaboração de geleia de amora-preta com utilização de amido de banana verde verificaram que independente do tratamento utilizado, os valores encontrados para este parâmetro variaram de 20,5 a 22 em geleias elaboradas com frutos colhidos no estágio de maturação considerado ‘maduro’ pelos autores. Comparando os resultados apresentados nas Tabela 8 e 9, verifica-se o processamento causa poucas modificações quanto à este parâmetro.

As geleias apresentaram diminuição nos valores de Valor ‘a’ ao longo do armazenamento dos frutos, apresentando valores que variaram de 22,93 a 3,41. Os trabalhos de Alemán et al. (2011) mostra que as geleias elaboradas com amido de

banana verde em diferentes proporções apresentaram valores médios de 5,00. Estes resultados são semelhantes aos encontrados nos frutos colhidos mais tardiamente.

Já quanto ao Cromo, os valores variaram de 1,26 a 77,28. Segundo Pinheiro (2009), os valores de croma expressam a intensidade da cor, ou seja, a saturação em termos de pigmentos da cor. Bischoff et al. (20013) verificaram valores de Cromo que variaram de 5,22 a 11,41. Os autores verificaram que os frutos embalados aumentaram para o valor do croma, representando maior intensidade de cor que os sem embalagem. Para o ângulo de cor ( $^{\circ}Hue$ ), as geleias nota-se ao comparar as tabelas 9 e 10, que este parâmetro sofreu grandes alterações por conta do processamento já que apresentam resultados semelhantes. Pode-se observar também que ao longo do período de armazenamento, em média, os tratamentos apresentaram pouca variação.

Tabela 10: Valor 'L', 'a', Cromo e Ângulo de cor ( $^{\circ}Hue$ ) em geleias elaboradas com frutos de amora-preta colhidos em 3 diferentes estádios de maturação ao longo do tempo de armazenamento, nos dias 0; 3; 6; 9; 12 e 15 dias após a colheita e elaboração das geleias. Botucatu-SP, 2013.

Trat.	Dias de armazenamento						Média
	0	3	6	9	12	15	
<b>Valor 'L'</b>							
T1	25,90 ± 3,9ABa	26,77 ± 2,8Aa	20,29 ± 9,1Ba	26,73 ± 2,4Aa	25,85 ± 1,4Aba	24,40 ± 1,1Aba	<b>24,99</b>
T2	19,56 ± 6,4Ab	24,28 ± 5,3Aa	24,03 ± 0,9Aa	22,85 ± 1,3Aab	22,53 ± 1,3Aab	22,17 ± 1,5Aab	<b>22,57</b>
T3	21,57 ± 1,4Aab	16,96 ± 3,0Ab	21,73 ± 1,0Aa	20,54 ± 1,0Ab	17,51 ± 1,9Ab	18,24 ± 2,8Ab	<b>19,43</b>
<b>Média</b>	<b>22,34</b>	<b>22,67</b>	<b>22,02</b>	<b>23,37</b>	<b>21,97</b>	<b>21,61</b>	
<b>Valor 'a'</b>							
T1	12,63 ± 2,1 BCb	18,15 ± 1,4Aa	16,10 ± 2,1Aa	12,36 ± 2,7Ca	13,82 ± 2,03BCa	14,33 ± 1,5BCa	<b>14,57</b>
T2	22,93 ± 4,7 Aa	10,87 ± 2,1Bb	10,79 ± 1,9Bb	12,66 ± 2,7Ba	6,19 ± 0,4Cb	6,60 ± 0,6Cb	<b>11,67</b>
T3	4,25 ± 1,0 Ac	3,41 ± 0,3Ac	4,23 ± 0,3Ac	4,25 ± 0,3Ab	4,21 ± 0,5Ab	3,56 ± 0,6Ab	<b>3,99</b>
<b>Média</b>	<b>13,27</b>	<b>10,81</b>	<b>10,37</b>	<b>9,76</b>	<b>8,08</b>	<b>8,16</b>	
<b>Croma</b>							
T1	652,21 ABa	734,78 Aa	427,78 Bb	726,85 Aa	685,04 Aa	609,69 Aba	<b>639,39a</b>
T2	405,52 Bb	600,39 Aa	588,23 Aa	534,78 ABb	513,79 ABb	498,11 ABb	<b>523,47ab</b>
T3	469,51 Ab	291,05 Bb	476,43 Ab	426,15 Ac	310,81 Bc	337,35 Bc	<b>385,22b</b>
<b>Média</b>	<b>509,08</b>	<b>542,07</b>	<b>497,55</b>	<b>562,59</b>	<b>503,21</b>	<b>481,72</b>	
<b>Ângulo de cor (<math>^{\circ}Hue</math>)</b>							
T1	64,00 ± 0,06Aa	65,82 ± 0,03Aa	51,57 ± 0,02 ABb	65,18 ± 0,05Aab	61,87 ± 0,01 ABab	59,57 ± 0,04Abb	<b>61,33 b</b>
T2	40,46 ± 0,07Cb	61,88 ± 0,05ABb	65,81 ± 0,03ABab	61,01 ± 0,08ABab	74,63 ± 0,06 Aa	73,42 ± 0,04Aa	<b>53,70 b</b>
T3	78,85 ± 0,05Aa	78,63 ± 0,08Aa	78,99 ± 0,04Aa	78,30 ± 0,04Aa	76,48 ± 0,02Aa	78,95 ± 0,03Aa	<b>78,37 a</b>
<b>Média</b>	<b>61,10</b>	<b>68,77</b>	<b>65,45</b>	<b>68,16</b>	<b>70,99</b>	<b>70,66</b>	

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferiram estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ( $P > 0,05$ ).

T1-Frutos 100% Vermelhos; T2-Frutos 50% Vermelhos e 50% Pretos e T3-Frutos 100% Pretos.

Durante o amadurecimento e conservação pós-colheita a firmeza dos frutos sofre modificações consideráveis, sendo o amolecimento dos tecidos a alteração mais marcante. O amolecimento de um fruto pode resultar de dois processos: diminuição da pressão de turgescência das células, decorrente do armazenamento dos frutos sob condições de baixa umidade relativa do ar, que propicia a perda excessiva de água; ou em decorrência das modificações observadas na lamela média e parede celular, principalmente devido à ação de enzimas sobre as substâncias pécnicas (KLUGE et al., 1997).

Os frutos da amoreira-preta são muito suscetíveis à perda de água e com isso, ocorrem grandes alterações na firmeza dos frutos. Pelos dados apresentados na Tabela 11, observa-se que houve grande diferença estatística entre os tratamentos e ao longo do armazenamento. Em morango, framboesa e amora-preta a firmeza é o principal fator para determinar a qualidade do fruto e a sua vida de prateleira (GARCÍA et al., 1998). No tratamento composto pelos frutos colhidos imaturamente e na ocasião da colheita, os valores apresentados eram de 182, chegando a cerca de 50,4cN.

Como os frutos pequenos possuem uma grande área de superfície exposta ao ambiente, há uma alta taxa de perda de água, principalmente durante o armazenamento refrigerado. A porcentagem dessa perda de massa pode variar em função do aumento do período de armazenamento (SILVEIRA et al., 2007).

De acordo com Antunes et al. (2006), o aumento do período de armazenamento resulta em perdas significativas de massa, principalmente em frutos mantidos a 20°C. Sob temperatura ambiente, a vida útil de amoras das cultivares 'Guarani' e 'Caingangue' é restrita a somente um dia, devido à excessiva perda de massa e à elevada incidência de podridões (CIA et al., 2007). De forma semelhante, Antunes et al. (2003) constataram perdas significativas de massa durante o armazenamento dos frutos de amoreira-preta, atingindo 14,86% para frutos acondicionados a 20°C por 12 dias. Perkins-Veazie et al. (1997) observaram perda de massa e incidência de podridões de 4,7 e 14%, respectivamente, para frutos do cv. 'Navaho' armazenados a 2°C por sete dias, seguido por dois dias a 20°C. No presente experimento, verifica-se que os frutos colhidos mais imaturamente apresentaram maior perda de água que os demais tratamentos apesar da diferença entre a média deste e do tratamento intermediário não terem sido estatisticamente demonstrada no pelo teste aplicado. Nota-se que a média dos tratamentos foi de 10,35; 9,86 e 8,22g 100g<sup>-1</sup> nos

tratamentos 100% Vermelho; 50% Vermelho, 50% Preto e 100% Preto, respectivamente.

Tabela 11: Firmeza ( $\text{g f}^{-1}$ ), e Perda de Massa ( $\text{g } 100\text{g}^{-1}$ ) de frutos de amora-preta colhidos em 3 diferentes estádios de maturação ao longo do tempo de armazenamento, nos dias 0; 3; 6; 9; 12 e 15 dias após a colheita. Botucatu-SP, 2013.

Trat.	Dias de armazenamento						Média
	0	3	6	9	12	15	
<b>Firmeza</b>							
T1	182,2 ± 36,1Aa	169,2 ± 27,3Aa	138,0 ± 16,0Ba	103,4 ± 12,6Ca	55,6 ± 8,3Da	50,4 ± 9,6Da	<b>116,5</b>
T2	75,8 ± 11,0Ab	66,8 ± 16,0ABb	50,0 ± 11,5Bb	49,6 ± 8,5Bb	52,8 ± 11,4ABa	41,8 ± 3,3Bab	<b>56,1</b>
T3	44,4 ± 7,6Ac	31,0 ± 4,3Ac	30,4 ± 2,1Ab	30,6 ± 8,0Ab	28,2 ± 3,8Ab	22,2 ± 3,8Ab	<b>31,1</b>
<b>Média</b>	<b>100,8</b>	<b>89,0</b>	<b>72,8</b>	<b>61,2</b>	<b>45,5</b>	<b>38,1</b>	
<b>Perda de Massa</b>							
T1	0,0 ± 0,0	3,96 ± 1,69	8,65 ± 1,53	13,60 ± 2,74	16,84 ± 1,96	19,03 ± 0,98	<b>10,35a</b>
T2	0,0 ± 0,0	3,10 ± 0,91	6,33 ± 1,46	12,06 ± 4,50	19,92 ± 7,32	17,74 ± 1,87	<b>9,86a</b>
T3	0,0 ± 0,0	3,71 ± 1,18	6,13 ± 1,15	9,33 ± 1,59	13,78 ± 1,28	16,36 ± 1,03	<b>8,22b</b>
<b>Média</b>	<b>0,0E</b>	<b>3,59D</b>	<b>7,04C</b>	<b>11,66B</b>	<b>16,84A</b>	<b>17,71A</b>	

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferiram estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ( $P > 0,05$ ).

T1-Frutos 100% Vermelhos; T2-Frutos 50% Vermelhos e 50% Pretos e T3-Frutos 100% Pretos.

Os açúcares constituem a maior parte dos compostos solúveis e os mais representativos são a glicose, frutose e a sacarose, num quantitativo de 99% do total dos açúcares nos frutos maduros (SOUSA et al., 2007). Em pré-testes realizados nas amoras-pretas em todos os estádios de maturação avaliados, verificou-se que, quase em sua totalidade, os açúcares representativos são os açúcares redutores, já que a quantidade de sacarose foi muito baixa em todos os casos analisados.

Como pode ser verificado na Tabela 12, os teores de açúcares redutores foram superiores nos frutos colhidos mais tardiamente, porém, nota-se que não há aumento em relação ao tempo de armazenamento. Os valores variaram de 3,52 a 10,02g  $100\text{g}^{-1}$ . Já Lameiro (2012) apresenta valores superiores estudando amora-preta e mirtilo, sendo estes, 14,78 e 16,63g  $100\text{g}^{-1}$  estudando o mesmo parâmetro.

Não foram encontrados valores significativos de açúcares totais, sendo assim, não foram calculados os de sacarose.

Tabela 12: Açúcares Redutores ( $\text{g } 100\text{g}^{-1}$ ) de frutos de amora-preta colhidos em 3 diferentes estádios de maturação ao longo do tempo de armazenamento, nos dias 0; 3; 6; 9; 12 e 15 dias após a colheita. Botucatu-SP, 2013.

Trat.	Dias de armazenamento						Média
	0	3	6	9	12	15	
T1	4,97 ± 0,90	3,55 ± 1,1	4,25 ± 0,9	3,86 ± 0,9	3,52 ± 0,2	4,08 ± 0,3	<b>4,04b</b>
T2	8,57 ± 1,1	7,72 ± 2,1	7,12 ± 0,6	6,58 ± 1,7	5,55 ± 1,2	6,91 ± 2,4	<b>7,08b</b>
T3	8,54 ± 2,6	7,99 ± 4,0	6,19 ± 1,7	10,02 ± 1,9	8,52 ± 2,1	7,30 ± 2,4	<b>8,10<sup>a</sup></b>
<b>Média</b>	<b>7,36</b>	<b>6,42</b>	<b>5,85</b>	<b>6,82</b>	<b>5,87</b>	<b>6,12</b>	

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferiram estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ( $P>0,05$ ).

