

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
Programa de Pós-Graduação em Sistemas de
Produção Agrícola Familiar



TESE

**FLUXOS DE RADIAÇÃO SOLAR E DESEMPENHO FISIOLÓGICO DA AMORA-
PRETA (*Rubus* spp) EM DIFERENTES ÉPOCAS DE PODA**

PATRÍCIA MARQUES DOS SANTOS

PELOTAS, 2022

PATRÍCIA MARQUES DOS SANTOS

Engenheira Agrônoma

**FLUXOS DE RADIAÇÃO SOLAR E DESEMPENHO FISIOLÓGICO DA AMORA-
PRETA (*Rubus* spp) EM DIFERENTES ÉPOCAS DE PODA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Edgar Ricardo Schöffel

Coorientador: Prof. Dr. Flávio Gilberto Herter

PELOTAS, 2022

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas
Catalogação na Publicação

S237f Santos, Patrícia Marques dos

Fluxos de radiação solar e desempenho fisiológico da amora-preta (*Rubus spp*) em diferentes épocas de poda / Patrícia Marques dos Santos ; Edgar Ricardo Schöffel, orientador ; Flávio Gilberto Herter, coorientador. — Pelotas, 2022.

78 f.

Tese (Doutorado) — Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2022.

1. Fenologia. 2. Trocas gasosas. 3. Manejo. 4. Evapotranspiração. I. Schöffel, Edgar Ricardo, orient. II. Herter, Flávio Gilberto, coorient. III. Título.

CDD : 634.38

Elaborada por Gabriela Machado Lopes CRB: 10/1842

PATRÍCIA MARQUES DOS SANTOS

FLUXOS DE RADIAÇÃO SOLAR E DESEMPENHO FISIOLÓGICO DA AMORA-
PRETA (*Rubus* spp) EM DIFERENTES ÉPOCAS DE PODA

Tese aprovada, como requisito parcial, para obtenção do grau de Doutor em Agronomia, Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas.

Data da Defesa: 22 de fevereiro de 2022

Banca examinadora:



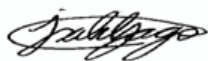
.....
Prof. Dr. Edgar Ricardo Schoffel (Orientador), Doutor em Agronomia pela Universidade Estadual Paulista.



.....
Prof. Dr. Roberto Trentin, Doutor em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Santa Maria.



.....
Prof. Dr. Marcelo Barbosa Malgarim, Doutor em Ciências pela Universidade Federal de Pelotas.



.....
Prof. Dra. Isabel Lago, Doutora em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Santa Maria.

AGRADECIMENTOS

A Deus por me proporcionar saúde e força para trilhar mais esta etapa na minha vida, que com muito orgulho concluo no dia de hoje.

Aos meus pais, Joaci Marques dos Santos e Adenir Eslabão dos Santos pela educação, apoio e paciência que dedicaram a mim, e principalmente por todo amor que me foi dado e serviu de alicerce na minha vida.

Ao meu noivo John Lennon Siegert que compartilhou comigo este momento, foi muito paciente em minhas ausências, e me ajudou dando dicas e apoio para o desenvolvimento deste e de todos os outros trabalhos da universidade.

Ao meu orientador Prof. Dr. Edgar Ricardo Schöffel pela sua orientação desde a graduação, ensinamentos compartilhados, amizade e por acreditar na minha capacidade.

Ao meu coorientador Prof. Dr. Flávio Gilberto Herter por todo apoio e atenção destinado à minha orientação.

Aos meus amigos por todos os momentos maravilhosos que passamos juntos, pelo apoio e carinho que recebi, e principalmente por toda a felicidade que me proporcionaram.

Aos estagiários Jonatas Oliveira e Ana Paula Knapp, pois sem sua ajuda e paciência o trabalho se tornaria muito mais difícil.

A todos os meus colegas que de alguma maneira contribuirão para o meu crescimento.

Aos professores do programa de pós-graduação, pelos conhecimentos transmitidos.

Ao Programa de Pós-Graduação em Sistema de Produção Agrícola Familiar, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

Enfim, agradeço a todos de alguma forma contribuíram para minha formação.

Resumo

SANTOS, Patrícia Marques dos. **FLUXOS DE RADIAÇÃO SOLAR E DESEMPENHO FISIOLÓGICO DA AMORA-PRETA (*Rubus spp*) EM DIFERENTES ÉPOCAS DE PODA**. 2022. 78 f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2022.

Ainda em crescimento no Brasil a amora-preta (*Rubus sp.*) se destaca entre as pequenas frutas com as melhores perspectivas no aumento de produção e oferta para a comercialização apresentando-se como uma das mais promissoras. O principal manejo na cultura é a poda, que consiste na retirada dos ramos que produziram na safra anterior e a condução dos novos ramos. O experimento foi conduzido no município de Morro Redondo – RS na safra de 2019/20, com objetivo de avaliar a influência da época de poda e da restrição hídrica sobre as trocas gasosas da amora-preta, caracterizar o balanço de radiação durante as fases fenológicas, a interferência da época de poda sobre o balanço de energia e determinar a relação entre o saldo de radiação e a evapotranspiração de referência. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, com dez repetições, na qual cada parcela foi constituída por seis plantas, os tratamentos foram constituídos de três épocas de poda: 1ª época - 19/07, 2ª época - 15/08 e 3ª época - 09/09. O acompanhamento fenológico foi realizado por meio de observações visuais, semanalmente, observando os estádios de brotação, flor completamente aberta, baga verde, e baga madura. As variáveis micrometeorológicas foram coletadas por meio de instrumentos meteorológicos programado para registrar, de forma independente, cada medição. As medidas de trocas gasosas foram feitas no período entre as 10h e 14h, em dias de céu completamente limpo, avaliando a taxa de assimilação líquida de CO₂, condutância estomática, taxa transpiratória, concentração intercelular de CO₂, déficit de pressão de vapor e eficiência do uso da água. A taxa de assimilação líquida de CO₂, condutância estomática e transpiração não sofrem influência da época de poda, sendo afetadas pelo número de dias após a chuva. O número de dias após a chuva tem efeito na concentração intercelular de CO₂, para as plantas que receberam a poda convencional. A eficiência do uso da água diferiu entre as épocas de poda com menor valor aos nove dias após a chuva. A antecipação da poda causa redução no acúmulo de energia para completar o ciclo fenológico. Para todas as épocas de poda a maior quantidade radiação solar global e saldo de radiação disponível ocorreram durante a fase de baga verde até baga madura. A nebulosidade causa redução nos valores instantâneos de saldo de radiação, radiação solar global, radiação solar refletida, balanço de onda curta e balanço de onda longa em cultivo de amora-preta. Para a cultura da amora-preta o albedo não deve ser assumido como constante e o saldo de radiação possui correlação positiva com a evapotranspiração, aproximadamente 27% da do saldo de radiação é destinado para evapotranspiração.

