

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON

MARIA CRISTINA COPELLO ROTILI

CARACTERIZAÇÃO FENOLÓGICA E POTENCIAL AGRONÔMICO DE
CULTIVARES E HÍBRIDOS DE AMOREIRA-PRETA

MARECHAL CÂNDIDO RONDON

2018

MARIA CRISTINA COPELLO ROTILI

**CARACTERIZAÇÃO FENOLÓGICA E POTENCIAL AGRONÔMICO DE
CULTIVARES E HÍBRIDOS DE AMOREIRA-PRETA**

Tese apresentada à Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Fabíola Villa

MARECHAL CÂNDIDO RONDON

2018

Ficha de identificação da obra elaborada através do Formulário de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da Unioeste.

Rotili, Maria Cristina Copello

Caracterização fenológica e potencial agrônomo de cultivares e híbridos de amoreira-preta / Maria Cristina Copello Rotili; orientador(a), Fabíola Villa, 2018.

xiii+55 f.

Tese (doutorado), Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus Marechal Cândido Rondon, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2018.

1. Rubus sp.. 2. Pequenos frutos. 3. Valor nutricional. 4. Fenologia. I. Villa, Fabíola. II. Título.



unioeste

Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Campus de Marechal Cândido Rondon - CNPJ 78680337/0003-46

Rua Pernambuco, 1777 - Centro - Cx. P. 91 - <http://www.unioeste.br>

Fone: (45) 3284-7878 - Fax: (45) 3284-7879 - CEP 85960-000

Marechal Cândido Rondon - PR.



PARANÁ
GOVERNO DO ESTADO

MARIA CRISTINA COPELLO ROTILI

Caracterização fenológica e potencial agrônômico de cultivares e híbridos de amoreira-preta

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Doutora em Agronomia, área de concentração Produção Vegetal, linha de pesquisa Sistemas de Produção Vegetal Sustentáveis, APROVADO(A) pela seguinte banca examinadora:

F. Villa

Orientador(a) - Fabiola Villa

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Marechal Cândido Rondon
(UNIOESTE)

Elcio S. Klosowski

Elcio Silvério Klosowski

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Marechal Cândido Rondon
(UNIOESTE)

Daniel Fernandes da Silva

Daniel Fernandes da Silva

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Marechal Cândido Rondon
(UNIOESTE)

Aline Marchese

Aline Marchese

Universidade Federal do Paraná - Campus de Palotina (UFPR)

Alessandro Jefferson Sato

Universidade Federal do Paraná - Campus de Palotina (UFPR)

Marechal Cândido Rondon, 26 de fevereiro de 2018

A Deus,
que na sua infinita bondade e misericórdia me deu
forças para superar as barreiras da vida e conquistar
meus objetivos. Em especial ao maior presente de
Deus, minhas filhas Bibiana e Carina e aos meus
amados e queridos pais, José Luiz e Tereza pelo
incentivo que me proporcionaram.

Dedico também:
Ao meu esposo Celso Rotili pelo apoio, compreensão,
amor, carinho e atenção que tem me dedicado todos
esses anos juntos, e também por ser um grande
incentivador e motivador das minhas realizações.

AGRADECIMENTOS

A DEUS, por permitir essa conquista.

À família Bibiana e Carina (filhas), Celso (esposo) e aos meus pais José Luiz e Tereza pela torcida que tanto me estimulou nessa jornada.

À Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste), pela oportunidade de realização do curso de doutorado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

À orientação da professora Dr^a. Fabíola Villa, e ao seu esposo Daniel Fernandes da Silva, aluno de pós-doutorado, pela ajuda na montagem, condução e avaliação dos experimentos.

Ao professor Dr. Gilberto Costa Braga, pelo auxílio no Laboratório na pós-colheita dos frutos.

Aos funcionários da Fazenda Experimental da Unioeste, aos vigias e às funcionárias da limpeza sempre prestativas. Meu muito obrigada a Neusa Michelin (Laboratório de Sementes) e Jucenei Fernando Frandoloso (Nei do Laboratório de Solos). Sucesso para todos.

Aos colegas da turma de mestrado e amigos que nasceram nas horas de estudo e nas dificuldades que passamos juntos: Solivan Rossanelli, Pablo Coutinho, Daiane Luckmann, Tatiane Chiapeti. Ao grupo de fruticultura e floricultura e aos discentes da graduação que ajudaram no plantio das mudas de amoreira-preta, Taís Regina Kohler, Guilherme Felipin Trevisoli e Camila Cunha Unfried.

À amiga de moradia Fabiane Cristina Gussatto. Saudades das nossas conversas.

Aos amigos do Laboratório de Fitopatologia, em especial ao grande companheiro Nicanor Henkemeier pela ajuda e ensinamentos.

Ao Ronaldo Teixeira pela sua paciência e colaboração na elaboração das fotos da fenologia.

A todos os professores da Unioeste, *Campus* Marechal Cândido Rondon (PR), em especial ao professor Dr. Wilson João Zonin, na ajuda com o mecânico para o conserto do carro.

À amiga de todas as horas e do chimarrão, Raquel Munaretto.

A todos os que contribuíram para a realização deste trabalho, na ‘torcida contra ou a favor’, não citados, e/ou por vezes não lembrados, nunca menos importantes. Aos amigos de longe. Obrigada pela torcida.

MUITO OBRIGADA.

“Existem dois jeitos de viver: acomodar-se ou ousar. Quando lutamos por ideias nas quais acreditamos, nasce daí um sentimento de dignidade de ser alguém que faz a diferença”.

Roberto Shinyashiki

RESUMO

ROTILI, Maria Cristina Copello. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, fevereiro - 2018. **Caracterização fenológica e potencial agrônomo de cultivares e híbridos de amoreira-preta.** Orientadora: Dr.Sc. Fabíola Villa.

O cultivo da amoreira-preta cresce cada vez mais no Brasil, principalmente devido ao interesse dos frutos pelas suas qualidades nutricionais. Diante do exposto, objetivou-se com o presente trabalho avaliar o comportamento fenológico e o potencial agrônomo de cultivares de amoreira-preta e híbridos e caracterizar bromatologicamente os frutos, determinar sua composição mineral e quantificar seus compostos bioativos. Mudanças de quatro cultivares de amoreira-preta e dois híbridos foram adquiridas em abril/2015, aclimatadas e levadas a campo em julho de 2015. Com o início da produção no ano seguinte foram avaliadas duas safras subsequentes (2016/2017 e 2017/2018). Foram montados dois experimentos, sendo o primeiro, onde foi realizada a avaliação fenológica dos genótipos, a partir da poda seca (a partir de agosto nos dois anos avaliados), dividindo o ciclo produtivo em 11 fases. O delineamento experimental utilizado foi blocos casualizados, contendo os genótipos dispostos em quatro blocos e cinco plantas úteis por unidade experimental. A colheita foi realizada a cada dois dias, sendo separados cinco frutos por bloco para a determinação das características físicas, além da produção e produtividade. Para o segundo experimento, avaliaram-se os compostos bioativos e a composição bromatológica e mineral dos frutos. Avaliaram-se nesta fase a firmeza, cor e respiração, além da análise do teor de ácido ascórbico, pH, compostos fenólicos totais e antocianinas, acidez titulável, sólidos solúveis e relação sólidos solúveis/acidez titulável. Amostras congeladas de frutos foram usadas para a determinação de açúcares redutores, composição bromatológica e minerais. Para estas análises foram utilizadas cinco repetições, compostas por cerca de 100 g de frutos. A média de duração dos ciclos fenológicos nas duas safras varia entre 109 e 162 dias e 114 e 148, respectivamente. As cultivares Tupy e Chickasaw foram as mais produtivas na primeira safra e na segunda safra se sobressaíram as cultivares Tupy e Navaho. Os híbridos são mais perecíveis por apresentarem maiores taxas respiratórias e também apresentam maior teor de proteínas. Existe variação na coloração entre as cultivares e híbridos estudados. Híbridos e cultivares de amoreira-preta possuem alto teor de ácido ascórbico e fibras, com destaque para a cultivar Tupy. Maior pH é verificado nas cultivares Tupy e Arapaho. A cultivar Arapaho tem frutos menos ácidos, maior teor de sólidos solúveis (SS), relação SS/acidez total e teor de açúcares redutores. Frutos de amoreira-preta são uma rica fonte de compostos bioativos, com a cv. Chickasaw obtendo maior teor de compostos fenólicos

totais e o híbrido Boysenberry maior quantidade de antocianinas. Também na cultivar Chickasaw encontra-se maior teor de lipídios. Não existe diferença no teor de umidade, biomassa seca e firmeza dos frutos entre as cultivares e híbridos.

Palavras-chave: *Rubus* sp.; pequenos frutos; pós-colheita; valor nutricional; fenologia.

ABSTRACT

ROTILI, Maria Cristina Copello, State University of the West of Paraná, February - 2018. **Phenological characterization and agronomic potential of cultivars and hybrids of blackberry.** Advisor: Fabíola Villa.

The cultivation of black mulberry in Brazil is growing exponentially, mainly due to the interest in the nutritional qualities of the fruit itself. Against this backdrop, the objective of this paper is to evaluate the phenological behavior and the agronomic potential of the different cultivations and hybrids of blackberry, to bromatologically characterize the fruits, to determine its mineral composition and to quantify its bioactive compounds. Four seedlings of different cultivars and 2 hybrids were acquired in April/2015, being acclimatized and taken to field in July of the same year. The production began one year later, and the next two harvests were evaluated (2016/2017 and 2017/2018). Two experiments were assembled. The first experiment was about phenological evaluating the genotypes, starting from the dry pruning (August of both years) dividing the circle in eleven phases. Complete randomized blocks were used as the experimental design, which contained the disposed genotypes in four blocks and five usable plants per experimental units. The harvest was performed every two days, thus separating five fruits per block so the physical characteristics, as well as production and productivity could be determined. The second experiment consisted in evaluating of the bioactive compounds of the fruits, as well as its bromatological and mineral compositions. On this phase, the firmness, colour and breathing were evaluated, as well as a full analysis on the ascorbic acid levels, pH, total phenolic and anthocyanins compounds, titratable acidity, solvable solids and the solvable solids/titratable acidity ration. Frozen berry samples were used in determining the reducing sugar and the bromatological and mineral compounds. Five repetitions were used in this analysis, composed of 100 grams of fruit. The average duration of the phenological cycles in both harvest varied, respectively, between 109 and 162 days and 114 and 148. The Tupy and Chickasaw cultivars were the most productive in the first harvest, with Tupy and Navaho being most productive in the second harvest. The hybrid ones are more perishable since they have the highest breathing rates and protein content. There is variation in colour between the cultivars and the hybrids. They both have high fiber and ascorbic acid rates, specially Tupy. Tupy and Arapaho posses the higher pH levels. The Arapaho one has less acidic fruits, higher soluble solids (SS) rates, higher SS/total acidity and reducing sugars ratio. The Blackberry is a rich source of bioactive compounds, such as cv. The Chickasaw cultivar has the highest total phenolic compounds rates and the hybrid Boysenberry has the highest concentration of

anthocyanins. Chikasaw also has the highest lipid rates. There is no difference in humidity, dry biomass and firmness between all the studied fruits.

Key words: *Rubus* sp.; small fruits; post-harvest; nutritional value; phenology.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1a. Estádios fenológicos da amoreira-preta cultivar Tupy.	9
Figura 1b. Estádios fenológicos da amoreira-preta cultivar Arapaho.....	9
Figura 1c. Estádios fenológicos da amoreira-preta cultivar Chickasaw.....	9
Figura 1d. Estádios fenológicos da amoreira-preta cultivar Navaho	10
Figura 1e. Estádios fenológicos do híbrido de amoreira-preta Boysenberry.	10
Figura 1f. Estádios fenológicos do híbrido de amoreira-preta Olallie.	10
Figura 2a. Estádios fenológicos (dias) de cultivares de amoreira-preta e híbridos, na safra 2016/2017.	11
Figura 2b. Estádios fenológicos (dias) e ciclos de cultivares de amoreira-preta e híbridos, na safra 2017/2018.	12
Figura 3. Valores médios mensais de temperatura, umidade relativa do ar e pluviosidade durante os ciclos produtivos 2016/2017 (a) e 2017/2018 (b), em Marechal Cândido Rondon (PR).	14

LISTA DE TABELAS

Artigo 1.

- Tabela 1.** Estádios fenológicos avaliados em cultivares de amoreira-preta e híbridos, nas safras 2016/2017 e 2017/2018.....7
- Tabela 2.** Acúmulo de horas de frio (HF) e oscilação térmica do ar, nos meses de abril a setembro/2016/2017 e 2017/2018. Dados da estação meteorológica..... 16
- Tabela 3.** Biomassa fresca, volume, diâmetro longitudinal e diâmetro transversal estimada de frutos das cultivares de amoreira-preta, nas safras 2016/2017 e 2017/2018..... 17
- Tabela 4.** Número de frutos/planta⁻¹, produção e produtividade de cultivares e híbridos de amoreira-preta, nos ciclos produtivos 2016/2017 e 2017/2018..... 19
- Tabela 5a.** Coeficientes de correlação linear de Pearson para as combinações entre as cultivares e híbridos de amoreira-preta, na safra 2016/2017..... 21
- Tabela 5b.** Coeficientes de correlação linear de Pearson para as combinações entre as cultivares e híbridos de amoreira-preta, na safra 2017/2018..... 21

Artigo 2.

- Tabela 1.** Firmeza e respiração em frutos de cultivares e híbridos de amoreira-preta, nas safras 2016/2017 e 2017/2018. Unioeste, *Campus* Marechal Cândido Rondon, PR. 2018. 50
- Tabela 2.** Cor em frutos de cultivares e híbridos de amoreira-preta, nas safras 2016/2017 e 2017/2018. Unioeste, *Campus* Marechal Cândido Rondon, PR. 2018..... 51
- Tabela 3.** Ácido ascórbico, pH, acidez total (AT), SS (°Brix) e relação SS/AT, em frutos de cultivares e híbridos de amoreira-preta, nas safras 2016/2017 e 2017/2018. Unioeste, *Campus* Marechal Cândido Rondon, PR. 2018..... 51
- Tabela 4.** Compostos fenólicos totais, antocianinas e açúcares redutores em frutos de cultivares e híbridos de amoreira-preta, nas safras 2016/2017 e 2017/2018. Unioeste, *Campus* Marechal Cândido Rondon, PR. 2018..... 52
- Tabela 5.** Composição bromatológica, umidade, biomassa seca, lipídios, proteínas e fibras (g 100 g⁻¹) em frutos de cultivares e híbridos de amoreira-preta, nas safras 2016/2017. Unioeste, *Campus* Marechal Cândido Rondon, PR. 2018..... 53

Tabela 6. Composição mineral [N, P, K, Ca, Mg e S (%)] em frutos de cultivares e híbridos de amoreira-preta, nas safras 2016/2017. Unioeste, <i>Campus</i> Marechal Cândido Rondon, PR. 2018.....	53
Tabela 7. Composição mineral [B, Cu, Mn, Zn e Fe (mg kg ⁻¹)] em frutos de cultivares e híbridos de amoreira-preta, nas safras 2016/2017. Unioeste, <i>Campus</i> Marechal Cândido Rondon, PR. 2018.	54

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL.....	1
2	ARTIGO 1. Comportamento fenológico e potencial agronômico de amoreira-preta em região subtropical.....	3
2.1	RESUMO	3
2.2	ABSTRACT	4
2.3	INTRODUÇÃO	4
2.4	MATERIAL E MÉTODOS	6
2.4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	8
2.6	CONCLUSÕES	21
2.7	REFERÊNCIAS.....	22
3	ARTIGO 2. Compostos bioativos, caracterização bromatológica e mineral de cultivares e híbridos de amoreira-preta.....	25
3.1	RESUMO	25
3.2	ABSTRACT	26
3.3	INTRODUÇÃO	27
3.4	MATERIAL E MÉTODOS	28
3.5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
3.6	CONCLUSÕES	42
3.7	REFERÊNCIAS.....	43
4	CONCLUSÕES GERAIS.....	55

1 INTRODUÇÃO GERAL

Nos últimos anos, devido ao crescimento da população brasileira e mundial, e principalmente em função do aumento do interesse das pessoas por uma alimentação mais saudável, a procura e consumo de frutas tem aumentado cada vez mais. Estas são uma rica fonte de vitaminas, lipídeos, proteínas, fibras, carboidratos e diversos minerais, que ajudam na manutenção, regulação e desenvolvimento do organismo. Além dessas propriedades, possuem ainda uma série de compostos que atuam na proteção do organismo, denominados compostos bioativos.

Entre os compostos bioativos se destacam os fenóis, antocianinas e ácido ascórbico, relacionados muitas vezes com a prevenção de doenças, estando presentes, sobretudo no grupo dos pequenos frutos; formado por uma série de espécies, designado assim em função do tamanho reduzido, mas que não tem uma limitação bem definida, quanto as espécies incluídas. Entre os principais pequenos frutos pode-se citar o morango, framboesa, mirtilo, fisális e amora-preta, sendo este último, objeto do presente estudo.

A amoreira-preta é uma espécie de clima temperado, arbustiva, de porte ereto ou rasteiro, que produz frutos agregados denominados drupetes, com cerca de 4 a 7 g, de coloração negra intensa quando maduros e sabor de ácido a doce-ácido. Entre as muitas espécies pertencentes ao gênero *Rubus*, a amoreira-preta conta com um grande número de cultivares disponíveis aos fruticultores, que cultivam cada vez mais a espécie no Brasil, em função da sua boa capacidade adaptativa a diversas regiões, baixo custo de implantação e manutenção do pomar, reduzida necessidade de utilização de defensivos agrícolas e alto potencial produtivo. Assim, seu cultivo é uma alternativa viável como fonte de renda dentro da pequena propriedade e para a agricultura familiar.

Do âmbito nutricional a amora-preta é considerada um fruto extremamente rico, porém com elevado teor de umidade, tornando-o altamente perecível, destinando-o principalmente ao processamento e criação de derivados como sucos, geleias, iogurtes e xaropes igualmente nutritivos.

Apesar da alta qualidade dos frutos de amora-preta, os parâmetros nutricionais podem mudar entre as diversas cultivares e híbridos, devido as suas características genéticas própria, adquiridas pela geração de novos materiais genéticos a partir de cruzamentos, muitas vezes intra e interespecíficos, gerando híbridos com características agrônômicas positivas.

As condições edafoclimáticas também têm forte influência sobre as características físico-químicas dos frutos, pois estas são capazes de delimitar o crescimento, absorção e

translocação de nutrientes a serem armazenados no fruto, bem como provocar alterações no acúmulo de compostos bioativos nessa estrutura em respostas a estresses, visto que esses são respostas da planta a essas mudanças.