T1-Frutos 100% Vermelhos; T2-Frutos 50% Vermelhos e 50% Pretos e T3-Frutos 100% Pretos.

Os valores encontrados no presente trabalho apresentaram grande variação, evidenciando valores de 10,25 a 34,58g  $100\text{g}^{-1}$  para os teores de açúcares redutores em geleia. Nachtigall (2004) estudando diferentes formulações de geleias de amora-preta encontraram valores bem superiores, que variaram de 58,79 a 60,00g  $100\text{g}^{-1}$  em geleias analisadas no dia da elaboração e 90 dias após.

Tabela 13: Açúcares Redutores ( $\text{g } 100\text{g}^{-1}$ ) em geleias elaboradas com frutos de amora-preta colhidos em 3 diferentes estádios de maturação ao longo do tempo de armazenamento, nos dias 0; 3; 6; 9; 12 e 15 dias após a colheita e elaboração das geleias. Botucatu-SP, 2013.

Trat.	Dias de armazenamento						Média
	0	3	6	9	12	15	
<b>Açúcares Redutores</b>							
T1	25,65 ± 4,6Aa	27,19 ± 4,7Aa	25,63 ± 6,7Aa	25,68 ± 4,6Aa	24,08 ± 0,7Ab	19,88 ± 0,4Ac	<b>24,69</b>
T2	24,41 ± 0,8Ba	22,85 ± 0,3Bb	23,84 ± 0,7Ba	20,45 ± 0,5Bb	34,58 ± 1,1Aa	23,15 ± 0,9Ba	<b>24,88</b>
T3	17,48 ± 0,3ABb	17,64 ± 0,4Ac	10,25 ± 0,5Cb	22,15 ± 0,7Ab	20,81 ± 1,1Ab	13,98 ± 1,1BCb	<b>17,05</b>
<b>Média</b>	<b>22,51</b>	<b>22,56</b>	<b>19,91</b>	<b>22,76</b>	<b>26,49</b>	<b>19,01</b>	

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferiram estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ( $P>0,05$ ).

T1-Frutos 100% Vermelhos; T2-Frutos 50% Vermelhos e 50% Pretos e T3-Frutos 100% Pretos.

O período de conservação pós-colheita da amora-preta é relativamente curto, devido ao processo de respiração e à fragilidade dos frutos, o que os torna susceptíveis aos danos mecânicos durante a colheita e o manuseio. De acordo com Mitcham et al. (2007), o processo de amadurecimento de amoras-pretas não é estimulado como resposta ao etileno. A taxa respiratória da amora-preta pode variar em função da temperatura de armazenamento, sendo que a  $0^{\circ}\text{C}$  a taxa de produção de  $\text{CO}_2$  é de aproximadamente  $11\text{mL CO}_2\text{ kg}^{-1}\text{ h}^{-1}$ ; a  $10^{\circ}\text{C}$  é de  $31\text{mL CO}_2\text{ kg}^{-1}\text{ h}^{-1}$  e a  $20^{\circ}\text{C}$  é de  $78\text{mL CO}_2\text{ kg}^{-1}\text{ h}^{-1}$ ; a  $5^{\circ}\text{C}$  a taxa de produção de etileno é de 0,1 a  $1,0\text{ L kg}^{-1}\text{ h}^{-1}$  (MITCHAM et al., 2007). No presente trabalho, como a temperatura de armazenamento

dos frutos foi de 2°C, a variação encontrada foi de 0,038 a 0,08ml CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> (Figura 10).

Os trabalhos encontrados na literatura mostram que os frutos de amora-preta apresentam padrão não climatérico, inclusive para a cultivar estudada, porém foi encontrado um pico na taxa respiratória aos 6 dias após a colheita.

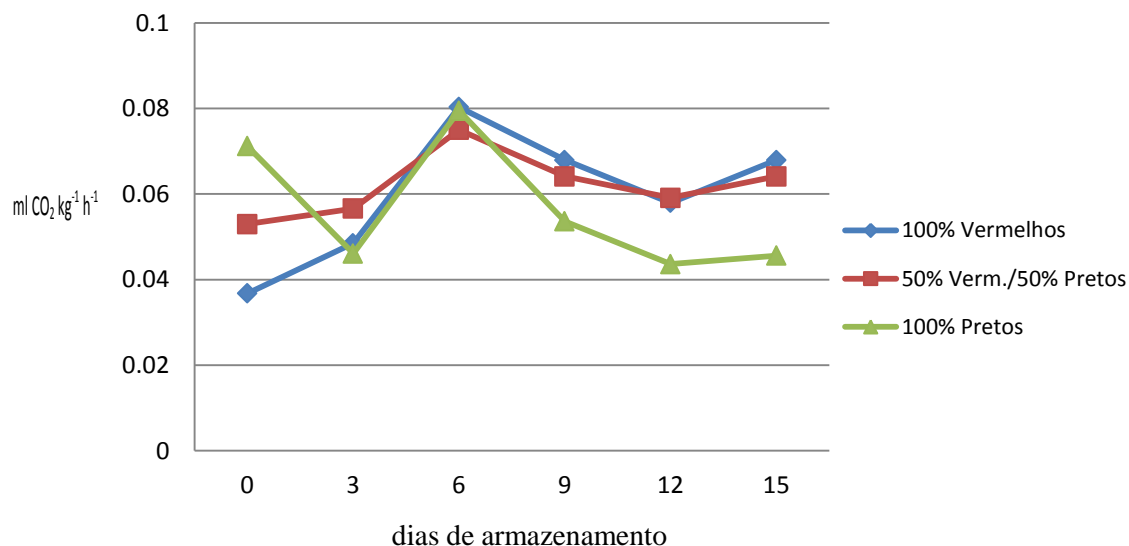


Figura 10: Taxa Respiratória (ml CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>) de frutos de amora-preta colhidos em 3 diferentes estádios de maturação ao longo do tempo de armazenamento, nos dias 0; 3; 6; 9; 12 e 15 dias após a colheita e elaboração das geleias. Botucatu-SP, 2013.

A Figura 11 mostra que os frutos mais bem avaliados sensorialmente foram os do tratamento que apresenta os frutos 100% pretos, exceto no último dia de análise, já que os frutos apresentavam coloração fosca e alguns estavam com sinal de deterioração. Pode-se notar que ao final do período de avaliação, os frutos deste tratamento apresentaram coloração fosca e por este motivo obteve notas inferiores aos demais tratamentos. De maneira geral, os frutos 100% vermelhos não foram bem avaliados principalmente devido ao seu sabor mais ácido e pouco doce. Somente foram colocados em forma de gráfico o parâmetro avaliação geral tanto para frutos quanto para as geleias de amora-preta.

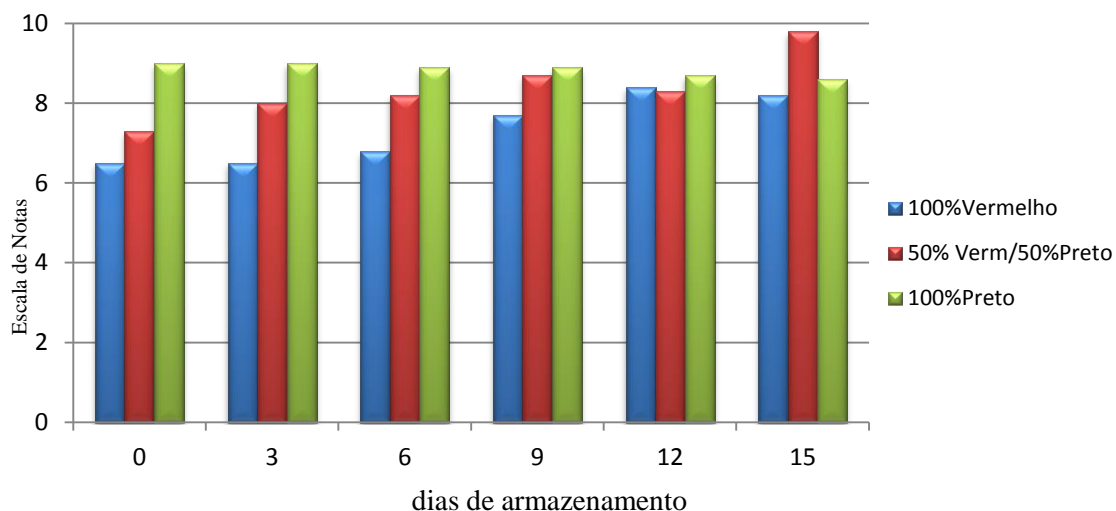


Figura 11: Avaliação Sensorial (Avaliação Geral) de frutos de amora-preta colhidos em 3 diferentes estádios de maturação ao longo do tempo de armazenamento, nos dias 0; 3; 6; 9; 12 e 15 dias após a colheita e elaboração das geleias. Botucatu-SP, 2013.

Já as geleias elaboradas com os frutos 100% vermelhos obtiveram as melhores notas na avaliação geral, sendo que o fator que mais agradou neste caso foi a coloração da geleia, que apresentou tons vermelho brilhantes, seguido pelo sabor, que devido ao balanço da acidez com o alto teor de açúcares das geleias apresentou notas superiores aos demais tratamentos, exceto no 3º dia de análise, quando o tratamento intermediário o superou (Figura 12). Com a diminuição da coloração vermelho brilhante, que ocorreu de acordo com o tempo de armazenamento, houve diminuição nas notas atribuídas a todos os tratamentos.

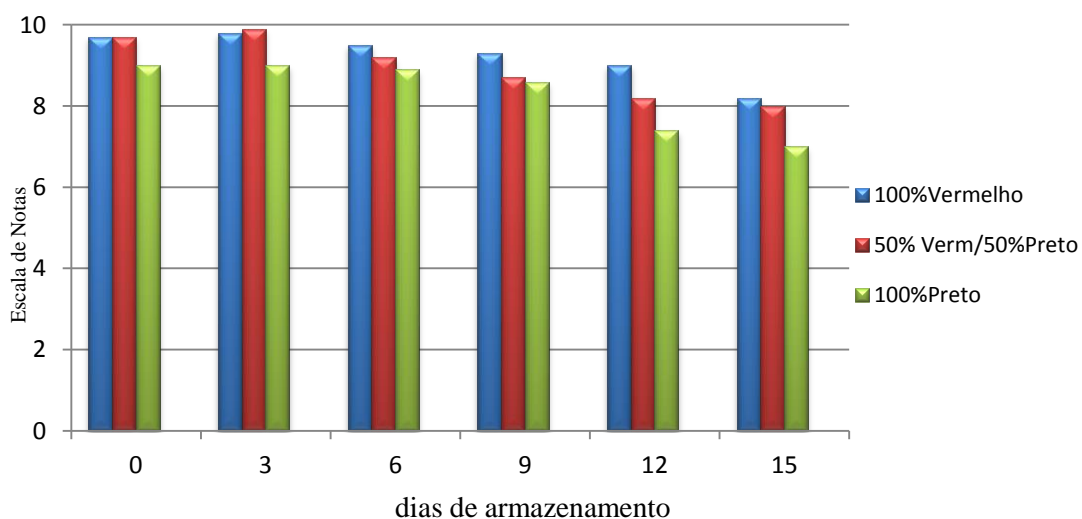


Figura 12: Avaliação Sensorial (Avaliação Geral) geleias elaboradas a partir de frutos de amora-preta colhidos em 3 diferentes estádios de maturação e ao longo do tempo de armazenamento, nos dias 0; 3; 6; 9; 12 e 15 após a colheita. Botucatu-SP, 2013.

A Tabela 14 mostra grande quantidade de correlações entre os parâmetros avaliados. Pode-se notar que o pH dos frutos possui correlação entre quase todos os parâmetros avaliados. Sua correlação negativa com a acidez de frutos e geleia se evidencia pelo aumento do mesmo ao longo do período de armazenamento e diminuição da acidez no mesmo período avaliado. Somente o teor de açúcares Totais não apresentou correlação com o pH.

Uma correlação que parece evidente é a correlação negativa entre Perda de Massa e Firmeza (-0,345) já que a firmeza dos frutos diminui conforme ocorre diminuição da perda de massa.

TABELA 14: Matriz de correlação entre pH (Potencial Hidrogeniônico), Acidez Titulável - AT (g ac.cítrico 100g de polpa<sup>-1</sup>), Sólidos Solúveis – SS (°Brix), ‘Ratio’, Firmeza (cN), Açúcares Redutores – AR (g 100g<sup>-1</sup>) em frutos e geleias de amora-preta; Perda de Massa (%) de frutos de amora preta e Açúcares Totais (g 100g<sup>-1</sup>) e Sacarose (g 100g<sup>-1</sup>) em geleias. Botucatu-SP, 2013.