Tendo em mente essas premissas, é importante o estudo de cada cultivar e/ou híbrido em uma determinada condição ou localidade antes de recomendá-los aos fruticultores, conhecendo bem cada etapa de sua fenologia para que seja possível prever a necessidade de mão-de obra e insumos com antecedência e adotar tratos culturais adequados que permitam o aumento da produtividade com frutos de qualidade com maior vida útil pós-colheita, além do correto destino dos frutos para o nicho de mercado em que melhor se encaixam, de acordo com as características por eles apresentados.

Comportamento fenológico e potencial agrônomico de amoreira-preta em região subtropical

(Elaborado segundo as Normas da Revista Bragantia)

RESUMO: Objetivou-se com o presente trabalho avaliar o comportamento fenológico e o potencial agrônomico de amoreira-preta em região subtropical. Mudanças de amoreira-preta de quatro cultivares (Tupy, Arapaho, Navaho, Chicksaw) e dois híbridos (Ollalie e Boysenberry) foram enraizadas em abril/2015 sob forma de estacas caulinares, em sacos de polietileno e mantidas em condições de telado com 50% de sombreamento e irrigadas diariamente, até o transplante a campo em julho de 2015, conduzidas e avaliadas por duas safras (2016/2017 e 2017/2018). A poda de inverno foi realizada em 18 de agosto de 2016 e 2017. O delineamento experimental utilizado foi blocos ao acaso, contendo quatro cultivares e dois híbridos, quatro blocos e cinco plantas úteis por unidade experimental. A colheita foi realizada a cada dois dias, sendo separados cinco frutos por bloco para a determinação da biomassa fresca, diâmetro longitudinal e transversal e volume. Também foram determinados o número de frutos por planta, produção e produtividade estimada. A média de duração dos ciclos fenológicos nas duas safras varia entre 109 e 162 dias e 114 e 148 dias, respectivamente. Os híbridos Boysenberry e Ollalie apresentaram um ciclo mais curto em ambas as safras. Na safra 2016/2017, a colheita teve duração de 39 a 88 dias, tendo início no final de outubro, se estendendo até final de janeiro. Na safra 2017/2018, durou 23 a 57 dias, iniciando em meados de novembro até início de janeiro. As cultivares Tupy e Chicksaw foram as mais produtivas na primeira safra. Na segunda safra se sobressaíram as cultivares Tupy e Navaho.

Palavras-chave: *Rubus* sp., pequenos frutos, fenologia, região de clima ameno.

ABSTRACT: The objective of this work was to evaluate the phenological behavior and agronomic potential of blackberry in the subtropical region. Seedling of four cultivars (Tupy, Arapaho, Navaho, Chicksaw) and two hybrids (Ollalie and Boysenberry) were planted in April/2015 in the form of stem cuttings and placed to be rooted in polystyrene bags. These were kept under weeding conditions with 50% shading and irrigated daily until field transplanting in July/2015. Two harvests were evaluated (2016/2017 and 2017/2018). Winter pruning was performed on August 18/2016 and 2017. The experimental design was a randomized complete block design, containing four cultivars and two hybrids, four blocks and five useful plants per experimental unit. The harvest was performed every two days, and five fruits were separated per block for the determination of fresh biomass, longitudinal and transverse diameter and volume. The number of fruits per plant, production and estimated productivity were also determined. The average duration of the phenological cycles in the two harvests varies between 109 and 162 days and 114 and 148, respectively. Boysenberry and Olallie hybrids presented a shorter cycle in both harvests. In the 2016/2017 harvest, the harvest lasted from 39 to 88 days, starting at the end of October, extending until the end of January. In the 2017/2018 harvest, it lasted 23 to 57 days, starting in mid-November through early January. The Tupy and Chickasaw varieties were the most productive in the first harvest. In the second crop the Tupy and Navaho varieties were prominent.

Key words: *Rubus* sp., small fruits, phenology, mild climate region.

INTRODUÇÃO

O cultivo de pequenos frutos com pouca exigência de frio hibernal tem se tornado uma alternativa a produção de grãos na região oeste do Paraná. A adoção de cultivares com menor requerimento de unidades de frio, em regiões de inverno ameno, possibilita a colheita precoce dos frutos antes das realizadas nas regiões brasileiras tradicionais de cultivo. Esse fato tem

implicação mercadológica relevante, tornando possível a comercialização em época de menor oferta (MOURA et al., 2012).

Essa precocidade na maturação é decorrente do clima hibernal mais quente em regiões subtropicais, o que possibilita a poda e a indução da brotação das gemas (ANTUNES et al., 2006).

O interesse pelo cultivo de pequenos frutos tem crescido no Brasil, principalmente no Paraná, adaptando-se bem a baixas temperaturas e verões amenos. Alguns estudos têm demonstrado o potencial de cultivo de frutíferas de baixa exigência ao frio no oeste paranaense (MARO et al., 2012).

O cultivo da amoreira-preta é uma opção para a fruticultura paranaense, mas, até o momento, são escassos os conhecimentos sobre o desempenho produtivo de cultivares e híbridos na região oeste do estado (VILLA et al., 2014). Acredita-se que essa frutífera possa apresentar bom desempenho produtivo em regiões subtropicais brasileiras, principalmente com a adoção de plantas menos exigentes em unidades de frio. Resultados preliminares mostram que algumas cultivares de amoreira-preta, cultivadas em Marechal Cândido Rondon - PR produziram quantidade de frutos de boa qualidade. Outras espécies do gênero *Rubus* produzem frutos com características químicas e produtivas similares a amora-preta, como a Boysenberry, híbrido entre framboeseira e amoreira-preta (CAMPAGNOLO e PIO, 2012).

Para recomendar uma espécie ou cultivar em uma região, é necessário conhecer o comportamento da mesma para estas condições. O comportamento fenológico de cultivares e híbridos do gênero *Rubus* depende da interação entre fatores genéticos, ambientais e condições edafoclimáticas, além dos tratos culturais utilizados (SURYA e RAHMAN, 2012). Cada espécie apresenta uma reação diferente, quando submetida a diferentes condições do meio. A avaliação fenológica poderá ser de fundamental importância para introdução de uma cultura na região (SEGANTINI et al., 2015).

No entanto, a fenologia de frutíferas de clima temperado em regiões subtropicais ainda não foram bem elucidadas. A caracterização fenológica de amoreira-preta em uma região marginal descreve os detalhes do ciclo de crescimento destas plantas (TADEU et al., 2015). Por ser uma frutífera de clima temperado, os aspectos fenológicos da amoreira-preta podem variar de ano para ano, em função da sua exigência a horas de frio ter sido satisfatória ou não. Além de aspectos climáticos, fatores inerentes a cultivar ou híbrido podem afetar o comportamento da planta (ANTUNES et al., 2014).

Diante do exposto, objetivou-se com o presente trabalho caracterizar o comportamento fenológico e potencial agrônomico de cultivares e híbridos de amoreira-preta em região subtropical.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em Fazenda Experimental, localizada sob coordenadas geográficas 24° 33' 40" latitude sul, 54° 04' 12" longitude oeste e 420 m de altitude.

O clima, segundo classificação de Köppen é tipo *Cfa*, com verões quentes, geadas pouco frequentes e concentração de chuvas nos meses de verão, sem estação seca definida, caracterizando-se como região subtropical (ALVARES et al., 2013). O solo predominante é LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico, com textura argilosa. As temperaturas médias da região são inferiores a 18°C (mesotérmico), as médias máximas acima de 22°C, e a precipitação anual média em torno de 1840 mm.

As mudas de amoreira-preta (*Rubus* spp.) cultivares Arapaho (sem espinhos), Navaho (sem espinhos), Tupy (com espinhos), Chickasaw (com espinhos) e os híbridos Boysenberry e Olallie (amoreira-preta x framboeseira), foram adquiridas em abril/2015 sob forma de estacas caulinares e colocadas para enraizar em sacos de poliestileno. Estas foram mantidas em condições de telado com 50% de sombreamento e irrigadas diariamente, até o transplântio a

campo.

Em julho de 2015, as mudas aclimatadas no telado foram levadas a campo. O sistema de condução utilizado foi previamente montado em ‘T’, contendo fios paralelos duplos, com mourões espaçados a 12 m de distância e dimensões de 0,15 m (diâmetro) x 1,20 m (altura). Após o plantio, foram realizados os tratos culturais necessários referentes à cultura, incluindo o coroamento das plantas, roçagem e capinas, controle de pragas e doenças, irrigação, amarrio das plantas e condução das hastes (VILLA et al., 2014).

Em 18 de agosto de 2016 e 2017, realizou-se a poda de inverno, reduzindo a haste principal a uma altura de 15 cm acima do fio de arame e encurtando os ramos secundários, deixando duas ou três gemas. O delineamento experimental utilizado foi blocos ao acaso, contendo 4 cultivares e 2 híbridos, 4 blocos e 5 plantas úteis por unidade experimental.

O início da avaliação do comportamento fenológico das plantas em cada parcela experimental ocorreu após a poda de inverno, por meio de observações visuais, apresentada na Tabela 1 (metodologia adaptada de HUSSAIN et al., 2016). A duração de cada estágio fenológico foi apresentada em dias.

Tabela 1. Estádios fenológicos avaliados em cultivares de amoreira-preta e híbridos, nas safras 2016/2017 e 2017/2018

Estádios fenológicos	Comportamento fenológico	Estádios fenológicos	Comportamento fenológico
A1	Início de brotação	F	Inchamento dos frutos sem restos florais
A	Botão fechado	G	Mudança de coloração de verde para avermelhada
B	Botão aberto	H	Totalmente vermelha
C	Flor aberta	I	Início de escurecimento das drupas: frutos
D	Perda de pétalas	J	Frutos totalmente pretos
E	Inchamento dos frutos com restos florais		

Fonte: Adaptado de HUSSAIN et al. (2016).

A colheita dos frutos teve início em outubro/2016 e novembro/2017, ocorrendo a cada dois dias, estendendo-se até janeiro/2017 e janeiro/2018, respectivamente. Os frutos foram colhidos em recipientes de polietileno com tampa, separadamente de cada cultivar, quando se

encontravam no estágio de maturação completa e coloração negra.

Imediatamente após a colheita, os frutos foram levados ao Laboratório de Tecnologia de Alimentos da Unioeste para a realização das análises físico-químicas. A cada colheita foram separados cinco frutos por bloco para a determinação da biomassa fresca (g), diâmetro longitudinal e transversal (mm), e volume. Determinaram também o número de frutos por planta, produção (g.planta^{-1}) e produtividade estimada (t.ha^{-1}).

O diâmetro longitudinal e transversal dos frutos foram mensurados com o auxílio de paquímetro digital de inox (marca Stainless Hardened). O volume foi estimado pelo método de deslocamento de água e digitalmente pela técnica de Moiré (COSTA et al. 2016). Cinco frutos foram colocados em uma proveta volumétrica graduada (200 mL) para se obter o seu volume final. Os frutos de cada bloco foram colhidos para a determinação da produção e produtividade estimada dos frutos, sendo pesados com auxílio de balança semi analítica digital (modelo N0 4052E, marca LUXOR).

Os dados obtidos foram submetidos à análise da variância, sendo posteriormente comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$), por meio do software estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas Figuras 1 (a, b, c, d, e e f) e 2 (a e b) observam-se os estádios fenológicos e os ciclos (entre poda e final da colheita) das cultivares de amoreira-preta Tupy, Arapaho, Chickasaw e Navaho e os híbridos Boysenberry e Olallie.

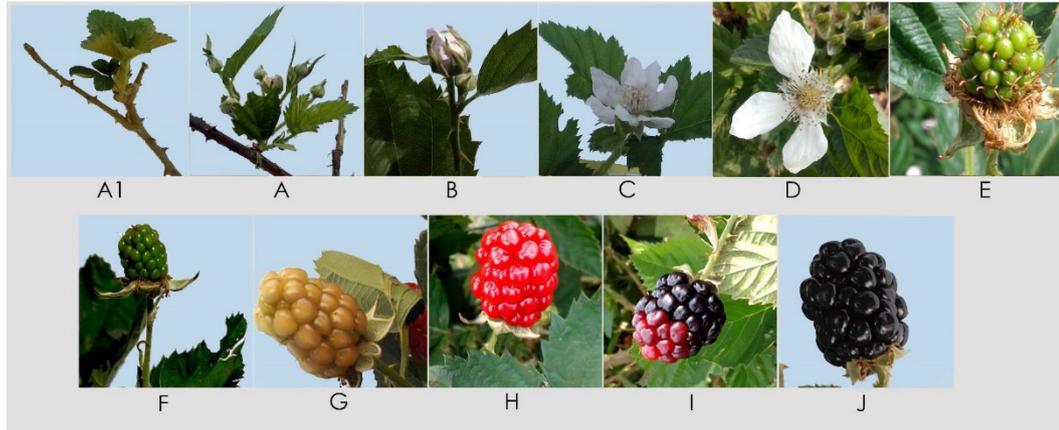


Figura 1a. Estádios fenológicos da amoreira-preta cultivar Tupy. Fonte: Rotili 2018.

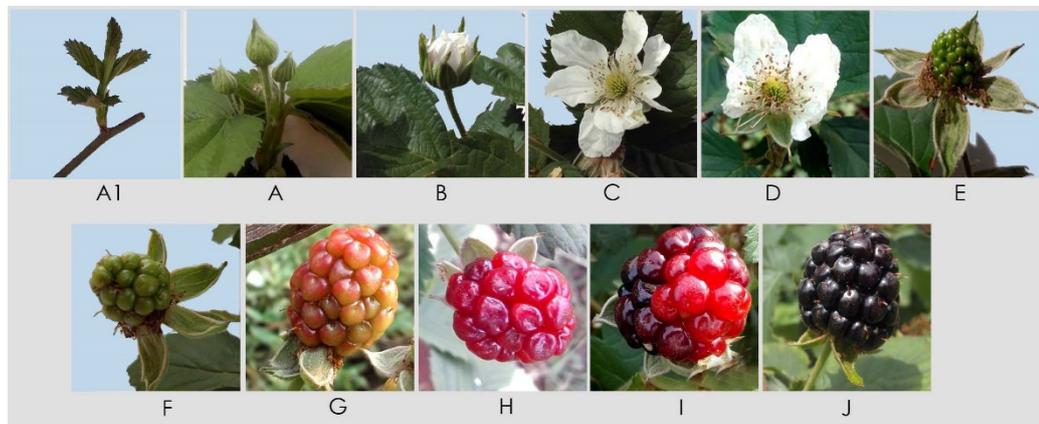


Figura 1b. Estádios fenológicos da amoreira-preta cultivar Arapaho. Fonte: Rotili 2018.

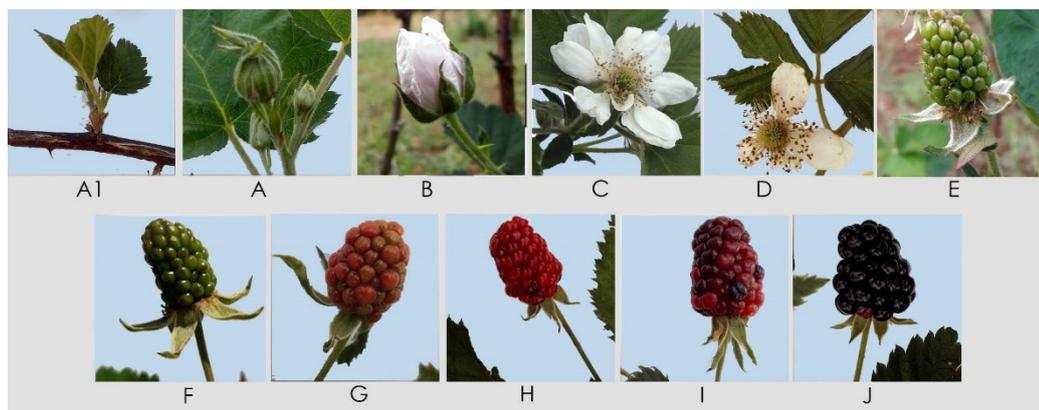


Figura 1c. Estádios fenológicos da amoreira-preta cultivar Chickasaw. Fonte: Rotili 2018.

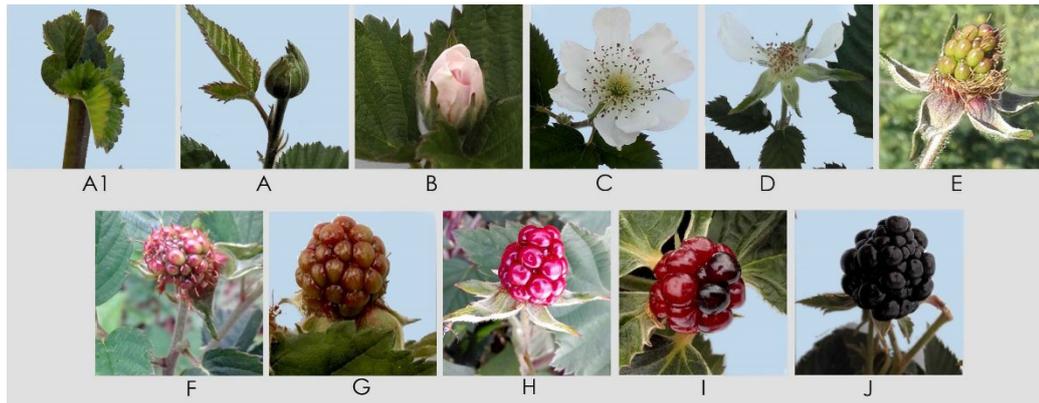


Figura 1d. Estádios fenológicos da amoreira-preta cultivar Navaho. Fonte: Rotili 2018.

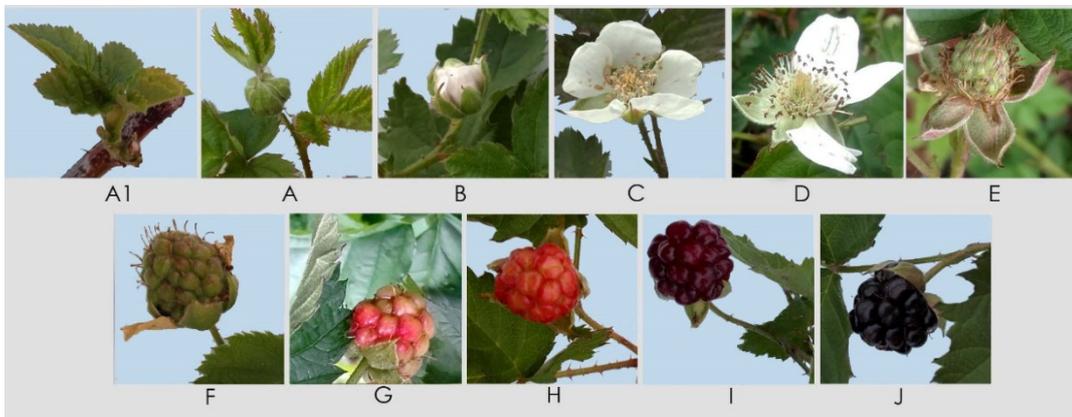


Figura 1e. Estádios fenológicos do híbrido de amoreira-preta Boysenberry. Fonte: Rotili 2018.

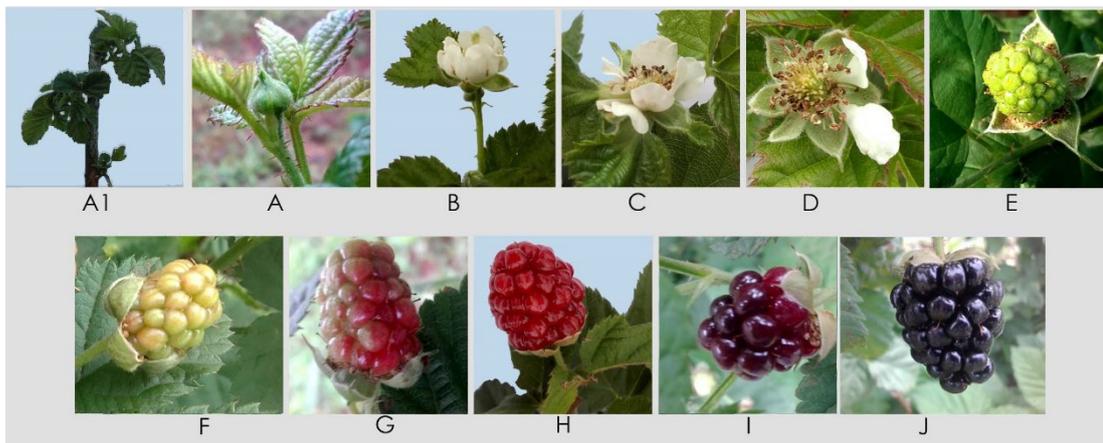


Figura 1f. Estádios fenológicos do híbrido de amoreira-preta Olallie. Fonte: Rotili 2018.

Estádios fenológicos: A1 - início das brotações, A - botão fechado, B - botão aberto, C - flor aberta, D - perda de pétalas, E - inchamento dos frutos com restos florais, F - inchamento dos frutos sem restos florais, G - mudança de cor verde para vermelha, H - totalmente vermelha, I - início do escurecimento da baga e J - frutos totalmente pretos.

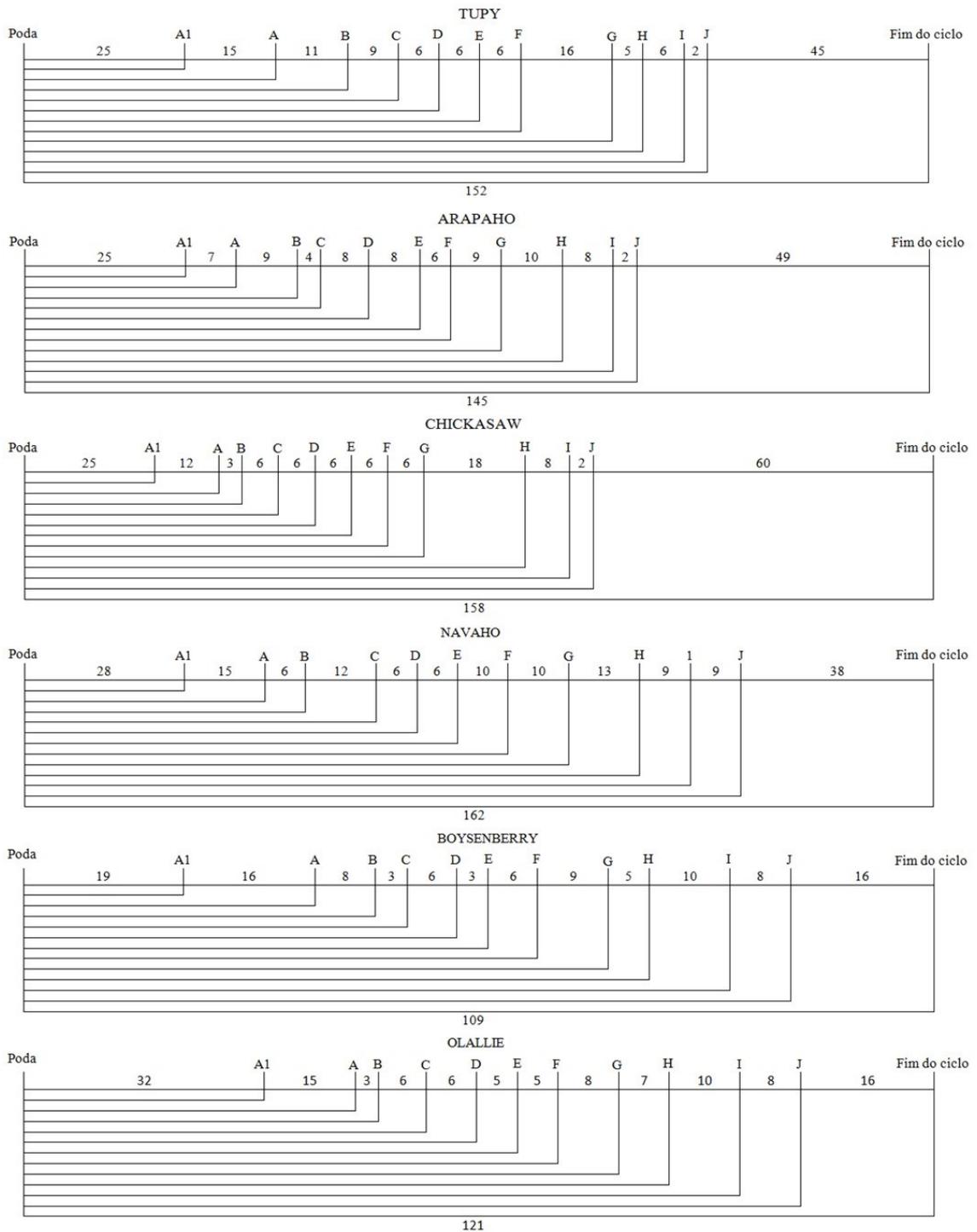


Figura 2a. Estádios fenológicos (dias) de cultivares de amoreira-preta e híbridos, na safra 2016/2017.

Estádios fenológicos: A1 - início das brotações, A - botão fechado, B - botão aberto, C - flor aberta, D - perda de pétalas, E - inchamento dos frutos com restos florais, F - inchamento dos frutos sem restos florais, G - mudança de cor verde para vermelha, H - totalmente vermelha, I - início do escurecimento da baga e J - frutos totalmente pretos.

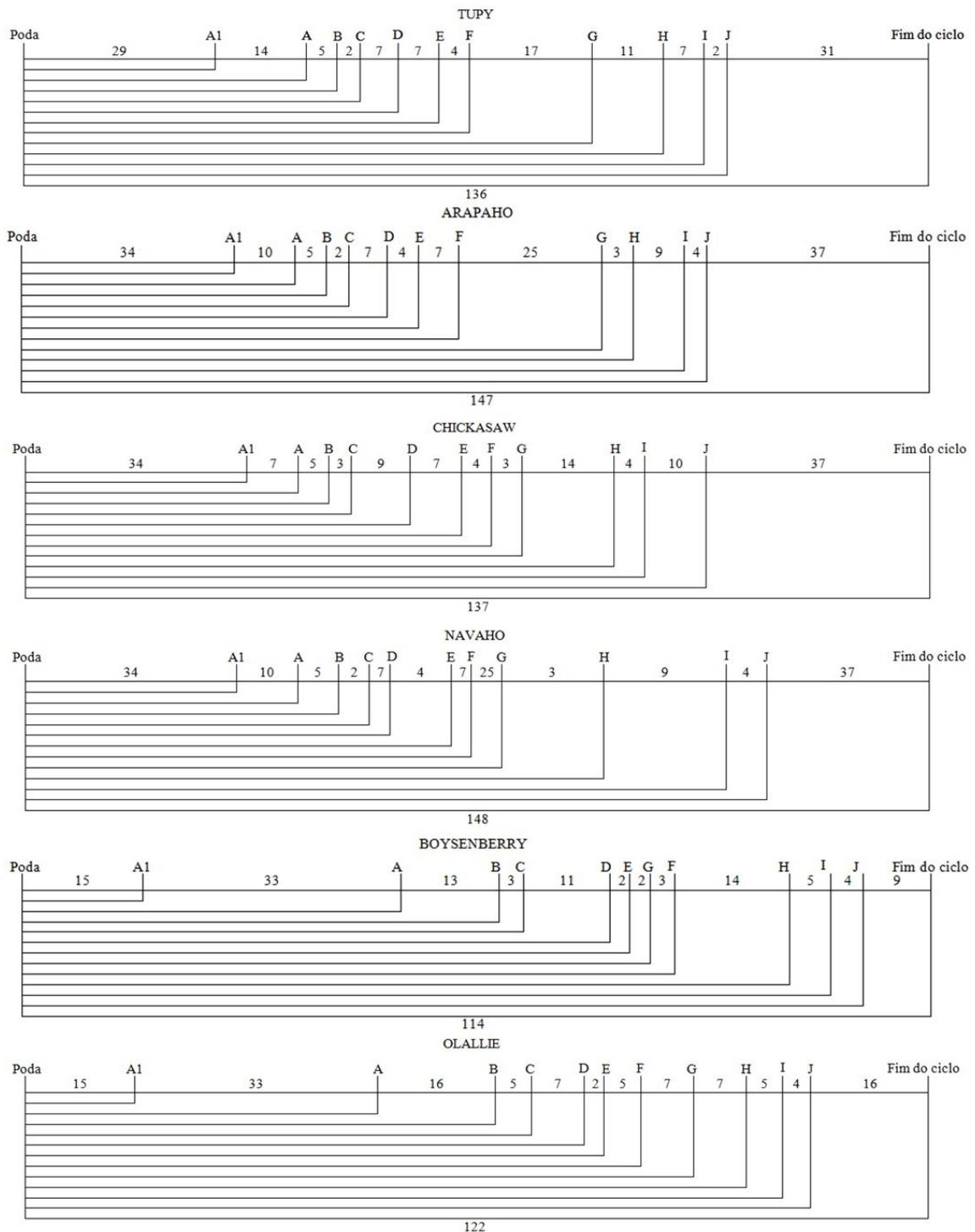


Figura 2b. Estádios fenológicos (dias) e ciclos de cultivares de amoreira-preta e híbridos, na safra 2017/2018. Estádios fenológicos: A1 - início das brotações, A - botão fechado, B - botão aberto, C - flor aberta, D - perda de pétalas, E - inchamento dos frutos com restos florais, F - inchamento dos frutos sem restos florais, G - mudança de cor verde para vermelha, H - totalmente vermelha, I - início do escurecimento da baga e J - frutos totalmente pretos.

Na safra 2016/2017, o menor ciclo foi verificado para Boysenberry (109 dias) e o maior para Navaho (162 dias). Este ciclo foi maior, devido ao longo período de floração observado,

iniciando-se em setembro, com primeiras produções ocorrendo em final do mês de outubro e estendendo-se até o final de janeiro. A cultivar Tupy apresentou um ciclo de 152 dias, semelhante ao encontrado por ANTUNES et al. (2014) em região de clima tropical de Minas Gerais e divergente de CAMPAGNOLO e PIO (2012).

Na média, as safras tiveram duração de 67 e 56 dias, para cultivares de amoreira-preta e híbridos, respectivamente (safra 2016/2017). Na segunda safra de avaliação (2017/2018), o período de colheita estendeu-se por 53 e 27 dias, para cultivares de amoreira-preta e híbridos, respectivamente. Estes valores diferem dos intervalos encontrados por BRUGNARA et al. (2016) em Chapecó (SC), onde a época de colheita foi determinada pela disponibilidade de pseudofrutos de coloração escura, estendendo-se por 98 dias na primeira safra (2013/2014) e 100 dias na segunda safra (2014/2015).

A diferença observada nos ciclos fenológicos (Figura 2a) em uma região subtropical pode ser decorrente de alguns fatores, como a característica genética de cada cultivar, tipos de sistema de condução e condições edafoclimáticas (FERREIRA et al. 2016), como solo, temperatura e fotoperíodo, sendo estes últimos interferindo diretamente no florescimento e na brotação após a poda (ANTUNES et al. 2010).

Na safra 2017/2018, o menor ciclo foi verificado para Boysenberry (114 dias) e o maior para Navaho (148 dias), sendo este último mais curto em relação à safra anterior. Entretanto, a floração observada na atual safra não foi intensa e teve início no final de setembro, culminando com o período seco que ocorreu na mesma época (Figura 3b) a produção iniciou apenas na primeira quinzena de novembro, estendendo-se até o início de janeiro.

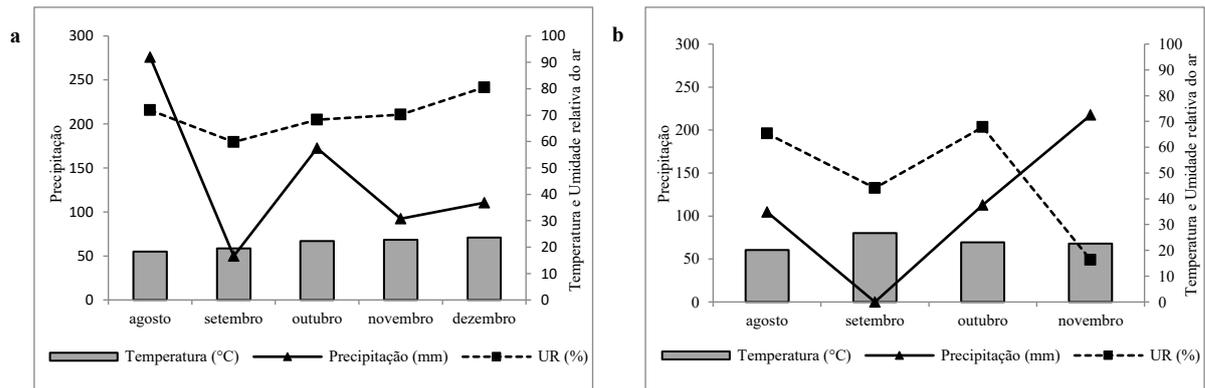


Figura 3. Valores médios mensais de temperatura, umidade relativa do ar e pluviosidade durante os ciclos produtivos 2016/2017 (a) e 2017/2018 (b), em Marechal Cândido Rondon (PR).

A diferença observada nos ciclos fenológicos (Figura 2b) para a segunda safra, pode estar relacionada, principalmente, às condições climáticas (FERREIRA et al. 2016), como temperatura, precipitação e fotoperíodo, sendo que estes interferem diretamente no florescimento e na brotação após a poda (ANTUNES et al., 2010).

Os híbridos Boysenberry e Olallie (safra 2017/2018), se comportaram de forma semelhante às cultivares, desde o início da brotação até o final da colheita, com 114 e 122 dias, respectivamente (Figura 2b). Esta semelhança agrônômica se deve provavelmente a origem dos híbridos, ou seja, o Boysenberry é um híbrido entre amoreira-preta e framboeseira-vermelha. Por sua vez, o híbrido Olallie resulta do cruzamento de amoreira-preta, framboeseira e amoreira silvestre (DU et al., 2010). Resultados semelhantes foram observados por MOURA et al. (2012), em cultivo de Boysenberry em região de clima subtropical (Lavras, MG), apresentando um ciclo de 110 dias.

Em condições subtropicais, cultivares de espécies frutíferas temperadas tendem a apresentar variabilidade significativa em seu ciclo de crescimento e a adaptabilidade a este novo ambiente requer mais de um ano de estudo de safra (HUSSAIN et al., 2016). A caracterização dos estádios fenológicos do ciclo produtivo de pequenos frutos fornece informações importantes para o fruticultor, com o conhecimento de cada fase do desenvolvimento, assim sendo pode-se reduzir os custos de produção, podendo economizar os insumos, planejar a

colheita e pós-colheita, possibilitando a produção em épocas diferenciadas dos estados produtores, como Rio Grande do Sul e Minas Gerais (VILLA et al., 2008).

Em trabalhos realizados HUSSAIN et al. (2016), com as cultivares de amoreira-preta Tupy e Xavante em condições do norte paranaense apresentaram estágios fenológicos de 110 e 121 dias, respectivamente, resultados diferentes aos encontrados na região de Marechal Cândido Rondon. Um dos motivos para esta diferença do ciclo fenológico, em um mesmo estado, pode estar relacionada ao aumento precoce das temperaturas no final do inverno, influenciando na precocidade da brotação, ciclo mais curto e colheita antecipada.

Ciclos fenológicos mais longos na safra 2017/2018 foram verificados em plantas de amoreira-preta cultivares Arapaho e Navaho, com 147 e 148 dias, respectivamente (Figura 2b). A ocorrência de um inverno com menos horas de frio (Tabela 2) e uma forte estiagem em meados de agosto e setembro de 2017, levou a um atraso no início do ciclo, o que resultou na atual safra em um decréscimo de produção.

Na Figura 2b verificam-se variações de dia para o início das brotações das cultivares e híbridos, com precocidade na Boysenberry e Olallie (a partir do 15º dia) e brotação tardia nas cultivares Arapaho, Chickasaw e Navaho (a partir 34º dia). Em regiões subtropicais, o início da brotação das frutíferas pode estar relacionado com a temperatura do ar (Tabela 2) influenciando diretamente o ciclo da cultura (BLACK et al., 2008).

Os híbridos que são cruzamentos de amoreira-preta com framboeseira-vermelha, por serem mais exigentes em frio, na safra 2017/2018 produziram menos que na safra anterior, devido às poucas horas de frio neste período (Tabela 2). Em condições de inverno ameno, quando as exigências em frio não são completamente satisfeitas, cultivares de espécies frutíferas temperadas com distintos requerimentos em frio apresentam grande variabilidade na época de florescimento, de um ano para outro (CURI et al., 2015).