PÓS-COLHEITA	Acidez Titulável (frutos)	Sólidos Solúveis (frutos)	‘Ratio’ (frutos)	Firmeza (frutos)	AR (frutos)	% perda de massa	pH (geleias)	Acidez Titulável (geleias)	‘Ratio’ (geleias)	AR (geleias)	AT (geleias)	Sacarose (geleias)
pH (frutos)	-0,481	0,801	0,696	-0,792	0,479	0,237	0,433	-0,430	0,448	-0,474	0,001	0,249
	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,024	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,992	0,018
AT (frutos)		-0,582	-0,865	0,444	-0,200	-0,308	-0,276	0,379	-0,396	0,267	0,128	-0,013
		<0,001	<0,001	<0,001	0,059	0,003	0,008	<0,001	<0,001	0,011	0,229	0,905
SS (frutos)			0,893	-0,775	0,366	0,488	0,400	-0,628	0,661	-0,498	-0,140	0,121
			<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,187	0,254
‘Ratio’ (frutos)				-0,650	0,298	0,450	0,374	-0,560	0,591	-0,466	-0,164	0,081
				<0,001	0,004	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,123	0,447
Firmeza (frutos)					-0,440	-0,345	-0,279	0,388	-0,398	0,456	0,277	0,036
					<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,008	0,737
AR (frutos)						-0,227	0,221	-0,144	0,170	-0,166	-0,284	-0,195
						0,031	0,036	0,176	0,110	0,118	0,007	0,066
% perda de Massa							0,089	-0,556	0,552	0,012	0,096	0,089
							0,406	<0,001	<0,001	0,913	0,370	0,406
pH (geleias)								-0,228	0,238	-0,182	0,098	0,192
								0,030	0,024	0,085	0,360	0,069
AT (geleias)									-0,995	0,152	0,006	-0,073
									<0,001	0,152	0,952	0,493
‘Ratio’ (geleias)										-0,164	-0,009	0,077
										0,121	0,932	0,471
AR (geleias)											0,249	-0,276
											0,018	0,008
AT (geleias)												0,862
												<0,001

O primeiro valor corresponde ao coeficiente de correlação (Pearson) e o segundo, ao valor da probabilidade (P). Observou-se correlação significativa (positiva ou negativa, conforme o sinal indicado) nas células marcadas. A correlação é significativa quando P é menor que 0,05.

### **6.3 PARTE 3: Caracterização bioquímica de frutos e geleia de amora-preta em 3 estádios de maturação ao longo do período de armazenamento**

A perda de adstringência é uma das principais mudanças que ocorrem durante o amadurecimento de frutas em geral e, está diretamente relacionada com a presença de fenólicos (CHITARRA; CHITARRA, 2005) que, com sua redução, melhoraria as características de palatabilidade das frutas. Ao comparar os valores evidenciados por Ferreira (2008) que avaliou amora-preta madura ( $2,417\text{mg g}^{-1}$  para fenóis totais) com os valores obtidos no presente trabalho, pode-se observar que no presente estudo obteve-se valores relativamente superiores.

Nota-se pelos resultados apresentados na Tabela 15 que o comportamento dos teores de compostos fenólicos nos frutos de amora-preta não apresentou nenhum padrão de aumento ou diminuição. Com relação ao ambiente de armazenamento, Antunes et al. (2006) observaram que, em temperatura ambiente, há um incremento nos teores de compostos fenólicos totais até o sexto dia, decrescendo a partir daí até o décimo segundo dia, atingindo  $3,70\text{mg g}^{-1}$ . Já em ambiente refrigerado, houve ligeiro incremento até o nono dia, atingindo  $4,67\text{mg g}^{-1}$ , havendo posteriormente decréscimo de  $0,12\text{mg g}^{-1}$  até o décimo segundo dia. Outros autores encontraram menor teor de fenólicos em amora (cerca de  $0,21\text{mg}$  de ác. gálico  $\text{g}^{-1}$ ), em diferentes genótipos (WANG; MAZZA, 2002). As cultivares ‘Tupy’ e ‘Guarani’, quando cultivada em clima tropical (região central do Brasil), apresentaram teores menores ( $0,37$  e  $0,43\text{mg}$  de ác. gálico  $\text{g}^{-1}$ ), respectivamente (HASSIMOTO et al, 2008), quando comparado com os resultados do presente estudo. Resultados semelhantes aos destes autores foram encontrados em ‘Cherokee’ cultivadas na Turquia ( $0,30\text{mg}$  de ác. gálico  $\text{g}^{-1}$ ) (KOCA; KARADENIZ, 2009).

Tabela 15: Polifenóis (mg de ác. gálico g<sup>-1</sup>) de frutos de amora-preta colhidos em 3 diferentes estádios de maturação ao longo do tempo de armazenamento, nos dias 0; 3; 6; 9; 12 e 15 dias após a colheita. Botucatu-SP, 2013.

Trat.	Dias					
	0	3	6	9	12	15
T1	7,33 ± 0,71abB	7,18 ± 0,21abB	7,16 ± 0,18aB	7,40 ± 0,16aB	10,41 ± 0,15aA	7,55 ± 1,23aB
T2	7,90 ± 0,74aAB	8,37 ± 1,01aAB	7,62 ± 0,72aB	9,26 ± 0,58aA	8,32 ± 1,99bAB	8,54 ± 0,71aAB
T3	8,87 ± 0,79aABC	9,61 ± 0,92aAB	8,19 ± 0,50aBCD	9,79 ± 0,28aA	6,87 ± 0,08cD	7,76 ± 0,17aCD

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferiram estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey (P>0,05).

T1-Frutos 100% Vermelhos; T2-Frutos 50% Vermelhos e 50% Pretos e T3-Frutos 100% Pretos.

A Tabela 16 mostra valores de compostos fenólicos em geleias de amora elaboradas com 3 estádios de maturação. Podemos verificar que quando comparados com os dados de compostos fenólicos de frutos, as geleias apresentaram aumento nos teores ao longo do tempo de armazenamento. Chim (2008) encontrou valores de 10,48mg de ác. gálico g<sup>-1</sup> e 5,83mg de ác. gálico g<sup>-1</sup> em geleias de amora-preta avaliadas na ocasião da elaboração das geleias e após 6 meses de armazenamento.

Tabela 16: Polifenóis (mg de ác. gálico g<sup>-1</sup>) em geleias elaboradas a partir de frutos de amora-preta colhidos em 3 diferentes estádios de maturação ao longo do tempo de armazenamento, nos dias 0; 3; 6; 9; 12 e 15 dias após a colheita. Botucatu-SP, 2013.

Trat.	Dias					
	0	3	6	9	12	15
T1	7,18 ± 0,08aB	4,61 ± 0,19bC	6,68 ± 0,75aB	4,80 ± 1,02cC	10,47 ± 1,49bA	10,43 ± 1,30bA
T2	7,14 ± 0,08aB	6,64 ± 0,57aB	6,58 ± 0,54aB	8,00 ± 0,46bB	11,23 ± 0,89abA	12,53 ± 0,4aA
T3	5,04 ± 0,27bC	4,88 ± 0,10bC	7,37 ± 1,29aB	12,42 ± 0,70aA	12,27 ± 1,02aA	12,53 ± 0,44aA

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferiram estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey (P>0,05).

T1-Frutos 100% Vermelhos; T2-Frutos 50% Vermelhos e 50% Pretos e T3-Frutos 100% Pretos.

Na tabela 17, podemos verificar que os teores de antocianinas foram decrescentes ao longo do período de avaliação em todos os tratamentos avaliados. Ao comparar os valores evidenciados por Ferreira (2008) ao avaliar amora-preta madura (905µg g<sup>-1</sup>) com os valores obtidos neste estudo, pode-se observar que no presente estudo obteve-se valores inferiores do ponto 0 até o 15º dia de armazenamento nos frutos 100% pretos.

Meneghel et al. (2008) estudando revestimentos comestíveis na conservação de frutos de amora-preta, encontraram valores no início da armazenagem de 53±3µg g<sup>-1</sup> de frutos e aumento linear no teor de antocianinas totais com o tempo de armazenagem em todos os tratamentos utilizados. Os autores verificaram que a taxa de

aumento do teor de antocianinas nos frutos controle foi de  $21\mu\text{g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ . Mota (2006), trabalhando com suco de amora-preta cultivar ‘Comanche’ obteve uma concentração de antocianinas totais de  $1210\mu\text{g g}^{-1}$  de suco e após 30 dias de armazenagem a  $16$  a  $18^\circ\text{C}$  caiu para  $530\mu\text{g g}^{-1}$ .

Comparando com os trabalhos descritos no ítem anterior, com exceção do trabalho de Mota (2006), que mostra diminuição nos teores de antocianina nos frutos, os demais mostram aumento nos teores ao longo do período de armazenamento. Estes valores são discordantes com os valores encontrados no presente experimento. O decréscimo pode ser explicado pela degradação destes compostos durante o armazenamento.

Na amora-preta, devido ao elevado conteúdo de antocianinas totais, a coloração amarelada característica da presença de carotenos não é representativa como em outras frutas.

O conteúdo de carotenóides totais em amora-preta ( $87,7\mu\text{g } \beta\text{-caroteno g}^{-1}$  de fruta) é reportado como sendo superior ao da acerola ( $53\mu\text{g de } \beta\text{-caroteno g}^{-1}$  de fruta) que, assim como a amora-preta tem uma predominância de antocianinas (ARAÚJO et al., 2007). De acordo com Marinova e Ribarova (2007), a amora-preta apresenta vários carotenóides, incluindo a luteína ( $0,3\text{mg.}100\text{g}^{-1}$  de fruta), zeaxantina ( $29,0\text{mg.}100\text{g}^{-1}$  de fruta),  $\beta$ -criptoxantina ( $30,1\text{mg } 100\text{g}^{-1}$  de fruta),  $\alpha$ -Caroteno ( $9,2\text{mg } 100\text{g}^{-1}$  de fruta) e  $\beta$ -caroteno ( $101,4 \text{ mg.}100\text{g}^{-1}$  de fruta). Jacques (2009) relata a presença em amora-preta cv. ‘Tupy’ de  $\beta$ -criptoxantina ( $0,227\text{mg } 100\text{g}^{-1}$  de fruta), luteína+zeaxantina ( $0,519\text{mg } 100\text{g}^{-1}$  de fruta) ,  $\beta$ -caroteno ( $0,003 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$  de fruta) e licopeno ( $0,015\text{mg } 100\text{g}^{-1}$  de fruta). Na Tabela 17, podemos verificar que o conteúdo de carotenóides apresentou diminuição ao longo do período de armazenamento. Os resultados do experimento mostram que a perda foi mais acentuada no tratamento o qual possuía os frutos 100% vermelhos.

Tabela 17: Antocianina ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) e Carotenóides ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) em frutos de amora-preta colhidos em 3 diferentes estádios de maturação ao longo do tempo de armazenamento, nos dias 0; 3; 6; 9; 12 e 15 dias após a colheita. Botucatu-SP, 2013.

Trat.	Dias de armazenamento					
	0	3	6	9	12	15
<b>Antocianinas</b>						
T1	1423,20 ± 575,90aA	321,68 ± 109,08aB	92,23 ± 12,12aB	98,97 ± 44,49aB	30,11 ± 9,12aB	45,65 ± 10,98aB
T2	829,74 ± 139,06bA	265,69 ± 142,39aB	111,30 ± 27,75aB	95,74 ± 9,01aB	53,43 ± 5,64aB	136,28 ± 21,36aB
T3	719,67 ± 213,20bA	377,14 ± 162,94aB	145,30 ± 74,05aB	121,30 ± 9,16aB	80,24 ± 21,80aB	114,77 ± 36,12aB
<b>Carotenóides</b>						
T1	222,15 ± 121,17aA	35,11 ± 9,16aB	22,69 ± 1,50aB	20,53 ± 7,11aB	8,01 ± 1,54aB	12,06 ± 3,08aB
T2	128,62 ± 17,51bA	49,51 ± 19,87aB	22,87 ± 3,50aB	18,59 ± 1,88aB	10,76 ± 0,75aB	23,90 ± 3,48aB
T3	122,78 ± 34,33bA	64,53 ± 24,86aB	30,79 ± 7,24aB	21,83 ± 1,97aB	15,35 ± 3,44aB	20,30 ± 6,34aB

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferiram estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ( $P > 0,05$ ).

T1-Frutos 100% Vermelhos; T2-Frutos 50% Vermelhos e 50% Pretos e T3-Frutos 100% Pretos.

Ao longo do armazenamento observa-se um decréscimo significativo do conteúdo de antocianinas das geleias no tratamento o qual utilizou-se frutos 100% Vermelhos, concordando com os estudos em geleias de sete cultivares de amora-preta convencional realizados por Mota (2006), que observou uma redução média de 57% no conteúdo inicial de antocianinas totais, ao longo de 90 dias de armazenamento à temperatura ambiente, já os demais tratamentos apresentaram queda nos dias intermediários de avaliação e aumento ao final do período de avaliação.