O acúmulo de frio durante o inverno é fundamental para que a amoreira-preta possa iniciar a brotação e florescer normalmente (SEGANTINI et al., 2015). Após o completo atendimento do requerimento em frio das cultivares, há necessidade de ocorrências de temperaturas superiores em relação às efetivas para acumulação em frio, para que as atividades metabólicas sejam aceleradas nos tecidos meristemáticos das gemas, desencadeando a brotação (HAWERROTH et al., 2010).

Considerando como início do florescimento, o aparecimento das primeiras flores abertas (fase fenológica C - flor aberta), verificou-se na Figura 2a uma grande variação entre as cultivares e híbridos estudadas, entre 45 (Arapaho) e 61 (Navaho) dias após a poda em 18 de agosto/2017 (Safrá 2016/2017). Na safra 2017/2018, (Figura 2b), esta variação também foi observada, entre 49 (Chickasaw) e 69 (Olallie). Esta alteração no padrão de florescimento nas duas safras deve-se a variação e requerimento anual no acúmulo em horas de frio das cultivares e híbridos e oscilações de temperatura observadas entre os meses de abril a agosto no ano avaliado (Tabela 2).

Tabela 2. Acúmulo de horas de frio (HF) e oscilação térmica do ar, nos meses de abril a setembro/2016/2017 e 2017/2018. Dados da estação meteorológica.

Meses	Safras			
	2016/2017	2017/2018	2016/2017	2017/2018
	HF		Temp. do ar (° C) (mín- máx.)	
Abril	18*	4	5,1°C - 34,0°C	7,0°C - 30,1°C
Mai	9	0	3,4°C - 28,3°C	10,4°C - 29,4°C
Junho	74	22	-0,3°C - 27,9°C	3,0°C - 28,9°C
Julho	55	43	1,7°C - 31°C	9,0°C - 30°C
Agosto	11	4	6,5°C - 33°C	3,7°C - 34,7°C
Setembro	15	0	3,8°C - 35,2°C	12,4°C - 37,4°C
Total	182	73		

*Soma acumulada de horas com temperatura do ar $\leq 7,2^{\circ}$ C durante a época de abril a setembro de 2016 (referente a safra 2016/2017) e abril a agosto 2017 (referente a safra 2017/2018), respectivamente.

Na Tabela 3 observam-se a biomassa fresca, volume, diâmetro longitudinal e transversal, estimados de frutos das cultivares e híbridos de amoreira-preta nas safras 2016/2017 e 2017/2018, respectivamente. Para biomassa fresca dos frutos verificam-se diferenças significativas entre as cultivares e híbridos, com maiores valores em frutos de

Chickasaw.

Tabela 3. Biomassa fresca, volume, diâmetro longitudinal e diâmetro transversal estimada de frutos das cultivares de amoreira-preta, nas safras 2016/2017 e 2017/2018.

Cultivares de amoreira-preta	Biomassa fresca (g)		Volume (mL)	
	Safra 2016/2017	Safra 2017/2018	Safra 2016/2017	Safra 2017/2018
Tupy	5,1 b*	4,6 a	4,9 b	4,2 a
Arapaho	3,4 c	2,2 c	3,2 c	1,9 c
Chickasaw	8,3 a	5,1 a	7,4 a	4,9 a
Navaho	2,2 d	3,3 b	2,1 cd	3,2 b
	Diâmetro longitudinal (cm)		Diâmetro transversal (cm)	
	Safra 2016/2017	Safra 2017/2018	Safra 2016/2017	Safra 2017/2018
Tupy	18,0 ab*	19,2b	16,8 a	16,3 a
Arapaho	14,4 bc	11,5 d	14,6 ab	11,1 c
Chickasaw	20,5 a	23,1 a	16,0 ab	17,9 a
Navaho	10,9 c	15,9 c	11,4 bc	14,0 a
CV(%)	7,2	15,1	15,0	16,0
Híbridos	Biomassa fresca (g)		Volume (mL)	
	Safra 2016/2017	Safra 2017/2018	Safra 2016/2017	Safra 2017/2018
Boysenberry	1,8 d	0,02 d	2,1 cd	0,2 d
Olallie	1,9 d	0,07 d	1,6 d	0,1 d
	Diâmetro longitudinal (cm)		Diâmetro transversal (cm)	
	Safra 2016/2017	Safra 2017/2018	Safra 2016/2017	Safra 2017/2018
Boysenberry	9,1 c	1,3 e	8,6 c	1,3 d
Olallie	9,6 c	0,9 e	8,1 c	0,8 d
CV(%)	7,2	15,1	15,0	16,0

*Letras minúsculas diferem entre si na coluna, pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Na safra 2016/2017, a cultivar Navaho e os híbridos se comportaram diferente às demais cultivares em relação à biomassa fresca de frutos. Para safra 2017/2018 somente os híbridos tiveram o mesmo comportamento. A biomassa fresca dos frutos da atual safra foi bem menor que a safra anterior. Um dos possíveis fatores climáticos para diferença observada na biomassa dos frutos entre as safras pode ser o pouco acúmulo de frio registrado durante o inverno (BRUGNARA et al., 2016).

CURI et al. (2015) encontraram em Lavras (MG) valores de 4,6 g para a biomassa fresca da cultivar Arapaho. Esta diferença de peso se dá principalmente aos genótipos estudados em interação ao ambiente, principalmente a temperatura do ar. Quando há um menor acúmulo de

frio hibernal há uma menor percentagem de brotação de gemas, que, conseqüentemente reduz o número de inflorescências e dos frutos.

O volume é um atributo físico que pode ser utilizado para determinação do crescimento do fruto, visto que, o seu aumento está relacionado ao acúmulo de biomassa, sendo uma medida tridimensional do fruto comumente é determinada pelo deslocamento da água em recipiente graduado (PEIXOTO et al., 2011).

Na Tabela 3 observa-se maior volume de frutos da cultivar Chickasaw nas duas safras e, a cultivar Tupy também se destacou na safra 2017/2018. Esse maior volume está relacionado diretamente com o tamanho do fruto e seu peso, ou seja, quanto mais pesado o fruto maior o volume, deixando-os no formato e tamanho característicos da espécie.

Na safra 2016/2017, maiores diâmetros longitudinal e transversal dos frutos foram encontrados para Chickasaw e Tupy, respectivamente. Na safra 2017/2018, para estes parâmetros acrescentou-se a cultivar Navaho (Tabela 3). O tamanho do fruto, representado pelos diâmetros são parâmetros físicos de grande utilidade, podendo auxiliar na destinação dos frutos para consumo *in natura* e/ou processamento. O mercado *in natura* de amora-preta tem preferência por frutos grandes, como é o caso da cultivar Tupy e Chickasaw.

Nas duas safras, frutos com menores diâmetros foram observados nos híbridos. Os híbridos são cruzamentos entre amoreira-preta e framboeseira, com características de diâmetro e biomassa de frutos de framboesa (MOURA et al., 2012). Ressalta-se ainda que os híbridos apresentaram diâmetro longitudinal e transversal inferior, devido o formato do fruto ser arredondado. Frutos das cultivares Tupy e Chickasaw tendem a ser mais alongados, devido ao maior diâmetro longitudinal e transversal, corroborando TULLIO e AYUB (2013). Frutos da cultivar Navaho tendem a possuir diâmetro longitudinal menor (CLARK, 2005) que as demais cultivares.

Na Tabela 4 são apresentados o número de frutos por planta, produção e produtividade estimada das cultivares e híbridos para as duas safras avaliadas. Na safra 2016/2017, em relação ao número de frutos/planta das cultivares e híbridos, maior número foi registrado para Tupy, mostrando uma superioridade em relação ao trabalho desenvolvido por CAMPAGNOLO e PIO (2012), que encontraram 308 frutos por planta.

Na safra 2017/2018, a cultivar Tupy apresentou, juntamente com a cultivar Navaho, uma superioridade no número de frutos por planta, porém frutos deformados. Isto ocorreu, possivelmente, devido as plantas desta última cultivar estarem no segundo ano de produção, associado a poucas horas de frio que ocorreu durante a segunda safra. O mesmo fora observado na cultivar Brazos em duas safras por CRUZ et al. (2017), em trabalho realizado em Diamantina (MG).

Tabela 4. Número de frutos/planta⁻¹, produção e produtividade de cultivares e híbridos de amoreira-preta, nos ciclos produtivos 2016/2017 e 2017/2018.

cvs. de AP*	Número de frutos/planta ⁻¹		Produção (g.planta ⁻¹)		Produtividade (t.ha ⁻¹)	
	Safra 2016/2017	Safra 2017/2018	Safra 2016/2017	Safra 2017/2018	Safra 2016/2017	Safra 2017/2018
Tupy	358,9 a**	137,8 a	1774,0 a	555,9 a	11,83 a	3,71 a
Arapaho	138,9 bc	62,5 b	444,0 b	137,0 b	2,96 b	0,91 b
Chickasaw	187,3 b	53,7 b	1609,0 a	359,45 a	10,73 a	2,40 a
Navaho	86,4 c	195,2 a	214,5 c	526,0 a	1,43 c	3,51 a
Híbridos						
Boysenb.*	103,7 c	4,4 c	358,0 bc	11,9 c	2,39 bc	0,08 c
Olallie	137,8 bc	3,4 c	406,0 bc	6,0 c	2,71 b	0,04 c
CV(%)	17,7	14,4	10,8	15,9	9,9	9,3

*cvs. de AP = cultivares de amoreira-preta, Boysenb. = Boysenberry. **Letras minúsculas diferem entre si na coluna, pelo teste de Tukey (p < 0,05).

Menor número de frutos foram verificados em plantas da cultivar Navaho e o híbrido Boysenberry na safra 2016/2017. Na safra 2017/2018 este menor número foi observado nos híbridos. No desempenho produtivo (produção e produtividade) das cultivares de amoreira-preta, se destacaram as cvs. Tupy e Chickasaw nas duas safras e Navaho para a safra 2017/2018.

Resultados semelhantes foram observados por ANTUNES et al. (2006), em Caldas (MG), onde, estudando o comportamento de oito cultivares de amoreira-preta por três safras

consecutivas, comprovaram a superioridade de produtividade das cultivares Tupy e Guarani. CROGE et al. (2016) também encontrou superioridade na produtividade de Guarani, Xavante e Cherokee em Cerro Azul (PR), em 2 safras avaliadas. Isto ocorreu porque estas cultivares se adaptaram às condições edafoclimáticas da região, assim como a adaptação das cultivares Tupy, Chickasaw e Navaho em Marechal Candido Rondon. Estas diferenças entre as cultivares podem estar relacionadas a fatores intrínsecos inerentes à sua própria adaptação a região subtropical, como a exigência em horas de frio interagindo com variações climáticas locais (RASEIRA e FRANZON, 2012).

Nas Tabelas 5 (a e b) são apresentados os coeficientes de correlação linear de Pearson para as cultivares e híbridos de amoreira-preta, refletindo o grau de similaridade entre as variações dos sinais obtidos para os parâmetros analisados. O valor ideal para este coeficiente deve ser igual a 1.

Os maiores valores das correlações observadas foram entre DL x BFF (0,9794 e 0,9890 para as safras 2016/2017 e 2017/2018, respectivamente), volume x BFF (0,9933 e 0,9959 para as safras 2016/2017 e 2017/2018, respectivamente) e produção/planta x produtividade (0,9904 para a safra 2017/2018), indicando que, quanto maior a relação entre biomassa do fruto e diâmetro longitudinal, maiores será o seu volume, portanto, o valor de uma variável é diretamente proporcional ao valor da outra. Esta observação foi registrada na cultivar Chickasaw que apresentou maior diâmetro e biomassa em relação às demais cultivares e híbridos. De acordo com CURI et al. (2015b), trabalhos realizados em Lavras (MG) com framboeseiras, quanto aos espaçamentos adotados, plantas menos adensadas (3 x 0,50 m) produziram mais frutos, o que proporcionou um aumento na produção por planta, do que em relação às plantas dispostas em espaçamento menor.

Tabela 5a. Coeficientes de correlação linear de Pearson para as combinações entre as cultivares e híbridos de amoreira-preta, na safra 2016/2017.

	BFF	DL	DT	Vol.*	Produtiv.	Prod.	NF
BFF	1						
DL	0,9794	1					
DT	0,8798	0,9433	1				
Vol.	0,9933	0,9582	0,8446	1			
Produtiv.	0,8607	0,8148	0,6970	0,8721	1		
Prod.	0,8495	0,8369	0,7654	0,8390	0,9689	1	
NF	0,6465	0,6802	0,6842	0,6183	0,8524	0,9313	1

*Vol. = volume, Produtiv. = produtividade, Prod. = produção, BFF = biomassa fresca de frutos, DL = diâmetro longitudinal, DT = diâmetro transversal e NF = número de frutos.

Tabela 5b. Coeficientes de correlação linear de Pearson para as combinações entre as cultivares e híbridos de amoreira-preta, na safra 2017/2018.

	BFF	DL	DT	Vol.	Produtiv.	Prod.	NF
BFF	1						
DL	0,9890	1					
DT	0,9756	0,9917	1				
Vol.	0,9959	0,9883	0,9707	1			
Produtiv.	0,8001	0,7647	0,7853	0,7861	1		
Prod.	0,8575	0,8268	0,8352	0,8480	0,9904	1	
NF	0,6465	0,6802	0,6842	0,6183	0,8524	0,9313	1

*Vol. = volume, Produtiv. = produtividade, Prod. = produção, BFF = biomassa fresca de frutos, DL = diâmetro longitudinal, DT = diâmetro transversal e NF = número de frutos.

De forma geral todos os genótipos completaram seu ciclo fenológico nas duas safras, chegando até a produção de frutos, com frutos com boa qualidade, porém, nem todos apresentaram produtividade economicamente viável, sugerindo assim a necessidade de mais estudos acerca de fatores que influenciam no processo produtivo. Outra dificuldade apresentada por híbridos estudados foi o sistema de condução das plantas, devido ao seu porte mais herbáceo e hábito de crescimento prostrado, apresentando maior dificuldade na colheita.

CONCLUSÕES

A média de duração do ciclo fenológico de cultivares e híbridos de amoreira-preta nas duas safras variam entre 109 e 162 dias e 114 e 148, respectivamente. Os híbridos Boysenberry e Olallie apresentaram um ciclo mais curto nas duas safras. Na safra 2016/2017, a colheita teve

duração de 39 a 88 dias, com início no final de outubro, até final de janeiro. Na safra 2017/2018, durou 23 a 57 dias, iniciando em meados de novembro até início de janeiro. As cultivares Tupy e Chickasaw foram as mais produtivas na primeira safra. Na segunda safra se sobressaíram as cultivares Tupy e Navaho.

REFERÊNCIAS

- ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, p. 711-728, 2013. <https://dx.doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>.
- ANTUNES, L.E.C.; GONÇALVES, E.D.; TREVISAN, R. Fenologia e produção de cultivares de amoreira-preta em sistema agroecológico. **Ciência Rural**, v. 40, p. 1929-1933, 2010. <https://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782010000900012>.
- ANTUNES, L.E.C.; PEREIRA, I.S.; PICOLOTTO, L.; VIGNOLO, G.K.; GONÇALVES, M.A. Produção de amoreira-preta no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, p. 100-111, 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/0100-2945-450/13>.
- ANTUNES, L.E.C.; TREVISAN, R.; GONÇALVES, E.D.; FRANZON, R.C. Produção extemporânea de amora-preta. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 28, p. 430-434, 2006.
- BLACK, B.; FRISBY, J.; LEWERS, K.; TAKEDA, F.; FINN, C. Heat unit model for predicting bloom dates in *Rubus*. **HortScience**, v. 43, p. 2000-2004, 2008.
- BRUGNARA, E.C. Produção, época de colheita e qualidade de cinco variedades de amoreira-preta em Chapecó, SC. **Agropecuária Catarinense**, v. 29, p. 71-75, 2016.
- CAMPAGNOLO, M.A.; PIO, R. Phenological and yield performance of black and redberry cultivars in western Paraná State. **Acta Scientiarum, Agronomy**, v. 34, p. 439-444, 2012. <http://dx.doi.org/10.4025/actasciagron.v34i4.15528>.
- COSTA, A.G.; RIBEIRO, E.; BRAGA, R.A.; PINTO, F.A.C. Measurement of volume of macaw palm fruit using traditional and the digital Moiré techniques. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, p. 152-157, 2016. <https://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v20n2p152-157>.
- CROGE, C.P.; CUQUEL, F.L.; BIASI, L.A.; BONA, C.M. Performance of blackberry cultivars in Cerro Azul - PR. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 38, e-141, 2016. <https://dx.doi.org/10.1590/0100-29452016141>.
- CRUZ, M.C.M.; MOREIRA, R.A.; FAGUNDES, M.C.P.; SANTOS, A.S.; OLIVEIRA, J.; SOUZA, J.R. Qualidade de amora-preta produzida em diferentes épocas em condições de clima temperado úmido. **Agrária**, v. 12, p. 142-147, 2017. <https://dx.doi.org/10.5039/agraria.v12i2a5431>.

CURI, P.N.; PIO, R.; MOURA, P.H.A.; TADEU, M.H.; NOGUEIRA, P.V.; PASQUAL, M. Produção de amora-preta e amora-vermelha em Lavras - MG. **Ciência Rural**, v. 45, p. 1368-1374, 2015. <https://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20131572>.

DU, X.; FINN, C.; QIAN, M.C. Distribution of volatile composition in 'Marion' (*Rubus* species hyb.) blackberry pedigree. **Journal of Agricultural of Food Chemistry**, v. 58, p. 1860-1869, 2010. <https://dx.doi.org/10.1021/jf903407c>.

FERREIRA, D.F. SISVAR: A computer statistical analysis system. **Ciência & Agrotecnologia**, v. 35, p. 1039-1042, 2011. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542011000600001>.

FERREIRA, L.V.; PICOLOTTO, L.; COCCO, C.; FINKENAUER, D.; ANTUNES, L.E.C. Produção de amoreira-preta sob diferentes sistemas de condução. **Ciência Rural**, v. 46, p. 421-427, 2016. <https://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20140601>.

HAWERROTH, F.J.; PETRI, J.L.; LEITE, G.B.; HERTER, F.G. Brotação de gemas em macieiras Imperial Gala e Fuji suprema pelo uso de Erger[®] e nitrato de cálcio. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, p. 343-350, 2010.

HUSSAIN, I.; ROBERTO, S.R.; FONSECA, I.C.B.; ASSIS, A.M.; KOYAMA, R.; ANTUNES, L.E.C. Phenology of 'Tupy' and 'Xavante' blackberries grown in a subtropical area. **Scientia Horticulturae**, v. 201, p. 78-83, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.01.036>.

MARO, L.A.C.; PIO, R.; SILVA, T.C.; PATTO, L.S. Ciclo de produção de cultivares de framboesiras (*Rubus idaeus*) submetidas à poda drástica nas condições do sul de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, p. 435-441, 2012. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452012000200016>.

MOURA, P.H.A.; CAMPAGNOLO, M.A.; PIO, R.; CURI, P.N.; ASSIS, C.N.; SILVA, T.C. Fenologia e produção de cultivares de framboesiras em regiões subtropicais no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, p. 1714-1721, 2012. <https://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2012001200006>.

PEIXOTO, C.P.; CRUZ, T.V.; PEIXOTO, M.F.S.P. Análise quantitativa do crescimento de plantas. **Enciclopédia Biosfera**, v. 7, p. 51-76, 2011.

SEGANTINI, D.M.; LEONEL, S.; RIPARDO, A.C.S.; TECCHIO, M.A.T.; SOUZA, M.E. Breaking dormancy of "Tupy" blackberry in subtropical conditions. **American Journal of Plant Sciences**, v. 6, p. 1760-1767, 2015. <https://dx.doi.org/10.4236/ajps.2015.611176>.

SURYA, M.I.; RAHMAN, W. Flowering and fruiting phenology of *Rubus* spp. in Cibodas botanical Garden, Indonesia. **Agrivita**, v. 34, n. 2, p. 193-197, 2012.

TADEU, M.H.; SOUZA, F.B.M.; PIO, R.; VALLE, M.H.R.; LOCATELLI, G.; GUIMARÃES, G.F.; SILVA, B.E.C. Poda drástica de verão e produção de cultivares de amoreira-preta em região subtropical. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, n. 2, p. 132-140, 2015. <https://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2015000200005>.

TULLIO, L.; AYUB, R.A. Produção da amora-preta cv. Tupy, em função da intensidade da poda. **Semina, Ciências Agrárias**, v. 34, p. 1147-1152 2013. <https://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2013v34n3p1147>.

VILLA, F.; SILVA, D.F.; BARP, F.K.; STUMM, D.R. Amoras-pretas produzidas em região subtropical, em função de podas, sistemas de condução e número de hastes. **Revista Agrarian**, v. 7, p. 521-529, 2014.

VILLA, F.; PASQUAL, M.; ASSIS, F.A.; PIO, L.A.S.; ASSIS, G.A. Crescimento *in vitro* de amoreira-preta: efeito de reguladores de crescimento e da cultivar. **Ciência & Agrotecnologia**, v. 32, p. 1754-1759. 2008. <https://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542008000600012>.

Compostos bioativos, caracterização bromatológica e mineral de cultivares e híbridos de amoreira-preta

Maria Cristina Copello Rotili¹, Fabíola Villa², Daniel Fernandes da Silva³, Solivan Rosanelli¹, Gilberto Costa Braga²

(Elaborado segundo normas da Revista Brasileira de Fruticultura)

Resumo: o interesse pelo consumo de frutas no Brasil vem aumentando, devido aos seus valores bromatológicos, minerais e nutracêuticos. Diante do exposto, objetivou-se com o presente trabalho avaliar a composição bromatológica, minerais e compostos bioativos de cultivares e híbridos de amoreira-preta cultivados em região subtropical. Utilizaram-se frutos de amoreira-preta (*Rubus* sp.), cultivares Tupy, Arapaho, Chickasaw, Navaho e os híbridos Boysenberry e Olallie, cultivadas em pomar localizado na Unioeste, *Campus* Marechal Cândido Rondon (PR). As mudas foram adquiridas em abril/2015, sob forma de estacas caulinares. Em julho de 2015, as mudas aclimatizadas no telado foram levadas a campo. A colheita dos frutos teve início em outubro/2016 e novembro/2017, ocorrendo a cada dois dias, estendendo-se até janeiro/2017 e janeiro/2018, respectivamente. Imediatamente após a colheita, os frutos foram levados ao Laboratório de Tecnologia de Alimentos da Unioeste para a realização das primeiras avaliações, como firmeza, cor e respiração. Em seguida, escolheram-se cinco frutos de cada tratamento para a extração de suco e realização das análises químicas (ácido ascórbico, pH, acidez total, sólidos solúveis e relação sólidos solúveis/acidez total). Com o suco congelado realizaram-se as demais análises (compostos fenólicos totais e antocianinas). As amostras de frutos para as análises de açúcares redutores, bromatológicas (umidade, biomassa seca, lipídios, proteínas e fibras) e minerais (N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn) foram congeladas e enviadas ao Laboratório da FUNDETEC (Cascavel, PR) e Laboratório de Química, Bioquímica e Análise de

¹ Pós-graduação em Produção Vegetal, Programa de Pós-Graduação em Agronomia (PPGA), Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste), *Campus* Marechal C. Rondon, PR. E-mail: mcrotili@hotmail.com; agrosoli@hotmail.com

² D.Sc., Professor, Programa de Pós-graduação em Agronomia (PPGA), Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste), *Campus* Marechal C. Rondon, PR. E-mail: fvilla2003@hotmail.com

³ Pós-doc, Programa de Pós-Graduação em Agronomia (PPGA), Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste), *Campus* Marechal C. Rondon, PR. E-mail: daniel_eafi@yahoo.com.br

Alimentos da UFLA (Lavras, MG). Cada tratamento foi composto de cinco repetições formadas por bandejas com cerca de 100 g de frutos. Os híbridos são mais perecíveis por apresentarem maiores taxas respiratórias e também apresentam maior teor de proteínas. Existe variação na coloração entre as cultivares e híbridos estudados. Híbridos e cultivares de amoreira-preta possuem alto teor de ácido ascórbico e fibras, com destaque para a cultivar Tupy. Maior pH é verificado nas cultivares Tupy e Arapaho. A cultivar Arapaho tem frutos menos ácidos, maior teor de sólidos solúveis (SS), relação SS/acidez total e teor de açúcares redutores. Frutos de amora-preta são uma rica fonte de compostos bioativos, com a cv. Chickasaw obtendo maior teor de compostos fenólicos totais e o híbrido Boysenberry maior quantidade de antocianinas. Também na cultivar Chickasaw encontra-se maior teor de lipídios. Não existe diferença no teor de umidade, biomassa seca e firmeza dos frutos entre as cultivares e híbridos.

Palavras-chave: *Rubus* sp.; pós-colheita; pequenos frutos; valor nutricional.

Bioactive compounds, bromatological and mineral characterization of blackberry cultivars and hybrids

Abstract: The interest in fruit consumption in Brazil is on the rise, due to their bromatological, mineral and nutraceutical values. On this, the objective of this research was to evaluate the bromatological and mineral composition as the bioactive compounds of cultivars and hybrids of blackberry cultivated in subtropical region. Blackberry fruits (*Rubus* sp.); Tupy, Arapaho, Chickasaw, Navaho cultivars and Boysenberry and Olallie hybrids were used and cultivated in an orchard located at Unioeste, *Campus* Marechal Cândido Rondon (PR). The seedlings were acquired in April/2015, by the shape of stem cuttings. In July 2015, the acclimatized seedlings were taken to the field. The harvesting began in October/2016 and November/2017, being performed every two days, extending until January/2017 and January/2018, respectively. Immediately after the harvest, the berries were taken to the Unioeste's Food Technology Laboratory to the first evaluations, such as firmness, colour and breathing. Next, five fruits of each treatment were picked to have the juice extracted for the chemical analysis (ascorbic acid, pH, total acidity, soluble solids and soluble solids/total acidity ratio). The remaining analysis

(total phenolic compounds and anthocyanins) were performed from frozen juices. The fruits samples were frozen and send to FUNDETEC's lab (Cascavel, PR) and Chemistry, Biochemistry and Food Analysis UFLA's lab (Lavras, MG), for the reduced sugars, bromatological (humidity, dry biomass, lipids, proteins and fibers) and mineral (N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn and Zn) analysis. Each treatment was composed of five repetitions formed of trays containing 100 grams of fruit. The hybrids are more perishable since they have the highest breathing rates and protein content. There is variation in colour between the cultivars and the hybrids. They both have high fiber and ascorbic acid rates, specially Tupy. Tupy and Arapaho possess the higher pH levels. The Arapaho one has less acidic fruits, higher soluble solids (SS) rates, higher SS/total acidity and reducing sugars ratio. The Blackberry is a rich source of bioactive compounds, such as cv. The Chickasaw cultivar has the highest total phenolic compounds rates and the hybrid Boysenberry has the highest concentration of anthocyanins. Chikasaw also has the highest lipid rates. There is no difference in humidity, dry biomass and firmness between all the studied fruits.

Key words: *Rubus* sp.; post-harvest; small fruits; nutritional value.

Introdução

A amoreira-preta (*Rubus* sp.) é uma espécie frutífera de crescimento arbustivo, porte ereto ou rasteiro, que produz frutos agregados, conhecidos por mini drupas ou drupetes, com cerca de 4 a 7 g (dependendo da cultivar e do híbrido), de coloração negra quando madura e sabor ácido a doce ácido (MOTA, 2006).

Os frutos possuem 85% de água, 10% de carboidratos e vitaminas do complexo A e B, além de ser fonte de compostos funcionais (SOUZA et al., 2015). Considerado um fruto funcional, com características básicas na dieta, benéfico à saúde humana, além de sua composição bromatológica, mineral e compostos bioativos, como agentes antioxidantes e compostos fenólicos (FERREIRA et al., 2010).

Podem ser consumidos de várias formas, tanto *in natura*, como processados na forma de geleias, sucos, sorvetes, caldas, polpas e iogurtes (SOUZA et al., 2015). Este aproveitamento torna-se necessário, pois os frutos possuem uma estrutura frágil quando maduros e uma alta atividade respiratória, com conservação pós-colheita relativamente

curta, influenciando assim na vida de prateleira (SCHAKER; ANTONIOLLI, 2009). A biodisponibilidade das antocianinas e compostos fenólicos presentes nos frutos podem ser afetadas principalmente pela sua utilização (*in natura* e processamento), pelas cultivares e híbridos, e pelas condições climáticas de cultivo, como temperatura, umidade relativa do ar e precipitação (JACQUES; ZAMBIAZI, 2011).

Compostos bromatológicos (fibras, proteínas, umidade, lipídios e açúcares redutores) são geralmente encontrados em pequenos frutos, principalmente em frutos do gênero *Rubus* (GUEDES et al., 2013). Algumas pesquisas estão sendo realizadas com frutos de amora-preta em relação a quantificação de alguns destes compostos, como açúcares redutores (SOUZA et al., 2017), umidade (GUEDES et al., 2014) e lipídios (CASARIN et al., 2016), porém pouco se sabe ainda sobre a influência na maturação e conservação pós-colheita.

Sabe-se que um grande número de componentes minerais (macro e microelementos) é essencial para a nutrição humana, desempenhando funções específicas no organismo. Lefèvre et al. (2011), Maro et al. (2013) e Curi et al. (2014) estudaram alguns macro e microelementos presentes em pequenos frutos do gênero *Rubus*. Além destes compostos, destaca-se também os pigmentos naturais, como a antocianina (MONTROYA, et al., 2010), que confere uma coloração atraente em subprodutos que utilizam pequenos frutos, como a amora-preta, framboesa e mirtilo.

Por estas características, a amora-preta vem despertando o interesse de produtores e consumidores, principalmente pelo potencial de consumo associado às suas propriedades benéficas à saúde. Diante do exposto, objetivou-se com o presente trabalho avaliar os compostos bromatológicos, minerais e bioativos de cultivares e híbridos de amoreira-preta cultivados em região subtropical.

Material E Métodos

Utilizaram-se frutos de amoreira-preta (*Rubus* sp.), cultivares Tupy, Arapaho, Chickasaw, Navaho e os híbridos Boysenberry e Olallie, cultivadas em pomar localizado na Fazenda Experimental da Unioeste, *Campus* Marechal Cândido Rondon (PR). A Fazenda Experimental está situada na linha Guará, sob coordenadas geográficas 24° 33' 40" latitude sul, 54° 04' 12" longitude oeste e 420 m de altitude.

As mudas foram adquiridas em abril/2015 de viveirista idôneo, sob forma de estacas radiculares. Em julho de 2015, as mudas aclimatizadas no telado foram levadas a campo. O sistema de condução utilizado foi em 'T', contendo fios paralelos duplos, com mourões espaçados a 12 m de distância e dimensões de 0,15 m (diâmetro) x 1,20 m (altura).

A colheita dos frutos teve início em outubro/2016 e novembro/2017, ocorrendo a cada dois dias, estendendo-se até janeiro/2017 e janeiro/2018, respectivamente. Os frutos foram colhidos em recipientes de polietileno transparente com tampa, separadamente de cada cultivar e híbrido, quando estes se encontravam no estágio de maturação completa e com coloração negra.

Imediatamente após a colheita, os frutos foram levados ao Laboratório de Tecnologia de Alimentos da Unioeste para a realização das análises físico-químicas. As amostras de frutos para as análises de açúcares redutores, bromatológicas e minerais foram congeladas e enviadas ao Laboratório da FUNDETEC (Cascavel, PR) e Laboratório de Química, Bioquímica e Análise de Alimentos da UFLA (Lavras, MG).

No Laboratório da Unioeste amostragens dos frutos das cultivares e híbridos foram realizadas para as primeiras avaliações, sendo firmeza, cor e respiração. Em seguida, escolheram-se cinco frutos de cada tratamento para a extração de suco e realização das análises químicas (ácido ascórbico, pH, acidez total, sólidos solúveis e relação sólidos solúveis/acidez total). Com o suco congelado realizaram-se as demais análises (compostos fenólicos totais e antocianinas). Para o preparo do suco, utilizou-se um mixer (marca Phillips), triturando cinco frutos por 1 minuto para a realização de cada avaliação. Posteriormente as amostras de suco foram acondicionadas em eppendorf de 5 mL e as destinadas a avaliação dos compostos fenólicos e antocianinas foram armazenadas sob congelamento a -24°C .

A firmeza da polpa dos frutos foi mensurada utilizando um penetrômetro digital de bancada (marca brookfield, CT3, USA). Os frutos foram colocados sobre a superfície plana do aparelho e sua firmeza foi medida na região equatorial (diâmetro transversal). Uma haste de aço inoxidável com diâmetro de 8 mm foi utilizada na vertical, para medir a firmeza dos frutos. A velocidade de deslocamento da haste no fruto foi ajustada para $1,5 \text{ mm s}^{-1}$, com profundidade de deslocamento de 8 mm, sendo os resultados expressos

em Newton (N).

A respiração (CO₂) dos frutos ou atividade respiratória (mg CO₂ Kg⁻¹ h⁻¹) foi realizada segundo metodologia descrita por Zhu et al. (2007). Os frutos apenas colhidos foram colocados em frascos de polietileno fechados hermeticamente e com septo de silicone na tampa para amostragem dos gases. As amostras coletadas com seringa gastight de CO₂ foram injetadas em cromatógrafo gasoso (marca Finnigan, 9001).

Para a análise colorimétrica foram dispostos cinco frutos em placa de petri, sendo a cor determinada com luz branca em temperatura ambiente, com colorímetro (marca Konica Minolta, modelo Sensy CR 400). A cor foi expressa pelo sistema de coordenadas retangulares L* a* b*, conforme a Commission Internationale de E'clairage (CIE, 1986), onde L* = percentagem dos valores de luminosidade (0% = negro e 100% = branco), a* = cores vermelha (+) ou verde (-) e b* = cores amarela (+) ou azul (-).

Para as análises químicas avaliou-se o ácido ascórbico (ou vitamina C), determinado por titulação com 2,6-dicloro-fenol-indofenol, conforme modificações propostas por Benassi e Antunes (1988). Os resultados foram expressos em mg 100 mL⁻¹ de suco.

Para determinação do pH, sólidos solúveis (SS), acidez total (AT) e relação SS/AT, seguiu-se metodologia proposta pelo Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008). Para o pH utilizou-se o peagâmetro de bancada e para SS o refratômetro de bancada portátil (marca Atago pocket refractometer Pal⁻¹), com resultados expressos em °Brix. Para acidez total utilizou-se titulação com fenolfetaleína, com resultados expressos em g 100 g⁻¹.

Os compostos fenólicos totais (agentes antioxidantes) foram determinados de acordo com o procedimento convencional espectrofotométrico de Folin-Ciocalteu, desenvolvido por Georgé et al. (2005). As concentrações de antioxidantes foram expressas como equivalentes de ácido gálico (mg AG g⁻¹), calculadas por meio de uma curva construída com concentrações que variam de 10 a 60 mg L⁻¹.

As antocianinas (pigmentos de cor vermelha a roxa) foram determinadas utilizando a metodologia de pH diferencial proposta por Lee et al. (2005). As leituras de absorbância de 510 e 700 nm foram realizadas em espectrofotômetro digital (marca Shimadzu, UV-1800, Japão) com resultados do teor das antocianinas expressos em mg

Ci-3-Gly g⁻¹.

As análises dos açúcares redutores foram realizadas no Laboratório da FUNDETEC, em Cascavel (PR), sendo enviados 50 g de frutos congelados de cada tratamento. Para estas análises, seguiu-se metodologia proposta pelo Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008), com resultados expressos em g 100 g⁻¹.

As análises bromatológicas e minerais foram realizadas no Laboratório de Química, Bioquímica e Análise de Alimentos e Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas da UFLA (Lavras, MG), respectivamente, enviando 100 g de frutos congelados de cada tratamento.

Para estas análises bromatológicas avaliaram-se a umidade (g 100 g⁻¹), biomassa seca (g 100 g⁻¹), lipídios (g 100 g⁻¹), proteínas (g 100 g⁻¹) e fibras (g 100 g⁻¹), seguindo metodologia proposta pelo Instituto Adolfo Lutz (2008 - umidade, biomassa seca), Horwitz (2005 - proteínas e lipídios) e Silva e Queiroz (2002 - fibras).

Para as análises minerais (N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn), os frutos foram moídos em moinho tipo Willey, seguindo a metodologia citada por Malavolta et al. (1997), com resultados expressos em percentagens para N, P, K, Ca, Mg e S e, em mg Kg⁻¹ para os demais (B, Cu, Fe, Mn e Zn).

Cada tratamento foi composto de cinco repetições formadas por bandejas com cerca de 100 g de frutos. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, e as médias, comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro, por meio do software estatístico Sisvar (FERREIRA, 2011).

Resultados E Discussão

Na Tabela 1 verificam-se os resultados significativos apresentados para firmeza e respiração nos frutos das cultivares e híbridos de amoreira-preta, em duas safras consecutivas.