Estudos realizados por Wang e Lin (2000) com frutos de amora-preta, framboesa e morango, indicaram que os frutos maduros de framboesa preta e de amora-preta, constituem fontes ricas em antocianinas ( $197,2$  e  $152,8 \mu\text{g g}^{-1}$  fruta, respectivamente) quando comparados com frutos maduros de framboesa vermelha ( $68,0 \mu\text{g g}^{-1}$ ) e de morango ( $31,9 \mu\text{g g}^{-1}$ ). Salienta-se que estas frutas, assim como a amora-preta, pertencem à família botânica das Rosáceas.

Ao verificar os trabalhos que mostram os teores de antocianinas (e outros pigmentos) é possível verificar que não há padrão de aumento ou diminuição dos mesmos, sendo o comportamento distinto entre frutos de diferentes cultivares inclusive. Com base nos valores relatados na literatura sobre o conteúdo de antocianinas, e a grande variação entre os diferentes materiais genéticos, existe um grande potencial na produção de amora-preta visando a obtenção de corante natural para a indústria alimentícia e de medicamentos (EMBRAPA CLIMA TEMPERADO, 2008).

A geleia de amora-preta retém boa parte das antocianinas encontradas nos frutos e é uma fonte a ser considerada destes compostos, pois os teores

presentes neste produto são superiores aos encontrados nos frutos *in natura* de outras frutas vermelhas, como morango (30 a 60 $\mu\text{g g}^{-1}$ ) (CORDENUNSI et al., 2003), pitanga roxa (16,23 $\mu\text{g g}^{-1}$ ) (LIMA et al., 2005) ou acerola (3,79 a 59,74 $\mu\text{g g}^{-1}$ ) (LIMA et al., 2003).

As geleias apresentaram comportamentos distintos para o conteúdo de carotenóides. As geleias elaboradas a partir de frutos 100% vermelhos apresentaram queda acentuada. As geleias intermediárias apresentaram queda seguida por aumento nos períodos finais de avaliação enquanto as geleias elaboradas com frutos 100% pretos apresentaram aumento até o 12º dia e após este período diminuição. Os valores de antocianinas e carotenóides em geleias de amora são apresentados na Tabela 18.

Tabela 18: Antocianina ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) e Carotenóides ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) em geleias elaboradas a partir de frutos de amora-preta colhidos em 3 diferentes estádios de maturação ao longo do tempo de armazenamento, nos dias 0; 3; 6; 9; 12 e 15 dias após a colheita. Botucatu-SP, 2013.

Trat.	Dias de armazenamento					
	0	3	6	9	12	15
<b>Antocianinas</b>						
T1	347,55 $\pm$ 85,51aA	131,09 $\pm$ 21,50bB	120,41 $\pm$ 5,61bB	54,12 $\pm$ 8,66bB	143,76 $\pm$ 65,72aB	94,83 $\pm$ 21,12bB
T2	445,36 $\pm$ 77,70aB	706,38 $\pm$ 103,27aA	98,21 $\pm$ 8,95bC	82,82 $\pm$ 10,44bC	225,02 $\pm$ 60,69aC	547,37 $\pm$ 45,26aAB
T3	109,93 $\pm$ 20,08bC	78,11 $\pm$ 9,01bC	512,66 $\pm$ 77,52aB	982,98 $\pm$ 373,74aA	148,67 $\pm$ 46,85aC	625,14 $\pm$ 77,58aB
<b>Carotenóides</b>						
T1	128,36 $\pm$ 31,40aA	22,81 $\pm$ 3,77bB	23,77 $\pm$ 1,27bB	11,52 $\pm$ 1,70bB	23,28 $\pm$ 10,21bB	16,14 $\pm$ 3,63bB
T2	107,92 $\pm$ 20,80aA	119,94 $\pm$ 17,99aA	19,20 $\pm$ 2,40bB	15,76 $\pm$ 2,21bB	43,06 $\pm$ 12,98bB	92,47 $\pm$ 8,01aA
T3	21,05 $\pm$ 5,08bC	17,90 $\pm$ 2,28bC	83,36 $\pm$ 11,99aB	167,44 $\pm$ 62,72aA	181,28 $\pm$ 10,94aA	105,96 $\pm$ 12,94aB

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferiram estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ( $P > 0,05$ ).

T1-Frutos 100% Vermelhos; T2-Frutos 50% Vermelhos e 50% Pretos e T3-Frutos 100% Pretos.

Além dos pigmentos, as vitaminas também fazem partes dos compostos que apresentam atividade antioxidante.

Os frutos apresentaram aumento nos teores de vitamina C ao final do tempo de armazenamento (12º dia). Este padrão foi verificado nos tratamentos 100% Vermelho e 50% Vermelho e 50% Preto. Já nos frutos no último tratamento (frutos 100% Pretos) verifica-se aumento as 12 dias de avaliação e queda aos 15, o que pode ser explicado pela degradação que ocorre devido à senescência dos frutos (Tabela 19).

Os frutos avaliados neste estudo apresentaram conteúdos de vitamina C inferiores aos citados na literatura internacional para a amora-preta. Agar et al. (1997) relatam um teor de vitamina C de 21mg 100g<sup>-1</sup> de fruta fresca e Pantelidis et al. (2007) relatam teores médios de 14mg 100g<sup>-1</sup>. Estes resultados podem ser explicados pela forma de quantificação da vitamina C, pois alguns métodos quantificam somente a forma mais ativa, o ácido L-ascórbico (AA), e não mensura as outras formas químicas de compostos, isômeros e formas oxidadas, que representam a vitamina C.

De acordo com Jacques (2009), o conteúdo de vitamina C presente na amora-preta (0,9mg 100g<sup>-1</sup> fruta) é baixo quando comparado com outras frutas estudadas por Hernández et al. (2006) e Araújo et al. (2007), como do conteúdo no mamão papaya (86,0mg 100g<sup>-1</sup> fruta), na manga (89,0mg 100g<sup>-1</sup> fruta) e na acerola (183mg 100g<sup>-1</sup>). Chim (2008) relatou teores de 2,4mg 100g<sup>-1</sup> na cv. ‘Tupy’, resultado superior ao encontrado no estudo de Jacques (2009) e inferior aos deste estudo.

Grandes variações nos teores de vitamina C são descritos por Pantelidis et al. (2007) em diversas cultivares de amora-preta e framboesa, na faixa de 14,3 à 103,3mg 100g<sup>-1</sup> fruta fresca.

Tabela 19: Vitamina C (mg 100g<sup>-1</sup>) em frutos de amora-preta colhidos em 3 diferentes estádios de maturação ao longo do tempo de armazenamento, nos dias 0; 3; 6; 9; 12 e 15 dias após a colheita. Botucatu-SP, 2013.

Trat.	Dias de armazenamento					
	0	3	6	9	12	15
T1	3,95 ± 0,25aC	3,62 ± 0,22aC	3,86 ± 0,32aC	3,32 ± 0,48aC	7,13 ± 0,71aB	9,11 ± 0,16aA
T2	4,16 ± 0,45aB	3,35 ± 0,47aBC	3,84 ± 0,55aB	2,24 ± 0,71aC	6,63 ± 1,12aA	6,77 ± 1,80bA
T3	3,20 ± 0,15aBC	2,62 ± 0,76aBC	4,04 ± 0,71aB	2,30 ± 0,29aC	7,40 ± 1,58aA	3,90 ± 0,62cB

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferiram estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey (P>0,05).

T1-Frutos 100% Vermelhos; T2-Frutos 50% Vermelhos e 50% Pretos e T3-Frutos 100% Pretos.

Pré-testes foram realizados nas geleias e com isso, verificou-se que o conteúdo de ácido ascórbico foi insignificante e sua degradação pode ser atribuída à sua propriedade de ser termolábil.

A capacidade antioxidante de frutos vem sendo reportada na literatura pela relação direta do conteúdo total de fenóis e de antocianinas presentes no material.

A Tabela 20 mostra os valores encontrados para os 3 estádios de maturação avaliados e períodos de armazenamento. Pode-se verificar que não há

padrão ente os frutos avaliados. Nota-se que ao avaliar a média dos frutos em cada dia de análise, há aumento aos 9 e 12 dias após a colheita seguido por uma diminuição. Chim (2008) verificou que em testes de DPPH realizados estudando extratos de 3 cultivares de amora-preta demonstraram que os extratos das cultivares ‘Guarani’ e ‘Tupy’ apresentaram os maiores valores de capacidade antioxidante, não apresentando diferenças significativas entre si..

Segundo Wang e Lin (2000) existem poucas informações sobre a capacidade antioxidante de frutos em diferentes estádios de desenvolvimento. Esses autores observaram que em estádios de maturação mais avançados de alguns frutos, tais como amora, morango e framboesa, ocorre um aumento na capacidade antioxidante destes frutos porém este fato não foi observado no presente experimento.

Tabela 20: Atividade Antioxidante (TEAC – Capacidade Antioxidante em equivalente TROLOX -  $\mu\text{mol g}^{-1}$ ) em frutos de amora-preta colhidos em 3 diferentes estádios de maturação ao longo do tempo de armazenamento, nos dias 0; 3; 6; 9; 12 e 15 dias após a colheita. Botucatu-SP, 2013.

Trat.	Dias de armazenamento						Média
	0	3	6	9	12	15	
T1	0,31 ± 0,17	0,32 ± 0,02	0,31 ± 0,05	1,50 ± 1,63	0,39 ± 0,02	0,44 ± 0,01	0,55ab
T2	0,35 ± 0,05	0,30 ± 0,04	0,27 ± 0,06	2,61 ± 2,02	1,94 ± 2,16	1,17 ± 1,67	1,11a
T3	0,29 ± 0,04	0,33 ± 0,02	0,26 ± 0,10	1,16 ± 1,70	0,41 ± 0,05	0,42 ± 0,02	0,48b
<b>Média</b>	0,32B	0,32B	0,28B	1,76A	0,92AB	0,68B	

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferiram estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ( $P > 0,05$ ).

T1-Frutos 100% Vermelhos; T2-Frutos 50% Vermelhos e 50% Pretos e T3-Frutos 100% Pretos.

A Tabela 21 mostra os valores de Atividade Antioxidante (equivalente em Trolox) das geleias. Nota-se que diferente dos frutos, o comportamento das geleias não apresentou diferenças significativas estatisticamente nem durante o armazenamento, nem de acordo com os estádios de maturação dos mesmos. A redução na capacidade antioxidante das geleias pode ser explicada pelas perdas dos compostos bioativos durante o processamento das geleias, vitamina C e tocoferóis, mas principalmente em relação as maiores perdas de antocianinas totais.

Tabela 21: Atividade Antioxidante (TEAC – Capacidade Antioxidante em equivalente TROLOX -  $\mu\text{mol g}^{-1}$ ) em geleias elaboradas a partir de frutos de amora-preta colhidos em 3 diferentes estádios de maturação ao longo do tempo de armazenamento, nos dias 0; 3; 6; 9; 12 e 15 dias após a colheita. Botucatu-SP, 2013.

Trat.	Dias de armazenamento					
	0	3	6	9	12	15
T1	0,45 ± 0,01	0,41 ± 0,04	0,36 ± 0,08	0,41 ± 0,02	0,40 ± 0,04	0,41 ± 0,03
T2	0,41 ± 0,01	0,39 ± 0,04	0,39 ± 0,02	0,42 ± 0,04	0,39 ± 0,06	0,34 ± 0,03
T3	0,36 ± 0,09	0,43 ± 0,04	0,35 ± 0,10	0,40 ± 0,03	0,37 ± 0,05	0,38 ± 0,03

T1-Frutos 100% Vermelhos; T2-Frutos 50% Vermelhos e 50% Pretos e T3-Frutos 100% Pretos.

As avaliações de DPPH e FRAP são indicadas como métodos simples e rápidos para avaliar a atividade antioxidante de frutas e vegetais (ANTOLOVICH et al, 2001; BAGETTI et al, 2011). No ensaio de FRAP a capacidade antioxidante é medida como a capacidade de reduzir  $\text{Fe}^{3+}$  - complexo TPTZ para  $\text{Fe}^{2+}$  (BENZIE; STRAIN, 1996), enquanto que o ensaio de DPPH envolve um processo de transferência de elétrons rápida a partir de compostos fenólicos com o radical DPPH (BRAND-WILLIAMS et al, 1995, MARTINS et al, 2009). Apesar de algumas diferenças, as análises de FRAP e DPPH mostraram resultados semelhantes. Os trabalhos de Hirsh (2011) apresentaram as cultivares ‘Seleção 07/001’ e ‘02/96’ com a maior capacidade antioxidante quando comparadas com as demais estudadas. A tabela 22 mostra que assim como o método anteriormente avaliado, a atividade antioxidante nos frutos de amora-preta avaliada pelo método FRAP também não apresentaram padrão de aumento ou queda entre os tratamentos e entre os dias de armazenamento.

Tabela 22: Atividade Antioxidante (FRAP –  $\mu\text{M}$  sulfato ferroso  $\text{g}^{-1}$ ) em frutos de amora-preta colhidos em 3 diferentes estádios de maturação ao longo do tempo de armazenamento, nos dias 0; 3; 6; 9; 12 e 15 dias após a colheita. Botucatu-SP, 2013.

Trat.	Dias de armazenamento					
	0	3	6	9	12	15
T1	0,39 ± 0,10aB	0,45 ± 0,04aAB	0,51 ± 0,06aAB	0,40 ± 0,03aB	0,56 ± 0,04aA	0,52 ± 0,05aAB
T2	0,41 ± 0,08aB	0,54 ± 0,12aA	0,40 ± 0,08bB	0,37 ± 0,08aB	0,37 ± 0,08bB	0,42 ± 0,06aAB
T3	0,48 ± 0,12aA	0,48 ± 0,04aA	0,44 ± 0,07abAB	0,34 ± 0,02aB	0,39 ± 0,05bAB	0,46 ± 0,03aAB

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferiram estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ( $P > 0,05$ ).

T1-Frutos 100% Vermelhos; T2-Frutos 50% Vermelhos e 50% Pretos e T3-Frutos 100% Pretos.

Assim como no caso da Atividade Antioxidante pelo método DPPH acima descrito, pode-se verificar que pouca variação ocorreu entre os tratamentos e dias de análise. Nota-se também que quando comparamos os valores encontrados nos

frutos e nas geleias, os resultados apresentam pouca variação na maioria dos casos (Tabela 23).

Tabela 23: Atividade Antioxidante (FRAP –  $\mu\text{M}$  sulfato ferroso  $\text{g}^{-1}$ ) em geleias elaboradas a partir de frutos de amora-preta colhidos em 3 diferentes estádios de maturação ao longo do tempo de armazenamento, nos dias 0; 3; 6; 9; 12 e 15 dias após a colheita. Botucatu-SP, 2013.

Trat.	Dias de armazenamento					
	0	3	6	9	12	15
T1	0,48 $\pm$ 0,10aA	0,37 $\pm$ 0,02bA	0,38 $\pm$ 0,08bA	0,37 $\pm$ 0,05aA	0,30 $\pm$ 0,05aA	0,34 $\pm$ 0,02bA
T2	0,44 $\pm$ 0,07aB	0,77 $\pm$ 0,17aA	0,25 $\pm$ 0,11bB	0,38 $\pm$ 0,04aB	0,39 $\pm$ 0,0aB	0,44 $\pm$ 0,08abB
T3	0,35 $\pm$ 0,03aBC	0,28 $\pm$ 0,04bC	1,04 $\pm$ 0,46aA	0,54 $\pm$ 0,16aB	0,39 $\pm$ 0,02aBC	0,58 $\pm$ 0,02aB

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferiram estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ( $P > 0,05$ ).

T1-Frutos 100% Vermelhos; T2-Frutos 50% Vermelhos e 50% Pretos e T3-Frutos 100% Pretos.

A PME deve preceder a atividade da PG, no sentido de facilitar a atividade desta última, pela desmetilação dos poliuronídeos. A PG teria maior afinidade pelo substrato linear, desmetilado, após a atuação da PME (ANTHON et al., 2002; BICALHO et al., 2000). Na maioria dos frutos a atividade da PG aumenta durante o amadurecimento concomitantemente com um aumento na maciez do fruto e a solubilização de poliuronídeos da parede (BICALHO et al., 2000).

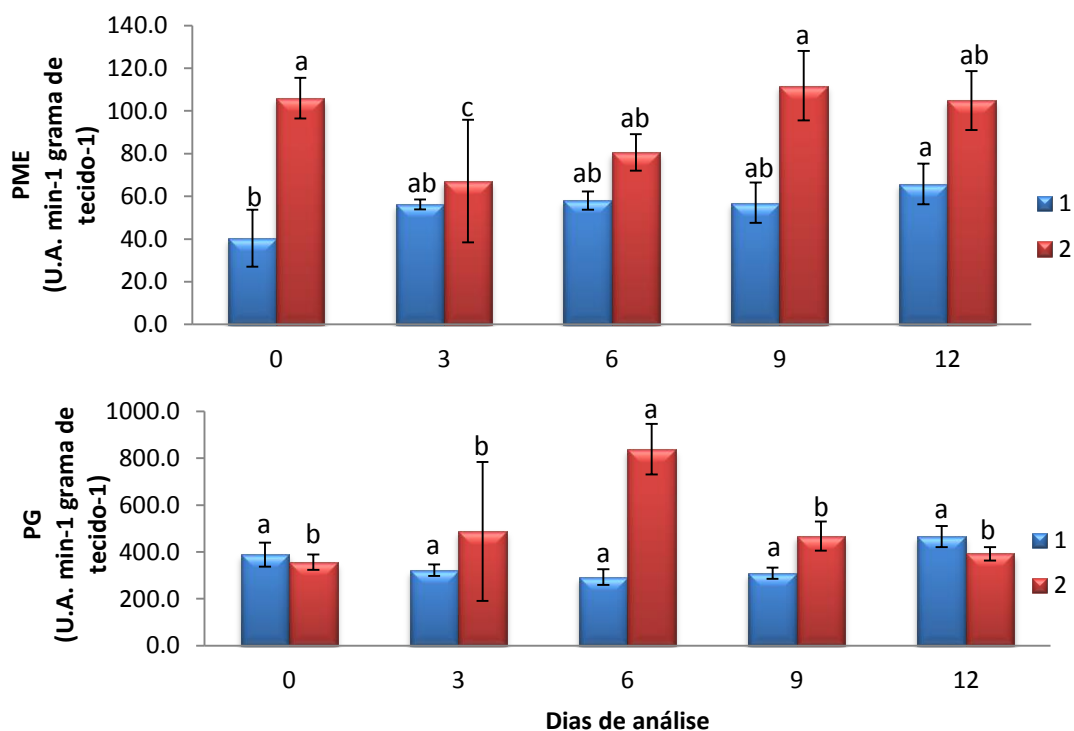
A atividade da PME para o tratamento que possui os frutos mais imaturos foi inferior aos frutos do tratamento intermediário.

Aos 15 dias, tanto a PG quanto a PME apresentaram atividade enzimática muito baixa, isto é, abaixo do limite de detecção do método, portanto os frutos desta época não foram avaliados (Figura 13).

O tratamento composto pelos frutos 100% pretos não apresentou atividade enzimática durante todo o período de avaliação. Antunes et al. (2006) estudando a alteração da atividade das enzimas PG e PME ao longo do tempo de 2 cultivares de amora-preta verificaram aumento linear nos teores de PME até o 12º dia em ambas as cultivares avaliadas ('Brazos' e 'Comanche'). Já quanto à alteração nos teores quanto à temperatura de armazenamento dos frutos, os mesmos autores verificaram que o tratamento que se manteve à temperatura ambiente apresentou os maiores teores na maioria do período avaliado.

Os frutos 100% Vermelhos apresentaram pouca variação ao longo do período de armazenamento para a atividade da enzima poligalacturonase. Observa-se maior atividade enzimática no 6º dia de análise (Figura 13) seguido pela

diminuição na atividade (Tratamento intermediário). A menor atividade de PG pode ser explicada pela falta de substrato para a ação da enzima ou pela existência de outro complexo enzimático (ABELES; TAKEDA, 1989). Assim como para a avaliação de PME, o tratamento composto pelos frutos 100% Pretos não apresentou atividade enzimática ao longo do período de avaliação dos frutos.



Tratamento 1: frutos 100% Vermelhos e Tratamento 2: frutos 50% Vermelhos e 50% pretos.  
 Figura 13: Pectinametilesterase (U.A. min<sup>-1</sup> grama de tecido<sup>-1</sup>) e Poligalacturonase (U.A. min<sup>-1</sup> grama de tecido<sup>-1</sup>) em frutos de amora-preta colhidos em 2 diferentes estádios de maturação ao longo do tempo de armazenamento, nos dias 0; 3; 6; 9 e 12 dias após a colheita. Botucatu-SP, 2013.

A Tabela 24 mostra as correlações entre os valores de Compostos Fenólicos, Antocianina, Carotenóides, Atividade Antioxidante, pelos 2 métodos utilizados em frutos e geleias elaboradas a partir de amoras-pretas e Ácido Ascórbico, Pectinametilesterase e Poligalacturonase em frutos de amora-preta.

Pode-se observar que alguns parâmetros apresentam correlações porém não há padrão neste tipo de análise. Hassimoto et al. (2005) avaliando a capacidade antioxidante de frutas, observaram maior capacidade antioxidante em amostras contendo antocianinas, tanto pelo método do  $\beta$ -caroteno quanto pelo do lipossomo. A mesma relação foi demonstrada por Muñoz-Espada et al. (2004) avaliando as cultivares de *Vitis vinifera* e *Vitis labrusca*, nas quais se observou uma associação positiva entre o conteúdo de antocianinas e a capacidade antioxidante pelo método de seqüestro de

radicais livres do DPPH. Por outro lado, Kallithraka et al. (2005) encontraram correlação estatisticamente insignificante avaliando antocianinas totais e capacidade antioxidante em cultivares de *Vitis vinifera*, neste caso, ressaltando a importância de outros constituintes da uva.

Um destaque importante e que corrobora as afirmações realizadas pelos autores acima, as correlações apresentadas entre Ácido Ascórbico e Atividade Antioxidante realizada pelo método FRAP, ambos nos frutos e os pigmentos (Antocianinas e Carotenóide presentes nas geleias) com Atividade Antioxidante realizada pelo método FRAP, todos em geleia (Tabela 24).

TABELA 24: Matriz de correlação entre Compostos Fenólicos (mg de ác. gálico g<sup>-1</sup>), Antocianina (µg g<sup>-1</sup>), Carotenóides (µg g<sup>-1</sup>), Valores de Atividade Antioxidante (AA - TEAC – Capacidade Antioxidante em equivalente TROLOX - µmol g<sup>-1</sup>), Atividade Antioxidante (AA - FRAP – µM sulfato ferroso g<sup>-1</sup>) em frutos e geleias elaboradas a partir de amoras-pretas e Ácido Ascórbico (mg 100g<sup>-1</sup>), Pectinametilsterase (PME – U.E. min<sup>-1</sup> g<sup>-1</sup>) e Poligalcturonase (PG – U.E. min<sup>-1</sup> g<sup>-1</sup>) em frutos de amora-preta. Botucatu-SP, 2013.

BIOQUÍMICA	Antocianina (frutos)	Carotenóides (frutos)	AA - TEAC (frutos)	AA - FRAP (frutos)	Ác. Ascórbico (frutos)	PG (frutos)	PME (frutos)	Comp. Fenol. (geleias)	Antocianina (geleias)	Carotenóides (geleias)	AA - TEAC (geleias)	AA - FRAP (geleias)
<b>Comp.Fenol. (frutos)</b>	-0,093 0,383	-0,032 0,769	0,013 0,906	0,156 0,142	-0,177 0,095	0,187 0,175	0,275 0,044	0,143 0,180	0,131 0,219	-0,108 0,310	0,076 0,476	-0,011 0,915
<b>Antocianina (frutos)</b>		0,929 <0,001	-0,180 0,090	-0,081 0,449	-0,244 0,020	-0,131 0,346	-0,223 0,105	-0,337 0,001	0,030 0,777	0,200 0,058	0,210 0,047	-0,008 0,937
<b>Carotenóides (frutos)</b>			-0,179 0,092	0,0002 0,998	-0,241 0,022	-0,126 0,363	-0,249 0,069	-0,328 0,002	0,035 0,742	0,204 0,054	0,179 0,091	0,017 0,874
<b>AA - TEAC (frutos)</b>				-0,260 0,013	-0,094 0,376	-0,082 0,553	0,306 0,024	0,078 0,466	-0,107 0,315	-0,166 0,118	-0,012 0,911	-0,010 0,927
<b>AA - FRAP (frutos)</b>					0,171 0,011	-0,007 0,958	-0,343 0,011	-0,158 0,137	-0,111 0,298	-0,209 0,049	-0,031 0,769	-0,012 0,907
<b>Ác. Ascórbico (frutos)</b>						-0,062 0,656	-0,072 0,608	0,518 <0,001	-0,173 0,102	0,038 0,720	-0,183 0,084	-0,141 0,184
<b>PG (frutos)</b>							0,11 0,430	0,093 0,503	-0,065 0,643	-0,108 0,436	0,014 0,917	-0,075 0,590
<b>PME (frutos)</b>								0,295 0,031	0,005 0,970	-0,101 0,468	-0,090 0,520	-0,179 0,197
<b>Comp. Fenol. (geleias)</b>									0,418 <0,001	0,491 <0,001	-0,115 0,280	0,062 0,564
<b>Antocianina (geleias)</b>										0,750 <0,001	-0,108 0,311	0,495 <0,001
<b>Carotenóides (geleias)</b>											-0,057 0,595	0,355 <0,001
<b>AA - TEAC (geleias)</b>												-0,249 0,018

O primeiro valor corresponde ao coeficiente de correlação (Pearson) e o segundo, ao valor da probabilidade (P). Observou-se correlação significativa (positiva ou negativa, conforme o sinal indicado) nas células marcadas. A correlação é significativa quando P é menor que 0,05.