A firmeza é um importante fator na qualidade dos frutos, pois afeta a resistência ao transporte ao ataque de microorganismo e a própria característica sensorial dos frutos, portanto, é um importante atributo a ser considerado na determinação na qualidade do fruto e de sua vida de prateleira (VIEITES et al., 2012; GUEDES et al., 2013). Entre as cultivares e híbridos estudados não se observou diferença estatísticas para a firmeza dos

frutos independentemente das safras.

Os resultados encontrados na cultivar Arapaho apresentam-se semelhantes aos verificados na mesma cultivar, em frutos colhidos em Lavras (MG) por Guedes et al. (2013), embora para a cultivar Tupy a resistência dos frutos em ponto de colheita do presente estudo tenha sido maior que a de frutos da mesma cultivar colhidos também em Lavras (Tabela 1).

Aliado a firmeza, a respiração é um parâmetro ligado à fragilidade dos frutos, atuando no seu potencial de armazenamento. A amora-preta é um pequeno fruto de estrutura frágil, muito conhecido por apresentar altas taxas respiratórias (GONÇALVES et al., 2012, ANTUNES et al., 2003), o que confere a espécie características de fruto climatérico e atribui à respiração importante papel na definição do seu potencial de armazenamento. Entre as cultivares verificou-se variação de taxas respiratórias, com destaque para Navaho e o híbrido Boysenberry, que em ambas as safras tiveram maiores e menores taxas respiratórias, respectivamente (Tabela 1).

Observa-se também que os híbridos, apresentaram uma elevada taxa respiratória nas duas safras, superior as cultivares de amora-preta, o que pode estar associado a uma degradação mais acelerada desses híbridos logo após a colheita, em função da presença de uma epiderme mais frágil, de forma semelhante ao verificado em framboesas (ANTONIOLLI et al., 2011).

A Tabela 2 apresenta a coloração dos frutos das cultivares e híbridos de amoreira-preta, nas safras 2016/2017 e 2017/2018. A cor é considerada um importante parâmetro para produtores e consumidores, pois indica se o fruto apresenta ou não as condições ideais para comercialização e consumo. Na maioria dos casos, a cor não contribui para um aumento efetivo no valor nutritivo ou na qualidade do produto (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Guedes et al. (2013), em trabalho comparativo de caracterização química e mineral de frutos de dez cultivares de amoreira-preta em região elevada de clima tropical verificaram que a cultivar Arapaho apresentou valor de L* (luminosidade) igual a 18,86, valor bastante semelhante a 18,76 neste trabalho. Contudo, para a cultivar Tupy, os mesmos autores encontraram 16,70, valor inferior ao do presente estudo (18,82) (Tabela 2).

Os híbridos Boysenberry e Olallie foram caracterizadas por altos valores em a^* (cores vermelhas) o que confirma a coloração vermelha mais intensa em relação as demais cultivares, que exibiram coloração púrpura brilhante, que de acordo com Antunes et al. (2010), são indicativos de maturidade e ponto ideal de colheitas desses frutos. O aparecimento da cor púrpura pode estar relacionado, também, com a grande quantidade de compostos fenólicos presentes na amora-preta que favorece a comercialização do produto em função da preferência do consumidor por frutos de cor forte e brilhante (HIRSCH et al., 2012).

Os índices de b (cores amarelas) foram baixos, corroborando Guedes et al. (2013). Estes resultados podem ser explicados pela predominância de antocianinas e quase nulidade da presença de carotenoides, como pigmentos de coloração destes frutos. Os conteúdos de ácido ascórbico, pH, acidez total, SS e relação SS/AT em frutos de cultivares e híbridos de amoreira-preta, em duas safras consecutivas, são observados na Tabela 3.

A amoreira-preta representa importante fonte de vitamina C (SKROVANKOVA et al. (2015). Esta quantidade pode variar conforme a espécie, o sistema de cultivo, maturação do fruto, época de colheita, condições climáticas pré-colheita, manejo pós-colheita, estocagem e processamento (JACQUES; ZAMBLIAZI, 2011). Neste sentido, Rocha et al. (2008) destacam, também que a cultivar pode interferir no teor de vitamina C.

Os conteúdos de ácido ascórbico das amoras-pretas e híbridos estudados foram superiores aos citados recentemente na literatura internacional, como pode ser verificado na comparação entre o presente trabalho, em que os teores variaram entre 34,09 a 75,00 mg 100g⁻¹ e as publicações de Gündoğdu et al.(2016), Skrovankova et al. (2015), Pantelidis et al. (2007), relatam teores variando entre 5 a 30 mg 100g⁻¹ fruta fresca podendo chegar a 103,3 mg 100g⁻¹.

A diferença entre os teores relatados nos estudos acima e os teores significativamente mais elevados deste estudo, podem também estar correlacionados a forma de quantificação da vitamina C, pois alguns métodos quantificam somente a forma mais ativa, o ácido L-ascórbico (AA), e não mensuram as outras formas químicas de compostos, isômeros e formas oxidadas.

A cultivar que teve destaque foi Tupy com 68,18 a 75,00 mg 100g⁻¹ nas safras 2016/2017 e 2017/2018, respectivamente, embora na primeira safra não tenha se diferenciado das cultivares Chickasaw e Navaho e do híbrido Boysenberry. Observa-se também que na safra 2017/2018, as concentrações de ácido ascórbico foram superiores à safra anterior para todos os genótipos, o que pode ser explicado, por uma ocorrência de estresse durante a maturação dos frutos como, por exemplo, temperaturas mais elevadas.

Com relação à acidez dos frutos, independente das safras, a cultivar Arapaho foi a que apresentou menor acidez e maior pH (Tabela 3), o que possivelmente ocorreu em função da sua menor concentração de ácidos orgânicos, a exemplo do ácido ascórbico em que esta cultivar apresentou valores bastante reduzidos nas duas safras. Para as demais cultivares e híbridos, não houve diferença significativa para acidez em ambas as safras, embora, para a variável pH tenha sido possível observar grande variação entre as cultivares, mas sempre mantendo os padrões observados nas duas safras estudadas.

A acidez encontrada nos frutos é de extrema importância na indústria, pois ela desfavorece a manifestação de microrganismos e, conseqüentemente, confere maior tempo de conservação do produto (NEGREIROS et al., 2008). Em especial, a amora-preta, pela sua alta perecibilidade e limitação no consumo *in natura*, apresenta forte tendência a industrialização (MOTA, 2006), o que releva ainda mais a importância da acidez deste fruto.

Em comparação a outros estudos com a mesma frutífera, no geral, os resultados encontrados para pH e acidez destas cultivares foram favoráveis ao cultivo no oeste paranaense, com frutos de menor acidez e pH superior aos verificados por Hirsch et al. (2012), com diferentes cultivares na região de Pelotas (RS), e também acidez inferior a cultivar Tupy igualmente cultivada em Marechal Cândido Rondon (PR), sob diferentes regimes de poda (CAMPAGNOLO; PIO, 2012). Em comparação a outros frutos de agregado valor nutritivo, a amora-preta se equipara em sua acidez e pH à acerola e ao doviális, o que possibilita seu consumo tanto *in natura* quanto na forma processada (FREITAS et al., 2006; ROTILI et al., 2018).

O teor de sólidos solúveis das amoras-pretas, que é um indicativo do teor de açúcares, variou entre 7,56 e 9,86 °Brix para as cultivares Chickasaw e Tupy,

respectivamente, na 1ª safra e de 9,12 a 10,54 °Brix para as cultivares Chickasaw e o híbrido Olallie na safra subsequente (Tabela 3). Essa variação de valores pode ser atribuída às características de cada cultivar, aliadas as condições climáticas do local de cultivo. Apesar da variação entre as cultivares apresentadas, os valores encontrados foram maiores que os reportados por outros autores para as mesmas cultivares, como no estudo de Hassimoto et al. (2008) que citam 6,9 °Brix para a cultivar Tupy; Curi et al. (2015) com média de 8,6 e 8,3 °Brix para as cultivares Tupy e Arapaho; e Moura et al. (2012) com 7,9 e 8,7 °Brix para Boysenberry cultivados em duas localidades distintas. O único relato de maior teor de sólidos solúveis ocorreu para o híbrido Olallie, cultivado em Oregon, em que os frutos tiveram 13,8 e 16,8 °Brix em duas safras subsequentes nos anos de 2007 e 2008 (DU et al., 2010).

Os sólidos solúveis presentes nos frutos são um parâmetro importante principalmente quando estes destinam-se ao processamento, pois um elevado teor de sólidos solúveis garante maior rendimento e menor custo de produção e por representarem o teor de açúcares contrabalanceiam a acidez dos vegetais (COSTA et al., 2004). Embora SS e AT sejam parâmetros avaliados isoladamente, ambos devem ser analisados em conjunto, pois o sabor dos frutos é dado pela relação SS/AT (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Devido à acidez reduzida verificada em todas as cultivares e híbridos, altas relações SS/AT foram verificadas, com destaque para Arapaho e Tupy que obtiveram índices acima de 30. Com base na alta relação SS/AT Curi et al. (2015) fazem indicações das cultivares Caiguangue e Cherokee para o consumo *in natura*, por terem apresentado 14 e 8,1 °Brix em média. Sendo assim, todas as cultivares deste estudo podem ser consumidas *in natura* com boa aceitação ou processadas com sucesso por apresentarem relação SS/AT mínima de 19,8.

Dentre os fitoquímicos presentes em frutos de amoreira-preta, os compostos fenólicos merecem destaque, devido à sua atividade antioxidante (JACQUES; ZAMBIAZI, 2011). Os altos teores de compostos fenólicos totais encontrados em amora-preta no presente estudo podem ser considerados superiores, embora tenham se assemelhado aos valores encontrados por Jacques et al. (2010) que verificaram a ocorrência de 1490,05 a 1938,54 mg de ácido gálico 100 g⁻¹ de fruta para mesma espécie,

na cultivar Tupy (Tabela 4).

Devido a grande importância dos compostos fenólicos para a saúde, estes têm sido quantificados em diversos estudos com amora-preta e outras frutíferas. A exemplo disso, Ferreira et al. (2010) e Celant et al. (2016) citam 241,7 e 14,98 mg de ácido gálico 100 g^{-1} de fruta, ambos inferiores a este estudo, que teve como mínima quantidade de compostos fenólicos totais 810,48 mg EAG 100 mL^{-1} . Esta variabilidade no conteúdo de fenóis está relacionada à diferença de metodologias empregadas na extração da amostra para a determinação dos fenóis totais, pela diferença de safra, clima ou pela localização das plantas (JACQUES; ZAMBIAZI, 2011).

A amora-preta é um fruto com alta concentração de compostos fenólicos, dando a ela posição de destaque entre o grupo dos pequenos frutos, tipicamente conhecidos por suas altas concentrações de compostos bioativos (FERREIRA et al., 2010). Tal afirmação pode ser comprovado, em uma rápida comparação dos valores obtidos, confrontados com os estudos de Rodrigues et al. (2011) que relatam a presença de 274,48 a 694,60 mg GAE. 100 g^{-1} em cultivares de mirtilo; Aaby et al. (2012) que descrevem de 57 a 133 mg GAE. 100 g^{-1} em cultivares de morangos e Silva et al. (2016) que encontraram variação de 78,91 a 112,37 mg GAE. 100 g^{-1} em diferentes espécies de fisális.

As antocianinas são pigmentos que conferem coloração que varia entre laranja, vermelho e azul e atuam como antioxidantes naturais, promovendo vários benefícios à saúde humana (MARO et al., 2014). Antocianinas considerada os principais pigmentos da amora-preta que propiciam uma coloração atraente para a fabricação de produtos lácteos, geleias e xaropes (ACOSTA-MONTOYA, 2010).

O híbrido Boysenberry em ambas as safras apresentou os maiores teores de antocianinas, com 5,11 e 5,08 mg Ci-3-Gly g^{-1} , seguido pelo híbrido Olallie (Tabela 4), o que desperta interesse comercial do consumidor para esses genótipos, levando em consideração o potencial nutracêutico. Existe uma escassa literatura com informações a respeito do híbrido Olallie, no que tange os aspectos fitoquímicos, no entanto para o híbrido Boysenberry do qual pode se encontrar inclusive variações genéticas, a literatura corrente comprova a elevada concentração de antocianinas nessa fruta, com medias de 135,5 a 467,9 mg. 100 g^{-1} de antocianinas totais (RYU et al., 2017).

O teor de antocianinas pode variar significativamente entre cultivares, conferindo características específicas a cada genótipo (DU et al., 2010). Existe uma série de fatores capazes de influenciar a concentração de antocianinas em frutos, entre os principais estão a luz, temperatura, copigmentação intermolecular, presença de metais e o pH do tecido vegetal (LOPES et al., 2007), este último, atuando fortemente na concentração de antocianinas nas cultivares e híbridos, pois, segundo Mazza e Brouillard (1987), frutos com menor pH, tendem a apresentar maior intensidade de coloração vermelha, o que pode ser observado nos híbridos Boysenberry e Olallie, justamente os genótipos com menor pH (Tabela 3).

Em relação aos açúcares presentes em frutos de amora-preta, Souza et al. (2017) afirmam que os açúcares redutores são os principais açúcares desses frutos, devido a baixa concentração de sacarose dos mesmos. As cultivares com maiores concentrações de açúcares redutores foram Arapaho e Chickasaw, apesar desta última não ter diferido estatisticamente da cultivar Navaho (Tabela 4).

Além dos fatores genéticos, a relação entre as variáveis físico-químicas ajuda na compreensão dos resultados. A alta concentração de açúcares redutores na cultivar Arapaho, juntamente com os baixos teores de ácido ascórbico, decresce a acidez titulável e elevam o pH (Tabela 3) resultando em frutos mais adocicados. Corroborando a afirmação anterior, Kafkas et al. (2006) afirmam que os açúcares redutores são responsáveis pela doçura e, ainda, são um fator importante para os processos fisiológicos, os quais determinam a qualidade do fruto.

Os teores de umidade, matéria seca, lipídios proteínas e fibras dos frutos estão dispostos na Tabela 5. Os frutos de amora-preta apresentaram conteúdo de água não significativo entre as cultivares. Os valores para esta característica são semelhantes aos encontrados por Hirsh et al. (2012), estudando diferentes genótipos de amoreira-preta, em que os resultados variaram de 84,8 a 90,3 g 100 g⁻¹ na ‘Seleção 02/96’ e na cultivar ‘Cherokee’, respectivamente.

Os teores de água nos frutos de amora-preta podem ser considerados altos. Apesar da não ocorrência da variação entre as cultivares e híbridos, Amoedo e Muradian (2002) citam a importância do teor de umidade relatando que este parâmetro serve como indicador da qualidade do produto, uma vez que apresenta influência direta no

armazenamento. Garcia et al. (2014), afirmam ainda que a água presente nos alimentos afeta sua qualidade por influenciar o crescimento dos microrganismos, mediar as reações química e bioquímicas, transportar nutrientes para dentro das células e auxiliar na excreção do metabolismo celular.

Os valores de matéria seca não apresentaram diferenças estatísticas entre as cultivares e híbridos variando entre 16,91 e 20,40 g 100 g⁻¹ de biomassa seca (Tabela 5). De acordo com Palmer et al. (2010) e Crisoto et al. (2011), o peso seco pode ser considerado um parâmetro de qualidade para frutos, pois correlaciona-se de forma positiva com o teor de sólidos solúveis e acidez titulável, frutos colhidos com maior matéria seca são preferidos pelos consumidores finais. Os resultados para este parâmetro estão em concordância com os teores de umidade dos frutos com o qual relacionam-se diretamente, pois para este parâmetro também não se observou diferença significativa e juntamente com ele são responsáveis pela totalidade da biomassa do fruto.

O teor de lipídeos encontrados para cultivares e híbridos de amora-preta foram baixos, variando entre 2,59 e 4,59 g 100g⁻¹ para Arapaho e Chickasaw (Tabela 5). Apesar das frutas em geral não possuírem alto teor de lipídeos (STORCK et al., 2013), o que corrobora o presente resultado, os valores encontrados neste estudo mostram que as cultivares e híbridos obtiveram concentrações lipídicas acima do relatado para esta fruta por Souza et al. (2015) e Hirsch et al. (2012). Além do teor de lipídeos superior a outros relatos com frutos de amora-preta, cultivados em regiões de clima subtropical, as cultivares e híbridos destacaram-se ainda por conter mais lipídeos que outras espécies pertencentes ao grupo dos pequenos frutos, como framboesa, morango, cereja e mirtilo (SOUZA et al., 2014).

Em relação ao teor de proteínas, os frutos de amora-preta estudados também foram superiores aos valores descritos por Borsatti et al. (2015), estudando indução de resistência com ácido salicílico Souza et al. (2015), averiguando a influência do estágio de maturação sobre a da caracterização bromatológica dos frutos. Confirmando essa superioridade, principalmente nos dois genótipos híbridos, o teor de proteínas, encontrados nos frutos representa de 17,14 a 19,78 % da IDR diária de uma pessoa adulta, ao passo que Zia-Ul-Haq et al. (2014) descrevem frutos em que a porcentagem de frutos encontrados corresponde apenas a 2 % da IDR recomendada.

A quantidade de fibra também foi significativamente diferente entre as cultivares e híbridos, com maior valor (7,23 g 100 g⁻¹) encontrado para a cultivar Tupy e menor concentração na cultivar Arapaho (4,33 g 100 g⁻¹) (Tabela 5). As fibras alimentares são componentes de alimentos convencionais e, quando possível, devem fazer parte da alimentação diária, pois, um consumo adequado de fibras correlaciona-se diretamente a redução do risco de uma série de doenças (ARAÚJO et al., 2009; BERNAUD; RODRIGUES, 2013).

Alto teor de fibras em amora-preta, na faixa de 4%, além de beneficiar a saúde pelo consumo do fruto in natura, possibilita o desenvolvimento de novos produtos a base de amora-preta igualmente nutracêuticos, como por exemplo, a farinha desse fruto (CASARIN et al., 2016). Desse modo, todos as cultivares e híbridos estudados podem ser indicados para processamento considerando o alto teor de fibras encontrado.

As frutas são consideradas as principais fontes de minerais necessários na dieta humana (HARDISSON et al., 2001), por isso devem ser obtidas naturalmente por meio da ingestão tanto in natura como processadas. Dentre os minerais, encontram-se os macronutrientes nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S) (Tabela 6) e os micronutrientes boro (B), cobre (Cu), manganês (Mn), zinco (Zn) e ferro (Fe) (Tabela 7).

Entre os macronutrientes, diferenças significativas foram observadas para os teores de fósforo, potássio e cálcio, enquanto que para o nitrogênio, magnésio e enxofre essa diferença não ocorreu (Tabela 6).