Além das correlações das análises de cada experimento, foram feitas outras 2 tabelas com correlações interessantes entre os parâmetros avaliados na tese.

A Tabela 25 mostra correlação em grande parte dos parâmetros estudados. Pode-se notar que o parâmetro 'L', responsável pela escala de coloração que varia de branco a preto apresenta correlação positiva com quase todos os quesitos avaliados. O mesmo ocorre com os outros parâmetros de cor avaliados.

O parâmetro 'a', que no caso das amoras-pretas é de extrema importância, pois relata a escala que varia de amarelo a vermelho, mostra correlação positiva com a maioria dos parâmetros exceto com a quantidade de antocianinas e carotenóides presentes nas geleias. Isso pode ser devido ao fato deste pigmentos serem degradados ao longo do tempo de armazenamento diferentemente do parâmetro 'a' que não apresenta padrão definido ao longo do tempo de armazenamento dos frutos.

TABELA 25: Matriz de correlação entre Coloração (Parâmetro L, a, b e °Hue), Antocianina ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) e Carotenóides ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ) em frutos e geleias de amora-preta. Botucatu-SP, 2013.

COLORAÇÃO	Parâmetro 'a' (frutos)	Parâmetro 'b' (frutos)	°hue (frutos)	Antocianina (frutos)	Carotenóides (frutos)	Parâmetro 'L' (geleias)	Parâmetro 'a' (geleias)	Parâmetro 'b' (geleias)	°Hue (geleias)	Antocianina (geleias)	Carotenóides (geleias)
Parâmetro 'L' (frutos)	0,831 <0,001	0,873 <0,001	0,404 <0,001	0,307 0,003	0,258 0,014	0,502 <0,001	0,669 <0,001	0,614 <0,001	0,635 <0,001	-0,300 0,004	-0,171 0,108
Parâmetro 'a' (frutos)		0,933 <0,001	0,309 0,003	0,041 0,699	0,008 0,940	0,522 <0,001	0,718 <0,001	0,654 <0,001	0,719 <0,001	-0,350 <0,001	-0,385 <0,001
Parâmetro 'b' (frutos)			0,500 <0,001	0,137 0,198	0,0836 0,434	0,532 <0,001	0,707 <0,001	0,658 <0,001	0,721 <0,001	0,337 0,001	-0,334 0,001
°Hue (frutos)				0,207 0,050	0,176 0,097	0,292 0,005	0,329 0,002	0,321 0,002	0,309 0,003	-0,086 0,421	-0,132 0,217
Antocianina (frutos)					0,929 <0,001	0,0278 0,795	0,219 0,038	0,256 0,015	0,242 0,022	0,030 0,777	0,200 0,058
Carotenóides (frutos)						-0,024 0,826	0,190 0,073	0,235 0,026	0,227 0,032	0,035 0,742	0,204 0,054
Parâmetro 'L' (geleias)							0,232 0,028	0,101 0,343	0,189 0,074	-0,139 0,190	-0,261 0,013
Parâmetro 'a' (geleias)								0,968 <0,001	0,827 <0,001	-0,233 0,027	-0,237 0,024
Parâmetro 'b' (geleias)									0,880 <0,001	-0,245 0,020	-0,235 0,026
°hue (geleias)										-0,402 <0,001	-0,432 <0,001
Antocianina (geleias)											0,750 <0,001

O primeiro valor corresponde ao coeficiente de correlação (Pearson) e o segundo, ao valor da probabilidade (P). Observou-se correlação significativa (positiva ou negativa, conforme o sinal indicado) nas células marcadas. A correlação é significativa quando P é menor que 0,05.

O amaciamento de frutos durante o seu amadurecimento implica modificações dos polissacarídeos da parede celular (PC). Os reflexos econômicos desse amaciamento têm estimulado o desenvolvimento de uma série de pesquisas envolvendo o estudo das bases bioquímicas do metabolismo da PC durante o amadurecimento de frutos. A diminuição na firmeza (firmeza da polpa) durante o amadurecimento tem sido atribuída a modificações e à degradação dos componentes da parede celular, tais como celulose, hemiceluloses e pectinas. As substâncias pécticas constituem-se na classe de polissacarídeos da PC que sofrem a mais marcante modificação durante o amadurecimento de alguns frutos, com o aumento, solubilização e despolimerização associadas ao amolecimento dos frutos. A degradação de pectina geralmente é acompanhada por aumento na atividade de hidrolases da PC, tais como poligalacturonase (PG) e pectinametilesterase (PME) (PIMENTA et al., 2000). Vários estudos relacionam a inibição da ativação da PG durante o amadurecimento com a extensão da sobrevivência e vida de prateleira do fruto.

Pode-se observar na tabela 26 que além da correlação já referida entre a Perda de Massa dos frutos e a Perda de Massa, a Firmeza apresenta correlação negativa entre a atividade das enzimas PME E PG.

Nenhuma correlação ocorreu entre a Perda de Massa e as enzimas de amolecimento.

TABELA 26: Matriz de correlação entre Firmeza ( $\text{g f}^{-1}$ ), Perda de Massa ( $\text{g } 100\text{g}^{-1}$ ), Pectinametilesterase (PME –  $\text{U.E. min}^{-1} \text{g}^{-1}$ ) e Poligalacturonase (PG –  $\text{U.E. min}^{-1} \text{g}^{-1}$ ) em frutos de amora-preta Botucatu-SP, 2013.

AMOLECIMENTO	Perda de Massa	PG fruto (UE/min/g de tecido)	PME fruto (UE/min/g tecido)
<b>Firmeza fruto</b>	-0,345 <0,001	-0,365 0,007	-0,556 <0,001
<b>Perda de Massa</b>		-0,053 0,705	0,169 0,223
<b>PG fruto (UE/min/g de tecido)</b>			0,110 0,430

O primeiro valor corresponde ao coeficiente de correlação (Pearson) e o segundo, ao valor da probabilidade (P). Observou-se correlação significativa (positiva ou negativa, conforme o sinal indicado) nas células marcadas. A correlação é significativa quando P é menor que 0,05.

## 7. CONCLUSÃO

Nas condições experimentais deste trabalho, pode-se concluir que:

- Quanto à caracterização bromatológica e de macro e micronutrientes dos frutos e geléias de amora-preta ‘Tupy’, os frutos 100% vermelhos apresentaram-se mais ricos quanto a diversos parâmetros como umidade e fibra bruta, porém quanto aos demais, não houveram diferenças significativas.
- Quanto à avaliação dos frutos ao longo do armazenamento, o pH apresentado por eles, mostrou-se ideal para a fabricação das geléias.
- Não houve degradação de polifenóis e diminuição da atividade antioxidante durante o processamento e tempo de armazenamento.
- A amora-preta ‘Tupy’ mostrou em todos os experimentos ser um fruto bastante versátil já que possui características interessantes tanto para seu consumo *in natura* quanto para seu processamento.

## **8. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A amora-preta se mostrou ser uma fruta bastante interessante do ponto de vista tecnológico já que como os valores de pH das mesmas em na maioria dos tratamentos e tempo de armazenamento, se apresentou ideal para a elaboração de geleias.

Um problema mostrado pelos frutos foi a grande perecibilidade graças à alta perda de massa sofrida pelos mesmos, característico de suas propriedades morfológicas, porém apesar de sua grande perecibilidade, durante o trabalho não houve infecção por microorganismos. A embalagem utilizadas para os frutos não apresentava nenhum tipo de barreira contra a perda de água, portanto, outros trabalhos utilizando diferentes embalagens para conservação dos frutos se tornam necessários.

Pode-se notar que nos últimos anos, tem-se aumentado o número de trabalhos publicados no país sobre o frutos e produtos processados devido ao aumento do interesse por parte dos produtores e consumidores, ocorrendo incremento no nível tecnológico empregado na produção dos frutos, já que hoje em dia o produtor consegue, com a utilização de reguladores vegetais e podas eu bom escalonamento da produção ao longo do ano.

O pico na atividade respiratória mostrado no trabalho para a cultivar avaliada neste trabalho mostra que o padrão na atividade respiratória dos frutos não está bem elucidado portanto novos experimentos devem ser realizados tanto sobre o

tema assim como na quantificação dos níveis de etileno ao longo do período de armazenamento e em diferentes temperaturas para esta e demais cultivares deste fruto.

Outro fator de grande importância tecnológica é a necessidade de aplicação de pouca quantidade de pectina para a fabricação das geleias e a não aplicação de ácidos devido à acidez encontrada naturalmente nos frutos, o que o torna interessante para o processamento.

## 9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABELES, F. B.; TAKEDA, F. Increased cellulase activity during blackberry fruit ripening. **HortScience**, Alexandria, v. 24, n. 5, p.851, 1989.

AGAR, I. T.; STREIF, J.; BANGERTH, F. Effect of high CO<sub>2</sub> and controlled atmosphere (CA) on the ascorbic and dehydroascorbic acid content of some berry fruits. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 11, n. 1, p. 47-55, 1997.

ALEMÁN, S.; PACHECO-DELAHAYE, E.; PÉREZ, E.; SCHROEDER, M. Elaboration of blackberries (*Rubus glaucus* Benth) jellies with native and modified banana starches (*Musa* ABB). **African Journal of Food Science**. v. 5, .n. 4, pp. xxx-xxx, 2011.

ANTHON, G. E.; SEKINE, Y.; WATANABE, N. Thermal inactivation of pectin methylesterase, polygalacturonase, and peroxidase in tomato juice. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, p.6153-6159, 2002.

ANTOLOVICH, M.,; PRENZLER, P. D.; PATSALIDES, E.; McDONALD, S.; ROBARDS, K. Methods for testing antioxidant activity. **The Analyst**, v.127, p.183-198, 2001.

ANTONIOLLI, L. R.; DALLAGNOL, A. Atributos de qualidade relacionados ao estágio de maturação de amoras-pretas. **Jornal da Fruta**, Lages, n.194, p.10, 2008.

ANTUNES, L. E. C. Amora-preta: Nova opção de cultivo no Brasil. **Ciência Rural**, v. 32, p. 151-158, 2002.

ANTUNES, L. E. C.; REGINA, M. A.; DUARTE FILHO, J. A cultura da amora-preta. **Boletim Técnico**, n.69, Belo Horizonte: EPAMIG, 2002b.

ANTUNES, L. E. C.; DUARTE FILHO, J.; SOUZA, C. M. Conservação pós-colheita de frutos de amoreira preta. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 3, p. 413-419, 2003.

ANTUNES, L. E. C.; RASEIRA, M. do C. B. **Aspectos técnicos da cultura da amora-preta**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2004. 54 p. (Documento, 122)

ANTUNES, L. E. C.; GONÇALVES, E. D.; TREVISAN, R. Alterações da atividade da Poligalacturonase e Pectinametilesterase em amora-preta (*Rubus* spp.) durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 12, n. 1, p. 63-66, janeiro, 2006.

ARAÚJO, P. G. L.; FIGUEIREDO, R. W.; ALVES, R. E.; MAIA, G. A.; PAIVA, J. R.  $\beta$ -caroteno, ácido ascórbico e antocianinas totais em polpa de frutos de aceroleira conservada por congelamento durante 12 meses. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 1, p. 104-107, 2007.

ARAÚJO, P. F. **Atividade antioxidante de néctar de amora-preta (*Rubus* spp.) e sua influência sobre os lipídios séricos, glicose sanguínea e peroxidação lipídica em hamsters (*Mesocricetus auratus*) hipercolesterolêmicos**. 2009. 123f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós- Graduação em Ciência e Tecnologia Agroindustrial. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2009.

AZEVEDO-MELEIRO, C. H.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Confirmation of the identity of the carotenoids of tropical fruits by HPLC-DAD and HPLC-MS. **Journal of Food Composition and Analysis**, Orlando, v. 17, n. 3, p. 385-396, 2004.

BAGETTI, M., FACCO, E.M.P., PICCOLO, J., HIRSCH, G.E., RODRIGUEZ-AMAYA, D.B., KOBORI, C.N., VIZZOTTO, M., EMANUELLI, T. Physicochemical characterization and antioxidant capacity of pitanga fruits (*Eugenia uniflora* L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.31 , n.1, 2011.

BAGCHI, D. et al. Protective effects of grape seed proanthocyanidins and selected antioxidants against TPA induced hepatic and brain lipid peroxidation and DNA

fragmentation, and peritoneal macrophage activation in mice. **General Pharmacology**, v. 30, p. 771-776, 1998.

BASIOUNY, F.M. Ethylene evolution and quality of blackberry fruit as influenced by harvest time and storage intervals. **Acta Horticulturae**, Kyoto, n.398, p.195-203, 1995.

BENZIE, I.F.F.; STRAIN, J.J. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of antioxidant power: The FRAP assay. **Analytical Biochemistry**, v. 239, p. 70-76, 1996.

BICALHO, U. de O.; CHITARRA, A.B.; CHITARRA, M. I. F. et al. Modificações firmes em mamões submetidos à aplicação pós-colheita de cálcio e embalagens PVC. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 24, n. 1, p.136-146, 2000.