O nitrogênio destaca-se como um dos nutrientes mais significativos em frutos, pois tem função estrutural e faz parte de diferentes compostos orgânicos como aminoácidos e proteínas além de estar presente em bases nitrogenadas e ácidos nucleicos, desempenhando múltiplas funções, na coloração da epiderme, no teor dos sólidos solúveis, na firmeza da polpa e no tamanho dos frutos (SOUZA et al., 2011; PARIDA; DAS, 2005). Apesar da não observância de diferença significativa para este nutriente, em cultivares e híbridos de amora-preta, de modo semelhante ao observado por Souza et al. (2015) em frutos de diferentes estádios de maturação, Maro et al. (2013) relatam tal variação em cultivares de framboesas.

O fósforo (P) e o cálcio (Ca) destacaram-se na cultivar Tupy, enquanto que a concentração do potássio (K) foi maior entre os híbridos (Tabela 6). O fósforo, em frutos, está associado ao seu tamanho e qualidades superiores (DIAS et al., 2001), o que pode correlacionar-se ao maior calibre de frutos das cultivares Chickasaw, Tupy e, ainda, ao híbrido Boysenberry, que não apresenta dimensões tão acentuadas em função da sua carga genética híbrida com framboeseiras.

O cálcio desempenha um importante papel na resistência da parede celular (TAIZ; ZIEGER, 2013). O potássio afeta atributos como cor, tamanho, acidez, valor nutritivo e resistência ao transporte, manuseio e armazenamento, sendo considerado um nutriente muito relacionado com a qualidade (MALAVOLTA, 2006). A concentração desses dois macroatomtos em frutos de amora-preta é extremamente importante, pois este fruto é caracterizado por elevada fragilidade, perecibilidade e reduzido tempo de vida de prateleira e, tem como principal atrativo sua coloração forte devido alta concentração de compostos bioativos.

O magnésio e o enxofre embora não tenham apresentado diferença significativa entre as cultivares e híbridos podem ser ressaltados por fazer parte da riqueza nutricional dos frutos, e por sua importância no desenvolvimento e formação dos mesmos, pois exercem funções como reações intracelulares, incluindo a produção e consumo de energia, além das reações enzimáticas, como a fosforilação da glicose para o magnésio (NELSON; COX, 2002) e atuação juntamente ao N, da absorção iônica aos papéis do RNA e DNA, no controle hormonal e na composição de aminoácidos para o enxofre (MALAVOLTA, 2006; MARSCHENNER, 2012; BASTOS et al., 2013). Ressalta-se ainda que amoreiras-pretas pertencem as Rosáceas, família botânica caracterizada pela baixa necessidade de enxofre (SILVA et al., 2013).

Entre os micronutrientes quantificados, houve diferença significativa no teor de cada um deles entre as cultivares e híbridos, exceto para o ferro (Fe). Para os níveis de boro no fruto somente a cultivar Chickasaw mostrou-se inferior as demais, com 5,32 mg kg⁻¹ deste elemento (Tabela 7). O boro é um micronutriente aniônico essencial requisitado pela planta, em pequenas quantidades; não faz parte de nenhum composto estrutural da planta mas sim de enzimas ou atuando como seu ativador, tendo grande importância no metabolismo do nitrogênio nas atividades hormonais, no metabolismo e

transporte de carboidratos e na estrutura de polissacarídeos.

Assim, sua deficiência pode prejudicar sua frutificação e resultar em frutas malformadas de baixo valor comercial. A quantidade nutricional adequada deste nutriente fornece resistência à parede celular resultando em frutos mais resistentes ao transporte e maior período para comercialização (QUEIROGA et al., 2013; PALHA, 2005; TAIZ; ZEIGER, 2013; DECHEN; NACHTIGALL, 2006; LEMISKA et al., 2014).

O zinco (Zn) faz parte da composição de inúmeras enzimas além de manter a integridade estrutural da membrana celular. A maioria das enzimas que possuem zinco, estão relacionadas aos ácidos nucleicos. A deficiência de zinco também compromete a fixação de carbono (HANSCH; MENDEL, 2009), e conseqüentemente o crescimento de frutos. Assim como o boro, a concentração de zinco nos frutos de amoreira-preta variou de 8,78 a 18,80 mg kg⁻¹ (Tabela 7), todavia está em conformidade com os valores encontrados por Souza et al. (2015), que foi de 16,60 mg kg⁻¹; superiores a quantidade de 5,3 mg kg⁻¹ descrita por Kaume et al. (2012); e inferiores ao reportado por Guedes et al. (2013), que citam variações entre 16 e 31 mg kg⁻¹ em diferentes cultivares.

Os demais micronutrientes avaliados como cobre, manganês e ferro correlacionam-se principalmente as funções enzimáticas e desempenham também funções estruturais participando de importantes processos como a fotossíntese e a regulação hormonal. De modo particular, em frutos, o cobre atua no metabolismo de compostos secundários, no crescimento e maturação uniforme. O ferro está ligado à respiração, à assimilação de nitrogênio e enxofre, síntese de lignina e suberina e, o manganês participa da síntese de carboidratos, lipídeos, proteínas e compostos secundários (MALAVOLTA, 2006).

Em relação ao teor de cobre, a cultivar Tupy apresentou frutos com 13,54 mg kg⁻¹ destoando amplamente das demais cultivares, em que a concentração deste elemento correspondeu a quase o dobro do teor da segunda cultivar mais rica em cobre, que foi de 8,35 mg kg⁻¹ e, quase três vezes o valor de cobre encontrado no híbrido Olallie 5,23 mg kg⁻¹ que foi o genótipo com menor teor deste elemento. Quanto ao manganês, a presença desse elemento nos frutos é superior a todos os demais micronutrientes. A cultivar Chickasaw destaca-se por apresentar a maior concentração de ferro e menor

acúmulo de manganês (Tabela 7).

Este estudo corrobora Guedes et al. (2013), o qual também verificaram variação significativa nos teores de manganês e cobre entre diversas cultivares de amora-preta, embora o teor de ferro também tenha apresentado variação de acordo com esses autores. O teor de cobre, manganês e ferro relatados variaram entre 0,5 e 1,3; 4,6 e 11,7 e 10,2 e 47 mg kg⁻¹, respectivamente, contra 5,23 a 13,54; 44,01 a 78,02 e 31,22 a 50,78 mg kg⁻¹ no presente estudo para os mesmos minerais, demonstrando uma maior riqueza nutricional dos frutos produzidos no oeste paranaense.

Considerando que os tratos culturais foram iguais para todas as cultivares e híbridos, a variação nos teores dos minerais pode ser atribuída as características intrínsecas de cada genótipo. Ressalta-se ainda que os teores de minerais em frutos são muito dependentes do solo, da fertilidade, das condições climáticas e cultivares (NOUR et al., 2011), o que torna compreensível a oscilação no conteúdo de minerais quando comparado a outros estudos.

Os resultados encontrados no presente estudo com as cultivares de amora-preta Tupy, Arapaho, Chickasaw e Navaho e os híbridos Boysenberry e Olallie cultivados na região oeste do Paraná foram promissores por revelar uma alta concentração de compostos benéficos à saúde, porém estudos futuros e mais abrangentes devem ser realizados englobando outras características físico-químicas, bromatológicas e tratos culturais que permitam a obtenção de frutos com qualidade cada vez maior, para consumo in natura e/ou processamento.

Conclusões

Os híbridos são mais perecíveis por apresentarem maior taxa respiratória e também apresentam maior teor de proteínas.

Existe variação na coloração entre as cultivares e híbridos estudados.

Híbridos e cultivares de amoreira-preta possuem alto teor de ácido ascórbico e fibras, com destaque para a cultivar Tupy.

Maior pH é verificado nas cultivares Tupy e Arapaho. A cultivar Arapaho tem frutos menos ácidos, maior teor de sólidos solúveis (SS), relação SS/acidez total e teor de açúcares redutores.

Frutos de amora-preta são uma rica fonte de compostos bioativos, com a cv. Chickasaw obtendo maior teor de compostos fenólicos totais e o híbrido Boysenberry maior quantidade de antocianinas. Também na cultivar Chickasaw encontra-se maior teor de lipídios.

Não existe diferença no teor de umidade, biomassa seca e firmeza dos frutos entre as cultivares e híbridos.

Referências

AABY, K.; MAZUR, S.; NES, A.; SKREDE, G. Phenolic compounds in strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) fruits: composition in 27 cultivars and changes during ripening. **Food Chemistry**, Amsterdam, v.132, n.1, p.86-97, 2012.

ACOSTA-MONTOYA, O.; VAILLANT, F.; COZZANO, S.; MERTZ, C.; PÉREZ, A. M.; CASTRO, M. V. Phenolic content and antioxidant capacity of tropical highland blackberry (*Rubus adenotrichus* Schldl.) during three edible maturity stages. **Food Chemistry**, Amsterdam, v.119, n.4, p.1497-1501, 2010.

AMOEDO, L. H. G.; MURADIAN, L. B. A. Comparação de metodologias para determinação e umidade em geleia real. **Química Nova**, São Paulo, v.25, n.4, p.676-679, 2002.

ANTONIOLLI, L. R.; SILVA, G. A.; ALVES, S. A. M.; MORO, L. Controle alternativo de podridões pós-colheita de framboesas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.46, n.9, p.979-984, 2011.

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.; GONÇALVES, E. D.; TREVISAN, R. Fenologia e produção de cultivares de amoreira-preta em sistema agroecológico. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, p. 1929-1933, 2010.

ARAÚJO, E. M.; MENEZES, H. C; TOMAZINI, J. M. Fibras solúveis e insolúveis de verduras, tubérculos e canela para uso em nutrição clínica. **Ciência & Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.29, n.2, p.401-406, 2009.

BASTOS, A. R. R.; CARVALHO, J. G.; ALVARENGA, M. A. R. Nutrição mineral e adubação. In: ALVARENGA, M. A. R. **Tomate: produção em campo, em casa-de-vegetação e hidropônica**. Lavas: UFLA, 2013. p.61-120.

BENASSI, M. T.; ANTUNES, A. J. A comparison of metaphosphoric and oxalic acids as extractant solutions for the determination of vitamin C in selected vegetables. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v.31, n.4, p.507-513, 1988.

BERNAUD, F. S. R.; RODRIGUES, T. C. Fibra alimentar - Ingestão adequada e efeitos sobre a saúde do metabolismo. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia**, São Paulo, v.57, n.6, p.397-405, 2013.

BORSATTI, F. C.; MAZARO, S. M.; DANNER, M. A.; NAVA, G. A.; DALACOSTA, N. L. Indução de resistência e qualidade pós-colheita de amora-preta tratada com ácido salicílico. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.37, n.2, p.318-326, 2015.

CAMPAGNOLO, M. A.; PIO, R.; Poda drástica para a produção da amora-preta em regiões subtropicais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.47, n.7, p.934-938, 2012.

CASARIN, F.; MENDES, C. E.; LOPES, T. J.; MOURA, N. F. Planejamento experimental do processo de secagem da amora-preta (*Rubus* sp.) para a produção de farinha enriquecida com compostos bioativos. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v.19, e2016025, 2016.

CELANT, V. M.; BRAGA, G. C.; VORPAGEL, J. A.; SALIBE, A. B.; Phenolic composition and antioxidant capacity of aqueous and ethanolic extracts of blackberries. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.38, n.2, e-411, 2016.

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

CIE. COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ÉCLAIRAGE. **Colorimetry**. 2 ed. Viena: Central Bureau of CIE, 1986.

COSTA, W. S.; SUASSUNA FILHO, J.; MATA, M. E. R. M. C.; QUEIROZ, A. J. M. Influência da concentração de sólidos solúveis totais no sinal fotoacústico de polpa de manga. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.6, n.2, p.141-147, 2004.

CRISOSTO, C. H.; ZEGBE, J.; HASEY, J.; CRISOSTO, G. M.; Is dry matter a reliable quality index for 'Hayward' Kiwifruit? **Acta Horticulturae**, Leuven, v.913, p.531-534, 2011.

CURI, P. N.; PIO, R.; MOURA, P. H. A.; LIMA, L. C. O. VALLE, M. H. R. Qualidade de framboesas sem cobertura ou cobertas sobre o dossel e em diferentes espaçamentos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.36, n.1, p.199-205, 2014.

CURI, P. N.; PIO, R.; MOURA, P. H. A.; TADEU, M. H.; NOGUEIRA, P. V.; PASQUAL, M. Produção de amora-preta e amora-vermelha em Lavras - MG. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.45, p.1368-1374, 2015.

DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. Micronutrientes. In: FERNANDES, S. F. **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. cap.8, p.328-352.

DIAS, R. C. S.; RESENDE, D. M.; COSTA, N. D. **Cultura da melancia**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2001. 20p. Circular Técnica, 63.

DU, X.; FINN, C.; QIAN, M. C. Distribution of volatile composition in 'Marion' (*Rubus* species hyb.) blackberry pedigree. **Journal of Agricultural of Food Chemistry**, Washington, v.58, p.1860-1869, 2010.

FERREIRA, D. S.; ROSSO, V. V.; MERCADANTE, A. Z. Compostos bioativos presentes em amora-preta (*Rubus spp.*). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.32, n.3, p.664-674, 2010.

FERREIRA, D. F. SISVAR: A computer statistical analysis system. **Ciência & Agrotecnologia**, Lavras, v.35, p.1039-1042, 2011.

FREITAS, C. A. S.; MAIA, G. A.; COSTA, J. M. C.; FIGUEIREDO, R. W.; SOUSA, H. M. Acerola: production, composition, nutritional aspects and products. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.12, n.4, p.395-400, 2006.

GARCIA, L. G. C.; VENDRUSCOLO, F.; SILVA, F. A. Determinação do teor de água em farinhas por micro-ondas. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.16, n.1, p.17-25, 2014.

GEORGÉ, S.; BRAT, P.; ALTER, P.; AMIOT, M. J. Rapid determination of polyphenols and vitamin C in plant derived products. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v.53, n.5, p.1370-1373, 2005.

GONÇALVES, E. D.; PIMENTEL, R. M. A.; LIMA, L. C. O.; CASTRICINI, A.; ZAMBON, C. R.; ANTUNES, L. E. C.; TREVISAN, R. Manutenção da qualidade pós-colheita das pequenas frutas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.33, n.268, p.89-95, 2012.

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.

GUEDES, M. N. S.; MARO, L. A. C.; ABREU, C. M. P.; PIO, R.; PATTO, L. S. Composição química, compostos bioativos e dissimilaridade genética entre cultivares

de amoreira (*Rubus* spp.) cultivadas no Sul de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.36, n.1, p.206-213, 2014.

GÜNDOĞDU, M.; KAN, T.; CANAN, I. Bioactive and antioxidant characteristics of blackberry cultivars from East Anatolia. **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**, Ankara, v.40, n.3, p.344-351, 2016.

HANSCH, R.; MENDEL, R. R. Physiological functions of mineral micronutrients (Cu, Zn, Mn, Fe, Ni, Mo, B, Cl). **Current Opinion in Plant Biology**, Amsterdam, v.12, n.3, p.259-266, 2009.

HARDISSON, A.; RUBIO, C.; BAEZ, A.; MARTIN, M.; ALVAREZ, R.; DIAZ, E. Mineral composition of the banana (*Musa acuminata*) from the island of Tenerife. **Food Chemistry**, Amsterdam, v.73, n.2, p.153-161, 2001.

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 dos Alimentos**, Campinas, v.28, n.3, p.702-708, 2008.

HIRSH, 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, 2012.

HORWITZ, W.; LATIMER, G. W. **Official methods of analysis**. 18 ed. Gaithersburg: AOAC International, 2005.

IAL. INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. 1020p.

JACQUES, A. C.; PERTUZATTI, P. B.; BARCIA, M. T.; ZAMBIAZI, R. T.; CHIM, J. F. Estabilidade de compostos bioativos em polpa congelada de amora-preta (*Rubus fruticosus*) cv. Tupy. **Química Nova**, São Paulo, v.33, n.8, p.1720-1725, 2010.

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

KAFKAS, E.; KOSAR, M.; TÜREMIS, N.; BASER, K. H. C. Analysis of sugars, organic acids and vitamin C contents of blackberry genotypes from Turkey. **Food Chemistry**, Amsterdam, v.97, n.4, p.732-736, 2006.

KAUME, L.; HOWARD, L. R.; DEVAREDDY, L. The blackberry fruit: a review on its composition and chemistry, metabolism and bioavailability, and health benefits. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v.60, n.23, p.5716-5727, 2012.

LEE, J.; DURST, R. W.; WROLSTAD, R. E. Determination of total monomeric anthocyanin pigment content of fruit juices, beverages, natural colorants, and wines by the pH differential method: Collaborative study. **Journal AOAC International**, Gaithersburg, v.88, n.5, p.1269-1278, 2005.

LEFÈVRE, I.; ZIEBELA, J.; GUIGNARD, C.; SOROKIN, A.; TIKHONOV, O.; DOLGANOV, N.; HOFFMANN, L.; EYZAGUIRREC, P.; HAUSMAN, J. F. Evaluation and comparison of nutritional quality and bioactive compounds of berry fruits from *Lonicera caerulea*, *Ribes L.* species and *Rubus idaeus* grown in Russia. **Journal of Berry Research**, Amsterdam, v.1, p.159-167, 2011.

LEMISKA, A.; PAULETTI, V.; CUQUEL, F.L.; ZAWADNEAK, M. A. C. Produção e qualidade da fruta do morangueiro sob influência da aplicação de boro. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.44, n.4, p.622-628, 2014.

LOPES, T. J.; XAVIER, M. F.; QUADRI, M. G. N.; QUADRI, M. B. Antocianinas: uma breve revisão das características estruturais e da estabilidade. **Revista Brasileira Agrociência**, Pelotas, v.13, n.3, p.291-297, 2007.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, Brasil, 2006. 638p.

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

MARO, L. A. C.; PIO, R.; GUEDES, M. N. S.; ABREU, C. M. P.; CURI, P. N. Bioactive compounds, antioxidant activity and mineral composition of fruits of raspberry cultivars grown in subtropical areas in Brazil. **Fruits**, Paris, v.68, n.3, p.209-217, 2013.

MARO, L. A. C.; PIO, R.; GUEDES, M. N. S.; ABREU, C. M. P.; MOURA, P. H. A. Environmental and genetic variation in the post-harvest quality of raspberries in subtropical areas in Brazil. **Acta Scientiarum**, Agronomy, Maringá, v.36, n.3, p.323-328, 2014.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 3.ed London: Elsevier, 2012, 643p.