BISCHOFF, T. Z.; PINTRO, T. C.; PALOSCHI, C. L.; COELHO, S. R. M.; GRZEGOWSKI, M. Conservação pós-colheita da amora-preta refrigerada utilizando biofilme e embalagem plástica. **Energ. Agric.**, Botucatu, vol. 28, n.2, p.109-114, abril-junho, 2013.

BITTER, T.; MUIR, H. M. A modified uronic acid carbazole reaction. **Analytical Biochemistry**, New York, v. 34, n. 4, p. 330-334, 1962.

BLEINROTH, E. W.; ZUCHINI, A. G.; POMPEO, R. M. Determinação das características físicas e mecânicas de variedades de abacate e sua conservação pelo frio. **Coletânea ITAL**, Campinas. v. 7, n. 1, p. 29-81, 1976.

BOBBIO, P. A.; BOBBIO, F. O. **Química do processamento de alimentos**. 3. ed. São Paulo: Livraria Varela, 2001. 143p.

BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M.E.; BERSET, C. Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. **Food Science and Technology**, v. 28, p. 25-30, 1995.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância Sanitária. **Normas Técnicas Especiais do Estado de São Paulo, relativas a alimentos e bebidas**. Resolução da Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos - CNNPA n. 12, de 24 de julho de 1978. Seção I, pt I. Disponível em: <<http://e-legis.bvs.br/leisref/public/showAct.php>>. Acesso em: 08 mar. 2012.

BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **Food Science and Technology**, v. 28, p. 25 – 30, 1995.

BRAVO, L. Polyphenols: chemistry, dietary sources, metabolism and nutritional significance. **Nutrition Review**, v. 56, p. 317-333, 1998.

BURTON, B. T. **Nutrição Humana**. São Paulo: Mc Graw-Hill do Brasil, 1979.

CAMILO, S. M. B. et al. Vigilância nutricional no Brasil: criação e implementação do SISVAN. **Revista APS**, Juiz de Fora, v. 14, n. 2, p. 224-228, 2011.

CAMPAGNOLO, M. A.; PIO, R. Produção da amoreira-preta ‘Tupy’ sob diferentes épocas de poda. **Ciência Rural**, v.42, p.225-231, 2012.

CARVALHO, V. D. de Qualidade e conservação pós-colheita de goiabas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.17, n. 179, p. 48-54, 1994.

CATI. Distribuição geográfica de área cultivada e número de produtores, 2007/08, São Paulo. Levantamento Censitário das Unidades de Produção Agropecuária do Estado de São Paulo. Disponível em: <<http://www.cati.sp.gov.br/projetolupa/mapaculturas/AmoraPreta.php>>. Acesso em: 27 mai. 2010.

CETEC. **Manual para fabricação de geleias**. Belo Horizonte: CETEC, 1985. Caps. 3 e 4, p. 17-30.

CHEN, Z. Y. et al. Antioxidant activity of natural flavonoids is governed by number and location of their aromatic hydroxyl groups. **Chemistry and Physics of Lipids**, v. 79, p. 157–163, 1996.

CHIM, J. F. **Caracterização de compostos bioativos em amora-preta (Rubus sp.) e sua estabilidade no processo e armazenamento de geleias convencional e light**. 2008. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial) – Faculdade de Agronomia. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2008.

CHITARRA M. I. F.; CHITARRA A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças-Fisiologia e Manuseio**. Lavras: UFLA. 2005. 785p.

CHUN, O. K.; KIM, D. O. Consideration on equivalent chemicals in total phenolic assay of chlorogenic acid-rich plums. **Food Research International**, v. 37, p. 337–342, 2004.

CIA, P. *et al.* Atmosfera modificada e refrigeração para conservação pós-colheita de amora-preta. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.23, n.3, p.11-16, 2007.

CORDENUNSI, B. R.; NASCIMENTO, J. R. O.; LAJOLO, F. M. Physico-chemical changes related to quality of five strawberry fruit cultivars during cool-storage. **Food Chemistry**, v. 83, p.167-173, 2003.

CORREIA, P. R. M.; OLIVEIRA, P. V. Avaliação da padronização interna em espectrometria de absorção atômica utilizando gráficos de correlação. **Quim. Nova**, Vol. 28, No. 3, 539-543, 2005.

COUTINHO, E.F.; MACHADO, N.P.; CANTILLANO, R.F.F. **Sistema de Produção da amoreira-preta**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado. 2008. Acesso em 10/08/2009. Disponível em <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Amora/SistemaProducaoAmoreiraPreta/manejo.htm>>. Acesso em 20 mai. 2012.

COZZOLINO, S. M. F. **Biodisponibilidade de nutrientes**. Ed. Manole Ltda, 2009. 1172p.

DEGÁSPARI, C. H.; WASZCZYNSKYJ, N. Propriedades antioxidantes de compostos fenólicos. **Visão Acadêmico**, v. 5, p. 33 – 40, 2004.

DEIGHTON, N. *et al.* Antioxidant properties of domesticated and wild Rubus species. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 80, p. 1307-1313, 2000.

ELISIA, I. *et al.* Antioxidant assessment of an anthocyanin-enriched blackberry extract. **Food Chemistry**, v. 101, p. 1052-1058, 2007.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Embrapa Clima Temperado Sistemas de Produção. 2008. Disponível em: <<http://www.embrapa.br>>. Acesso em: 10 de junho de 2013.

FACHINELLO, J. C.; PASA, M. da S.; SCHMTIZ, J. L.; BETEMPS, D. L. Situação e perspectivas da fruticultura de clima temperado no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.33, p.92-108, 2011.

FAVIER, A. Les oligoéléments en nutrition humaine. In: CHAPPUIS, P. (Ed) **Les Oligoéléments en Médecine et Biologie**. Paris: Editions Médicales Internationales, 1991. Cap. 3, p. 41-74.

FERREIRA, D. S. **Compostos bioativos em amora-preta e encapsulação do seu extrato antociânico por gelificação térmica com curdlana**. 2008. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

FRANKEL, E. N.; MEYER, A. S. The problem of using onedimensional methods to evaluate multifunctional food and biological antioxidants. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.80, p.1925-1941, 2000.

GARCÍA, M. A.; MARTINO, M. N.; ZARITZKY, N. E. Plasticized starch-based coating to improve strawberry (*Fragaria x ananassa*) quality and stability. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 46, n. 9, p. 3758-3767, 1998.

GENOVESE, M. I. et al. Bioactive compounds and antioxidant capacity of exotic fruits commercial frozen pulps from Brazil. **Food Science and Technology**, v. 14, p. 207-214, 2008.

GIBNEY, M. J.; MACDONALD, I. A.; ROCHE, H. M. **Nutrição e metabolismo**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2006.

GUEDES, M. N. S.; ABREU, C. M. P.; MARO, L. A. C.; PIO, R.; ABREU, J. R.; OLIVEIRA, J. O Chemical characterization and mineral levels in the fruits of blackberry cultivars grown in a tropical climate at an elevation. **Acta Scientiarum. Agronomy** Maringá, v. 35, n. 2, p. 191-196, 2013.

HARBORNE, J. B.; WILLIAMS, C. A. Advances in flavonoid research since 1992. **Phytochemistry**, v. 55, p. 481-504, 2000.

HARDENBURG, R. E.; WATADA, A. E.; WANG, C.Y. **The commercial storage of fruits, vegetables, and florist and Nursery stocks**. California : USDA Agricultural Research Serial, 1986, 130p. (Handbook, 66).

HARDISSON, A. *et al.* Mineral composition of the banana (*Musa acuminata*) from the island of Tenerife. **Food Chemistry**, vol. 73, p. 153-161, 2001.

HASSIMOTO, N. M. A.; GENOVESE, M. I.; LAJOLO, F. M. Antioxidant activity of dietary fruits, vegetables, and commercial frozen fruit pulps. **J. Agric. Food Chem.**, v. 53, p. 2928-2935, 2005.

HASSIMOTTO, N. M. A.; MOTA, R. V.; CORDENUNSI, B. R.; LAJOLO, F. M., Physico-chemical characterization and bioactive compounds of blackberry fruits (*Rubus sp.*) grown in Brazil. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.28, n.3, 702-708, 2008.

HAWKESFORD, M.; HORST, W.; KICHEY, T.; LAMBERS, H.; SCHJOERRING, J.; MOLLER, I. S.; WHITE, P. Functions of Macronutrients. In: MARSCHNER, P. (Ed.). **Marschner's mineral nutrition of higher plants**. 3rd ed. San Diego: Academic Press, 2002. p. 135-189.

HEINONEN, I. M.; MEYER, A. S.; FRANKEL, E. N. Antioxidant activity of Berry phenolics on human low-density lipoprotein and liposome oxidation. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 6, p. 4107, 1998.

HERNANDÉZ, Y.; LOBO, M. G.; GONZÁLES, M. Determination of vitamin C in tropical fruits: A comparative evaluation of methods. **Food Chemistry**, London, v. 96, n. 4, p. 654-664, 2006.

HIRSH, G. E. **Valor nutricional e capacidade antioxidante de diferentes genótipos de amora-preta (*Rubus sp.*)**. 2011. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Maria, 2011.

HIRSCH, G. E.; FACCO, E. M. P.; RODRIGUES, D. B.; VIZZOTTO, M.; EMANUELLI, T. Caracterização físico-química de variedades de amora-preta da região sul do Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.42, n.5, p.942-947, mai, 2012

HORWITZ W. **Official Methods of Analysis of AOAC INTERNATIONAL**. 18. AOAC INTERNATIONAL; Gaithersburg, MD: 2005.

HUANG, D.; OU, B.; PRIOR, R. I. The chemistry behind antioxidant capacity assays. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 53, p. 1881-1856, 2005.

HULTIN, H. O.; SUN, B.; BULGER, J. Pectin methyl esterase of the banana. Purification and properties. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 31, n. 3, p. 320-327, 1966.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz**. v. 1: Métodos químicos e físicos para análise de alimentos. 4. ed. 1. ed. digital. São Paulo: IMESP, 2008.

JACQUES, A. C. **Estabilidade de compostos bioativos em polpa congelada de amora-preta (*Rubus fruticosus*) cv. Tupy**. 2009. Tese (Mestrado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial) – Faculdade de Agronomia. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2009.

JACQUES, A. C.; ZAMBIAZI, R. C. Fitoquímicos em amora-preta (*Rubus* spp). **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n. 1, p. 245-260, 2011.

KALLITHRAKA, S. et al. Determination of major anthocyanin pigments in Hellenic native grape varieties (*Vitis vinifera* sp.): association with antiradical activity. **J. Food Comp. Anal.**, v. 18, p. 375-386, 2005.

KLUGE, R. A.; NACHTIGAL, J. C. **Fisiologia e manejo pós-colheita de frutas de clima temperado**. Pelotas: UFPEL, 1997.

KOCA, I.; KARADENIZ, B. Antioxidant properties of blackberry and blueberry fruits grown in the Black Sea Region of Turkey. **Scientia Horticulturae**, v. 121, p. 447-450, 2009.

KROLOW, A. C. R. **Preparo artesanal de geleias e geleizadas**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2005. 29 p.

KUSKOSKI, M.; ASUERO, A.; TRONCOSO, A. Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, p. 726–732, 2005.

LAMEIRO, M. G. S. Fitoquímicos e atividade metabólica de extratos de amora-preta (*Rubus* sp.) e de mirtilo (*Vaccinium* sp.) em ratos wistar. 2012. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Agroindustrial. Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel. Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, 2012.

LEE, S. K.; KADER, A. A. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. **Postharvest Biology and Technology**, v. 20, p. 207-220, 2000.

LIMA, V. L. A. G.; MELO, E. A.; MACIEL, M. I. S.; LIMA, D. E. S. Avaliação do teor de antocianinas em polpa de acerola congelada proveniente de frutos de 12 diferentes aceroleiras (*Malpighia emarginata* D. C.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 23, n. 1, p. 101-103, 2003.

LIMA, V. L. A. G.; MELO, E. A.; LIMA, D. E. S. Efeito da luz e da temperatura de congelamento sobre a estabilidade das antocianinas da pitanga roxa. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 1, p. 92-94, 2005.

MAAS, J. L.; GALLETTA, G. J.; STONER, G. D. Ellagic acid, an anticarcinogen in fruits, especially in strawberry: a review. **HortScience**, Alexandria, v. 26, p. 10-14. 1991.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Potafos, 1997. 319 p.

MALAVOLTA, E.; GOMES, F. P.; ALCARDE, J. C. **Adubos e adubações**. São Paulo: Nobel, 2002.

MARINOVA, D.; RIBAROVA, F.; HPLC determination of carotenoids in Bulgarian berries. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 20, n. 5, p.370-374; 2007.

MARTINS, D.M., TORRES, B.G., SPOHR, P.R., MACHADO, P., BONACOROSO, H.G., ZANATTA, N., MARTINS, M.A.P., EMANUELLI, T., Antioxidant potential of new pyrazoline derivatives to prevent oxidative damage. **Basic Clin. Pharmacol. Toxicol.**, n.104, 107-112. 2009.