MAZZA, G.; BROUILLARD, R. Recent developments in the stabilization of anthocyanins in food products. **Food Chemistry**, Amsterdam, v.25, n.3, p.207-225, 1987.

MONTOYA, O.; VAILLANT, F.; COZZANO, S.; MERTZ, C.; PÉREZ, A. M.; CASTRO, M. V. Phenolic content and antioxidant capacity of tropical highland blackberry (*Rubus adenotrichus* Schltdl.) during three edible maturity stages. **Food Chemistry**, Amsterdam, v.119, n.4, p.1.497-1.501, 2010.

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.

MOURA, P. H. A.; CAMPAGNOLO, M. A.; PIO, R.; CURI, P. N.; ASSIS, C. N.; SILVA, T. C. Fenologia e produção de cultivares de framboeseiras em regiões subtropicais no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, p. 1714-1721, 2012.

NEGREIROS, J. R. S.; ARAÚJO NETO, S. E.; ÁLVARES, V. S.; LIMA, V. A. L.; OLIVEIRA, T. K. Caracterização de frutos de progênes de meios-irmãos de maracujazeiro-amarelo em Rio Branco - Acre. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.30, n.2, p.431-437, 2008.

NELSON, D. L.; COX, M. M. **Lehninger princípios de bioquímica**. 3. ed. São Paulo: Sarvier, 2002. 233p.

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

PALHA, M. G. **Manual do morangueiro**. Barradois: Atelier Gráfica, 2005. 128p.

PALMER, J. W.; HARKER, F. R.; TUSTINC, D. S.; JOHNSTONB, J.; Fruit dry matter concentration: a new quality metric for apples. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Medford, v.90, n.15, p.2586-2594, 2010.

PANTELIDIS, G. E.; VASILAKAKIS, M.; MANGANARIS, G. A.; DIAMANDIDIS, G. R. Antioxidant capacity, phenol, anthocyanin and ascorbic acid contents in raspberries, blackberries, red currants, gooseberries and cornelian cherries. **Food Chemistry**, Amsterdam, v.102, n.3, p.777-783, 2007.

PARIDA, A. K.; DAS, A. B. Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, Amsterdam, v.60, n.3, p.324-349, 2005.

QUEIROGA, F. M.; NOVO JUNIOR, J.; COSTA, S. A. D.; OLIVEIRA FILHO, F. S.; PEREIRA, F. H. F.; MARACAJA, P. B. Produção e qualidade de frutos de melão Harper em função de doses de boro. **Agropecuária Científica no Semiárido**, Campina Grande, v.9, n.3, p.87-93, 2013.

ROCHA, D. A.; ABREU, C. M. P.; CORRÊA, A. D.; SANTOS, C. D.; FONSECA, E. W. N. Análise comparativa de nutrientes funcionais em morangos de diferentes cultivares da região de Lavras/MG. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.30, n.4, p.1124-1128, 2008.

RODRIGUES, E.; POERNER, N.; ROCKENBACH, I. I.; GONZAGA, L. V.; MENDES, C. R., FETT, R. Phenolic compounds and antioxidant activity of blueberry cultivars grown in Brazil. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.31, n.4, p.911-917, 2011.

ROTILI, M. C. C.; BRAGA, G. C.; VILLA, F.; FRANÇA, D. L. B.; ROSANELLI, S.; URBANSKI, J. C. L.; SILVA, D. F. Bioactive compounds, antioxidant and physico-chemical characteristics of the dovyális fruit. **Acta Scientiarum**, Agronomy, v.40, n.3, p.230-238, 2018.

RYU, J.; KWON, S. J.; JO, Y. D.; CHOI, H. I.; KANG, K. Y.; NAM, B.; KIM, D. G. K.; JIN, C. H.; KIM, J. B.; KIM, E. Y.; OH, S. C.; HA, B. K.; KANG, S. Y. Fruit quality and chemical contents of hybrid Boysenberry (*Rubus ursinus*) lines developed by hybridization and gamma irradiation. **Plant Breeding and Biotechnology**, Suwon, v.5, n.3, p.228-236, 2017.

SCHAKER, P. D. C.; ANTONIOLLI, L. R. Aspectos econômicos e tecnológicos em pós-colheita de amoras-pretas (*Rubus* spp). **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.15, n.1, p.11-15, 2009.

SILVA, D. F.; PIO, R.; SOARES, J. R. D.; ELIAS, H. H. S; VILLA, F.; VILAS BOAS, E. V. B. Light spectrum on the quality of fruits of physalis species in subtropical area, **Bragantia**, Campinas, v.75, n.3, p.371-376, 2016.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos** 3.ed. Viçosa: UFV, 2002. 235p.

SILVA, M. L. S.; PICCOLO, M. C.; TREVIZAM, A. R. Gypsum as a source of sulfur for strawberry crops. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.34, n.4, p.1683-1694, 2013.

SKROVANKOVA, S.; SUMCZYNSKI, D.; MLCEK, J.; JURIKOVA, T.; SOCHOR, J. Bioactive compounds and antioxidant activity in different types of berries. **International Journal of Molecular Sciences**, Basileia, v.16, n.10, p.24673-706, 2015.

SOUZA, A. V.; RODRIGUES, R. J.; GOMES, E. P.; GOMES, G. P.; VIEITES, R. L. Caracterização bromatológicas de frutos e geleias de amora-preta. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.37, n.1, p.13-19, 2015.

SOUZA, A. V.; VIEITES, R. L.; VIEIRA, M. R. S. Avaliação pós-colheita dos frutos e geleia de amora-preta ao longo do período de armazenamento refrigerado. **Revista Iberoamericana de Tecnologia Postcosecha**, Hermosillo, v.18, n.1, p.23-32, 2017.

SOUZA, E. L.; ARGENTA L. C.; SOUZA, A. L. K.; PEREIRA GARDIN, J. P.; NUNES, E. O.; ROMBALDI, C. V. Produtividade e qualidade de caqui na colheita e

após armazenamento refrigerado com aplicação de diferentes doses de nitrogênio no solo. **Evidência**, Joaçaba, v.11, n.1, p.19-32, 2011.

SOUZA, V. R.; PEREIRA, P. P. A.; SILVA, T. L. T.; LIMA, L. C. O.; PIO, R.; QUEIROZ, F. Determination of the bioactive compounds, antioxidant activity and chemical composition of Brazilian blackberry, red raspberry, strawberry, blueberry and sweet cherry fruits. **Food Chemistry**, Amsterdam, v.156, n.1, p.362-368, 2014.

STORCK, C. R.; NUNES, G. L.; OLIVEIRA, B. B.; BASSO, C. Folhas, talos, cascas e sementes de vegetais: composição nutricional, aproveitamento na alimentação e análise sensorial de preparações. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.43, n.3, p.537-543, 2013.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 719p.

VIEITES, R. L.; DAIUTO, E. R.; FUMES, J. G. F. Capacidade antioxidante e qualidade pós-colheita de abacate 'fuerte'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.34, n.2, p.336-348, 2012.

ZHU, S.; SUN, L.; LIU, M.; ZHOU, J. Effect of nitric oxide on reactive oxygen species and antioxidant enzymes in kiwi fruit during storage. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Medford, v.88, n.13, p.2324-2333, 2007.

ZIA-UL-HAQ, M.; RIAZ, M.; DE FEO, V.; JAAFAR, H. Z.; MOGA, M. *Rubus Fruticosus* L. Constituents, biological activities and health related uses. **Molecules**, Basileia, v.19, n.8, p.10998-1029, 2014.

Tabela 1. Firmeza e respiração em frutos de cultivares e híbridos de amoreira-preta, nas safras 2016/2017 e 2017/2018. Uniãoeste, *Campus* Marechal Cândido Rondon, PR. 2018.

	Safra 2016/2017	Safra 2017/2018	Safra 2016/2017	Safra 2017/2018
Cultivares de amoreira-preta	Firmeza (N)		CO ₂ (mg de CO ₂ kg ⁻¹ h ⁻¹)	
Tupy	0,49 a*	0,49 a	121,66 e	164,97 c
Arapaho	0,51 a	0,44 a	206,55 d	157,70 c
Chickasaw	0,47 a	0,50 a	328,05 b	224,93 b
Navaho	0,43 a	0,49 a	92,63 f	95,11 d
Híbridos				
Boysenberry	0,48 a	0,50 a	348,32 a	328,19 a
Olallie	0,47 a	0,48 a	238,20 c	227,53 b
CV (%)	12,52	7,74	3,53	5,70

*Médias seguidas da mesma letra minúscula diferem entre si na coluna, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro.

Tabela 2. Cor em frutos de cultivares e híbridos de amoreira-preta, nas safras 2016/2017 e 2017/2018. Unioeste, *Campus* Marechal Cândido Rondon, PR. 2018.

Cultivares de amoreira-preta	Safra 2016/2017			Safra 2017/2018		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
Tupy	18,82 ab**	0,62 cd	0,55 d	18,29 b	1,06 c	0,59 c
Arapaho	18,76 abc	2,38 c	1,12 cd	18,84 b	1,27 c	0,90 c
Chickasaw	15,99 bc	0,58 d	0,82 cd	15,58 d	1,20 c	0,87 c
Navaho	14,63 c	1,53 cd	1,25 cd	16,95 c	1,76 c	1,08 c
Híbridos						
Boysenberry	20,66 a	8,50 a	2,78 a	22,37 a	12,24 a	4,75 a
Olallie	18,70 abc	5,10 b	2,01 b	18,53 b	6,43 b	2,69 b
CV (%)	11,67	28,96	20,37	13,56	11,40	31,23

L* = expressa em porcentagem os valores de luminosidade (0% = negro e 100% = branco), a* = cores vermelha (+) ou verde (-), b* = cores amarela (+) ou azul (-). **Médias seguidas da mesma letra minúscula diferem entre si na coluna, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro.

Tabela 3. Ácido ascórbico, pH, acidez total (AT), SS (°Brix) e relação SS/AT, em frutos de cultivares e híbridos de amoreira-preta, nas safras 2016/2017 e 2017/2018. Unioeste, *Campus* Marechal Cândido Rondon, PR. 2018.

Cultivares de amoreira-preta	Safra 2016/2017				
	Ácido ascórbico (mg 100 mL ⁻¹)	pH	AT (g 100 g ⁻¹)	SS (°Brix)	Relação SS/AT
Tupy	68,18 a*	3,21 ab	0,33 a	9,86 a	30,98 a
Arapaho	43,17 b	3,24 a	0,25 b	8,28 ab	32,94 a
Chickasaw	68,18 a	3,16 c	0,38 a	7,56 b	19,68 b
Navaho	68,18 a	3,20 b	0,38 a	9,62 a	25,04 ab
Híbridos					
Boysenberry	63,63 a	3,11 d	0,38 a	7,64 b	19,89 b
Olallie	34,09 c	3,14 cd	0,38 a	7,66 b	19,94 b
CV (%)	5,34	0,53	8,08	11,22	16,93
Cultivares de amoreira-preta	Safra 2017/2018				
	Ácido ascórbico (mg 100 mL ⁻¹)	pH	AT (g 100 g ⁻¹)	SS (°Brix)	Relação SS/AT
Tupy	75,00 a	3,22 ab	0,35 a	9,30c	26,51b
Arapaho	52,26 d	3,24 a	0,25 b	9,22 c	36,88 a
Chickasaw	70,04 c	3,15 c	0,38 a	9,12 c	24,00 c
Navaho	72,72 b	3,20b	0,38 a	10,00 ab	26,31 b
Híbridos					

Boysenberry	70,00 c	3,10 d	0,35 a	9,88 bc	28,22 b
Olallie	40,90 e	3,13 cd	0,38 a	10,54a	27,73 b
CV (%)	5,87	0,52	9,56	2,98	9,44

*Médias seguidas da mesma letra minúscula diferem entre si na coluna, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro.

Tabela 4. Compostos fenólicos totais, antocianinas e açúcares redutores em frutos de cultivares e híbridos de amoreira-preta, nas safras 2016/2017 e 2017/2018. Uniãoeste, *Campus* Marechal Cândido Rondon, PR. 2018.

Safrá 2016/2017			
Cultivares de amoreira-preta	Compostos fenólicos totais (mg EAG100mL ⁻¹)	Antocianinas (mg Ci-3-Gly g ⁻¹)	Açúcares redutores (g 100g ⁻¹)
Tupy	1042,47 d*	2,89 d	7,34cd
Arapaho	1163,32 c	3,03 d	8,28a
Chickasaw	1368,84 a	2,58 e	8,12ab
Navaho	1034,10 d	4,14 c	7,71bc
Híbridos			
Boysenberry	810,48 e	5,11 a	6,94de
Olallie	1283,28 b	4,35 b	6,88e
CV	3,68	8,08	2,74
Safrá 2017/2018			
Cultivares de amoreira-preta	Compostos fenólicos totais (mg EAG100mL ⁻¹)	Antocianinas (mg Ci-3-Gly g ⁻¹)	Açúcares redutores (g 100g ⁻¹)
Tupy	1094,51 c	2,89 c	-
Arapaho	1233,00 b	2,99 c	-
Chickasaw	1333,56 a	4,18 b	-
Navaho	1090,90 c	2,58 d	-
Híbridos			
Boysenberry	852,82 d	5,08 a	-
Olallie	1335,32 a	4,36 b	-
CV	0,87	3,21	-

*Médias seguidas da mesma letra minúscula diferem entre si na coluna, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro.

Tabela 5. Composição bromatológica, umidade, biomassa seca, lipídios, proteínas e fibras (g 100 g⁻¹) em frutos de cultivares e híbridos de amoreira-preta, nas safras 2016/2017. Uniãoeste, *Campus* Marechal Cândido Rondon, PR. 2018

Safrá 2016/2017					
Cultivares de amoreira-preta	Umidade	Biomassa seca	Lipídios	Proteínas	Fibras
Tupy	80,03 ^{n.s.}	19,96 ^{n.s.}	3,77 ab*	9,20 ab	7,23 a
Arapaho	83,09 ^{n.s.}	16,91 ^{n.s.}	2,59 b	9,28 ab	4,33 b
Chicksaw	82,49 ^{n.s.}	17,50 ^{n.s.}	4,59 a	8,57 b	6,10 ab
Navaho	80,93 ^{n.s.}	19,01 ^{n.s.}	3,53 ab	8,84 ab	5,71 ab
Híbridos					
Boysenberry	79,59 ^{n.s.}	20,40 ^{n.s.}	3,33 ab	9,89 a	5,26 b
Olallie	81,76 ^{n.s.}	18,24 ^{n.s.}	3,61 ab	9,89 a	6,22 ab
CV(%)	1,27	5,56	9,29	2,80	7,64

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna diferem entre si estatisticamente pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro.

Tabela 6. Composição mineral [N, P, K, Ca, Mg e S (%)] em frutos de cultivares e híbridos de amoreira-preta, nas safras 2016/2017. Uniãoeste, *Campus* Marechal Cândido Rondon, PR. 2018.

Cultivares de amoreira-preta	N	P	K	Ca	Mg	S
Tupy	1,19 ^{n.s.}	0,19 a*	0,75 d	0,13 a	0,18 ^{n.s.}	0,14 ^{n.s.}
Arapaho	1,11 ^{n.s.}	0,14 b	0,88 cd	0,08 b	0,15 ^{n.s.}	0,12 ^{n.s.}
Chicksaw	1,23 ^{n.s.}	0,17 ab	0,98 bc	0,01 c	0,16 ^{n.s.}	0,12 ^{n.s.}
Navaho	1,11 ^{n.s.}	0,13 b	0,95 c	0,07 b	0,16 ^{n.s.}	0,12 ^{n.s.}
Híbridos						
Boysenberry	1,18 ^{n.s.}	0,16 ab	1,15 ab	0,09 b	0,18 ^{n.s.}	0,12 ^{n.s.}
Olallie	1,08 ^{n.s.}	0,14 b	1,22 a	0,07 b	0,18 ^{n.s.}	0,11 ^{n.s.}
CV (%)	5,36	5,65	4,39	7,34	4,38	6,17

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna diferem entre si estatisticamente pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro.

Tabela 7. Composição mineral [B, Cu, Mn, Zn e Fe (mg kg⁻¹)] em frutos de cultivares e híbridos de amoreira-preta, nas safras 2016/2017. Unioeste, *Campus* Marechal Cândido Rondon, PR. 2018.

Cultivares de amoreira-preta	B	Zn	Cu	Mn	Fe
Navaho	8,80 ab*	8,97 b	8,05 b	67,91 b	44,79 ^{n.s.}
Tupy	13,94 a	11,44 ab	13,54 a	50,11 de	49,12 ^{n.s.}
Arapaho	9,88 ab	9,65 ab	7,73 bc	58,46 cd	31,22 ^{n.s.}
Chickasaw	5,32 b	8,78 b	8,35 b	44,01 e	50,78 ^{n.s.}
Híbridos					
Boysenberry	8,72 ab	18,80 a	7,14 bc	63,39 bc	45,01 ^{n.s.}
Olallie	9,55 ab	12,78 ab	5,23 c	78,02 a	47,17 ^{n.s.}
CV (%)	13,78	18,77	7,46	3,51	11,65

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna diferem entre si estatisticamente pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro.

CONCLUSÕES GERAIS

A duração do ciclo fenológico em cultivares de amoreira-preta e híbridos pode variar a cada ano, de acordo com as condições climáticas do local de cultivo.

Os híbridos Boysenberry e Olallie apresentam ciclo fenológico mais curto.

A produção de amora-preta em Marechal Cândido Rondon ocorre de final de outubro a janeiro.

A cultivar Tupy foi a mais produtiva nas condições de clima subtropical de Marechal Cândido Rondon.

Os híbridos são mais perecíveis por apresentarem maiores taxas respiratórias e também apresentam maior teor de proteínas.

Existe variação na coloração entre as cultivares e híbridos de amoreira-preta.

Híbridos e cultivares de amoreira-preta possuem alto teor de ácido ascórbico e fibras, com destaque para a cultivar Tupy.

Maior pH é verificado nas cultivares Tupy e Arapaho. A cultivar Arapaho tem frutos menos ácidos, maior teor de sólidos solúveis (SS), relação SS/acidez total e teor de açúcares redutores.

Frutos de amora-preta são uma rica fonte de compostos bioativos, com a cv. Chickasaw obtendo maior teor de compostos fenólicos totais e o híbrido Boysenberry maior quantidade de antocianinas. Também na cultivar Chickasaw encontra-se maior teor de lipídios.

Não existe diferença no teor de umidade, biomassa seca e firmeza dos frutos entre as cultivares e híbridos.