MATSUMOTO, H. et al. Stimulatory effect of cyanidin 3-glycosides on the regeneration of rhodopsin. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 51, p. 3560–3563, 2003.

McCREADY, P. M.; McCOMB, E. A. Extraction and determination of total pectic material. **Analytical Chemistry**, Washington, v. 24, n. 12, p. 1586-1588, Dec. 1952.

MENEGUEL, R. F. A; BENASSI, M; YAMASHITA, F. Revestimento comestível de alginato de sódio para frutos de amora-preta (*Rubus ulmifolius*). **Revista Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.29, n.3,p.609-618, Julho-Setembro 2008.

MISZCZAK, A.; FORNEY, C.F.; PRANGE, R.K. Development of aroma volatiles and color during postharvest ripening of 'Kent' strawberries. **Journal of the American Society for Horticulture Science**, v. 120, n. 4, p. 650-5, 1995.

MITCHAM, E.J.; CRISOSTO, C.H.; KADER, A.A. **Bushberry: Blackberry, Blueberry, Cranberry, Raspberry**. Recommendations for maintaining postharvest quality. California: Department of Plant Sciences, University of California, Davis. 2007. Disponível em:  
<<http://postharvest.ucdavis.edu/Produce/Producefacts/Fruit/berry.shtml>>. Acesso em 18/11/2012.

MORRIS, J.R.; SPAYD, S.E.; BROOKS, J.G., *et al.* Influence of postharvest holding on raw and processed quality of machine harvested blackberries. **Journal American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.106, n.6, p.769-775, 1981.

MOTA, R. V. Caracterização física e química de geleia de amora-preta. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.26, n.3, p.539-543, 2006.

MOYER, R. A. et al. Anthocyanins, phenolics, and Antioxidants capacity in diverse small fruits: Vaccinium, Rubus, and Ribes. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, p. 519-525, 2002.

MUÑOZ-ESPADA, A. C. et al. Anthocyanin quantification and radical scavenging capacity of Concord, Norton, and Marechal Foch Grapes and wines. **J. Agric. Food Chem.**, v. 52, p. 6779-6786, 2004.

NARAYANA, K. R., et al. Bioflavonoids classification, pharmacological, biochemical effects and therapeutic potential. **Indian Journal of Pharmacology**, v. 33, p. 2 - 16, 2001.

NACHTIGALL, A. M.; SOUZA, E. L.; MALGARIM, M. B.; ZAMBIAZI, R. C. B Geleia *light* de amora-preta. **Bol. CEPPA**, v. 22, n. 2, p. 337-354, 2004.

NACZK, M.; SHAHIDI, F. Phenolics in cereals, fruits and vegetables: Occurrence, extraction and analysis. **Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis**, v. 41, p. 1523-1542, 2006.

NELSON, N. A . A photometric adaptation of Somogy method for the determination of Glucose. **Journal Biological Chemistry**, Bethesda, v. 153, p. 375-380, 1944.

NOUR, V.; TRANDAFIR, I.; IONICA, M. E. Ascorbic acid, anthocyanins, organic acids and mineral content of some black and red currant cultivars. **Fruits**, v. 66, n. 5, p. 353-362, 2011.

NÚCLEO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM ALIMENTAÇÃO. Universidade Estadual de Campinas. **Tabela brasileira de composição de alimentos: TACO**, versão 4. Campinas, 2011. XXp.

PAGOT, E. **Cultivo de pequenas frutas: amora-preta, framboesa e mirtilo**. Porto Alegre: EMATER/RS-ASCAR, 2006, 41p.

PANTELIDIS, G. E.; VASILAKAKIS, M. MANGANARIS, G. A.; et al. Antioxidant capacity, phenol, anthocyanin and ascorbic acid contents in raspberries, blackberries, red currants, gooseberries and cornelian cherries. **Food Chemistry**, v. 102, p.777-783, 2007.

PARASKEVOPOLOU-PAROISSI, G.; VASSILAKAKIS, M.; DOGRAS, C. Effects of temperature, duration of cold storage and packaging on postharvest quality of strawberry fruit. **Acta Horticulturae**, v. 379, p. 337-44, 1995.

PAWLOSKEY, R. J., WARD, G., e SALEM, N. Essential fatty acid uptake and metabolism in the developing rodent brain. **Lipids**, n. 31(suppl), S103–S107, 1996.  
PERKINS-VEAZIE, P.; CLARK, J. R. Cultivar and maturity affect postharvest quality of fruit from erect blackberries. **HortScience**, Alexandria, v.31, n.2, p.258-261, 1996.

PERKINS-VEAZIE, P.; COLLINS, J. K.; CLARK, J. R. Air shipment of ‘Navaho’ blackberry fruit to Europe is feasible. **HortScience**, Alexandria, v.32, n.1, p.132. 1997.

PERKINS-VEAZIE, P.; COLLINS, J. K.; CLARK, J. R. Shelf-life and quality of ‘Navaho’ and ‘Shawnee’ blackberry fruit stored under retail storage conditions. **Journal of Food Quality**, Oxford, v. 22, n. 5, p. 535-544, 1999.

PERKINS-VEAZIE, P.; COLLINS, J. K. Quality of erect-type blackberry fruit after short intervals of controlled atmosphere storage. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 25, p. 235-239, 2002.

PHILIPPI, S. T. Alimentação saudável e a pirâmide dos alimentos. In: PHILIPPI, S. T. **Pirâmide dos alimentos: fundamentos básicos da nutrição**. São Paulo: Manole, 2008. p. 2-29.

PIMENTA, C.J.; CHAGAS, S.J.R.; COSTA, L. Pectinas e enzimas pectinolíticas em café (*Coffea arabica* L.) colhido em quatro estádios de maturação. **Ciência Agrotecnológica**, Lavras, v.24, n.4, p.1079-183, 2000.

PIO, R.; CHAGAS, E. A.; BARBOSA, W.; BUENO, S. C. S.; **Amora-Preta**: nova opção para a diversificação das propriedades frutícolas. 2008. Disponível em: <[www.portaldoagronegocio.com.br](http://www.portaldoagronegocio.com.br)>. Acesso em: 6 jan. 2012.

PRESSEY, R.; AVANTS, J. K. Solubilization of cell walls by tomato polygalacturonase: effects of pectinesterases. **Journal of Food Biochemistry**. v.1, n.6, p.57-74, 1982.

PRIOR, R. L.; CAO, G. In vivo total antioxidant capacity: comparison of different analytical methods. **Free Radical Biology and Medicine**, v. 27, p. 1173-1181, 1999.

PRIOR, R. L. Assays for hydrophilic and lipophilic antioxidant capacity (oxygen radical absorbance capacity (ORACFL) of plasma and biological and food samples. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 53, p. 3273-3279, 2003.

RECORD, I. R.; DREOSTI, I. E.; McINERNEY, J. K. Changes in plasma antioxidant status following consumption of diets high or low in fruits and vegetables or following dietary supplementation with an antioxidant mixture. **British Journal of Nutrition**, v. 85, p. 4459-4464, 2001.

RENAUD, S.; LORGERIL, M. D. Wine, alcohol, platelets, and the French paradox for coronary heart disease. **Lancet**, v. 339, p. 1523-1526, 1992.

RICE-EVANS, C. A.; MILLER, N. J.; PAGANGA, G. Structure-antioxidant activity relationships of flavonoids and phenolic acids. **Free Radical Biology and Medicine**, v. 20, p. 933-956, 1996.

ROGINSKY, V.; LISSI, E. A. Review of methods to determine chain-breaking antioxidant activity in food. **Food Chemistry**, v. 92, p. 235-254, 2005.

RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; MORAIS, S. M. SAMPAIO, C. G.; SAURA-CALIXTO, F. D. Metodologia científica: determinação da Atividade Antioxidante Total em Frutas pelo Método de Redução do Ferro (FRAP). **Comunicado Técnico 125**. EMBRAPA. 2006.

RUXTON, C.; GARDNER, E.; WALKER, D. Can pure fruit and vegetable juices protect against cancer and cardiovascular disease too? A review of the evidence. **International Journal of Food Science and Nutrition**, v. 57, p. 249–272, 2006.

SANTOS, A. M.; RASEIRA, M. C. B. **Lançamento de cultivares de amoreira-preta**. Pelotas : EMBRAPA – CNPFT, 1988. n.p. (EMBRAPA: Informativo 23).

SAURA-CALIXTO, F.; GOÑI, I. Antioxidant capacity of the Spanish Mediterranean diet. **Food Chemistry**, v. 94, p. 442-447, 2006.

SEERAM, N. P.; ADAMS, L. S.; ZHANG, Y.; LEE, R.; SAND, D.; SCHEULLER, H. S.; HEBER, D., Blackberry, black raspberry, blueberry, cranberry, red raspberry, and strawberry extracts inhibit growth and stimulate apoptosis of human cancer cells in vitro. *J. Agric. Food Chem.*, 54, 9329-9339, 2006.

SELLAPPAN, S.; AKOH, C. C.; KREWER, G. Phenolic compounds and antioxidant capacity of Georgia-grown blueberries and blackberries. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, p. 2432 - 2438, 2002.

SHAHIDI, F.; MARIAN, N. Phenolics in food and nutraceuticals. In: RABAH, T. M.; KHALIL, I. E.; HOWARD, L. Effect of ascorbic acid and dehydration on concentrations of total phenolics, antioxidant capacity, anthocyanins, and color in fruits. **Jour. of Agric. and Food Chem.**, Davis, v. 53, n. 11, p. 4444-4447, 2003.

SILVA, J. A. **Tópicos da tecnologia dos alimentos**. São Paulo: Varela, 2000. 227p  
SILVA, P. T.; LOPES, M. L. M.; VALENTE-MESQUITA, V. L. Efeito de diferentes processamentos sobre o teor de Ácido ascórbico em suco de laranja utilizado na elaboração de bolo, pudim e geleia. **Ciênc. e Tec. de Aliment.**, Campinas, v. 26, n. 3, p. 678-682, 2006.

SILVEIRA, N. G. A; VARGAS, P. N.& ROSA, C. S. Teor de polifenóis e composição química do mirtilo do grupo Highbush. **Alim. Nutr.** 2007, v.18, n.4, p. 365-370.

SIMS, D.A. & GAMON, J.A.. Relationships between leaf pigment content and spectral reflectance across a wide range of species, leaf structures and developmental stages. **Remote Sensing of Environment**, v.81, p.337-354, 2002.

SIMOPOULOS, A. P., SALEM, N. Fatty acids and lipids from cell biology to human disease. **Lipids**, n. 31(suppl), S1, 1996.

SINGLETON, V.L.; ORTHOFER, R.; LAMUELA, R. M. Analysis of total phenol and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. **Methods of Enzymology**, v.299, p.152-178, 1999.

SOMOGY, M. Determination of blooded sugar. **Journal Biologic Chemical**, Baltimore, n. 160, p. 69-73, 1945.

SOUSA, A. B., CURADO, T.; VASCONCELLOS, F. N.; TRIGO, M. J. **Amora-qualidade pós-colheita**. Folhas de divulgação AGRO 556, nº7, 2007.

TERADA, M; WATANABE, Y; KUNITOMA, M; HAYASHI, E. Differential rapid analyses of ascorbic acid and ascorbic acid 2-sulfate by dinitrophenil hydrazine method. **Am Biochem**, v.84, p.604-608, 1978.

TOSUN, I. et al. Mudanças físicas e químicas durante a maturação de frutos de amora-preta. **Scientia Agrícola**, v.65, p.87-90, 2008. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-90162008000100012&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-90162008000100012&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 29 out. 2012.

VIZZOTO, M. **Amora-preta: uma fruta antioxidante**. Artigo de Divulgação na Mídia Embrapa Clima Temperado, 2008.

WANG, S.Y. et al. Ellagic acid content in small fruits mayhaws, and other plants. **Journal Small Fruit and Viticulture**, v.2, p.11-49, 1994.

WANG, S. Y.; LIN, H. S. Antioxidant activity in fruits and leaves of blackberry, raspberry, and strawberry varies with cultivar and developmental stage. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 48, p. 140-146, 2000.

WANG, J.; MAZZA, G. Effects of anthocyanins and other phenolic compounds on the production of tumor necrosis factor alpha in LPS/IFN-gamma-activated RAW 264.7 macrophages. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, p. 4183-4189, 2002.

WARDLAW, G.M.; INSEL I.; SEYLER, M.F. **Contemporary Nutrition Issues and Insights**, 2a ed., Mosby, 1994, p. 265.

WU, X. et al. Lipophilic and hydrophilic antioxidant capacities of common foods in the United States. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 52, p.4026 – 4037, 2004.

ZHENG, W.; WANG, S. Y. Oxygen radical absorbing capacity of phenolics in blueberries, cranberries, chokeberries, and lingonberries. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 51, p. 502 - 509, 2003.