Palavras-chave: fenologia; trocas gasosas; manejo; evapotranspiração.

Abstract

SANTOS, Patrícia Marques dos. **SOLAR RADIATION FLOWS AND PHYSIOLOGICAL PERFORMANCE OF BLACKBERRY (*Rubus* spp) IN DIFFERENT PRUNING TIMES.** 2022. 78 f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2022.

Still growing in Brazil, the blackberry (*Rubus* sp.) stands out among the small fruits with the best prospects in increasing production and supply for commercialization, presenting itself as one of the most promising. The main management in the crop is pruning, which consists of removing the branches that produced in the previous harvest and driving the new branches. The experiment was conducted in the municipality of Morro Redondo - RS in the 2019/20 harvest, with the objective of evaluating the influence of the pruning season and water restriction on the gas exchange of blackberry, to characterize the radiation balance during the phenological phases, the interference of the pruning season on the energy balance and to determine the relationship between the net radiation and the reference evapotranspiration. The experimental design used was in randomized blocks, with ten replications, in which each plot will consist of six plants, the treatments consisted of three pruning seasons: 1st season - 07/19, 2nd season - 08/15 and 3rd season - 09/09. The phenological monitoring was carried out through visual observations, weekly, observing the stages of budbreak, fully open flower, green berry, and ripe berry. The micrometeorological variables were collected using meteorological instruments programmed to independently record each measurement. The gas exchange measurements were made between 10:00 and 14:00, on days with completely clear sky, evaluating the net CO₂ assimilation rate, stomatal conductance, transpiration rate, intercellular CO₂ concentration, vapor pressure deficit and efficiency of the water usage. The net CO₂ assimilation rate, stomatal conductance and transpiration are not influenced by the pruning season, being affected by the number of days after the rain. The number of days after the rain has an effect on the intercellular concentration of CO₂, for plants that received conventional pruning. The efficiency of water use differed between the pruning times with the lowest value at nine days after the rain. The anticipation of pruning causes a reduction in the accumulation of energy to complete the phenological cycle. For all pruning seasons, the highest amount of global solar radiation and net radiation available occurred during the green berry to mature berry phase. Cloudiness causes a reduction in the instantaneous values of net radiation, global solar radiation, reflected solar radiation, short wave balance and long wave balance in blackberry cultivation. For the blackberry crop, the albedo should not be assumed to be constant and the net radiation has a positive correlation with evapotranspiration, approximately 27% of the net radiation is destined for evapotranspiration.

Keywords: phenology; gas exchange; management; evapotranspiration

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Imagem aérea da propriedade onde foi conduzido o experimento.....	21
Figura 2	Fases fonológicas do desenvolvimento da amora-preta. (A) Brotação; (B) Flor completamente aberta; (C), Baga vede; (D) Baga Madura. Escala adaptada de Hussain et al. (2016).....	26
Figura 3	Fases fonológicas do desenvolvimento da amora-preta. (A) Brotação; (B) Flor completamente aberta; (C), Baga vede; (D) Baga Madura. Escala adaptada de Hussain et al. (2016).....	43
Figura 4	Componentes do balanço de radiação, para um dia ensolarado, sobre cultivo de amora-preta submetida a poda precoce (A), convencional (B), e tardia (C). Morro Redondo, 2019.....	48
Figura 5	Componentes do balanço de radiação, para um dia nublado, sobre cultivo de amora-preta submetida a poda precoce (A), convencional (B), e tardia (C). Morro Redondo, 2019.....	51
Figura 6	Valor de albedo para amora-preta, em dia ensolarado, nas plantas que receberam poda precoce, convencional e tardia. Morro Redondo, 2019.....	53
Figura 7	Valor de albedo para amora-preta, em dia nublado, nas plantas que receberam poda precoce, convencional e tardia. Morro Redondo, 2019.....	54
Figura 8	Relação entre a radiação solar global e a radiação solar refletida pela superfície cultivada com amora-preta para plantas que receberam poda precoce (A), convencional (B) e tardia (C). Morro Redondo, 2019.....	55
Figura 9	Relação entre o saldo de radiação (R_n) e a evapotranspiração de referência (E_{To}) em cultivo de amora-preta. Morro Redondo, 2019.....	57

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Especificação dos instrumentos meteorológicos e eletrônicos a serem utilizados na pesquisa.....	22
Tabela 2	Valores de saldo de radiação (Rn), evapotranspiração (ET _{oh}) e temperatura média do ar (T) no horário de avaliação, déficit de pressão de vapor (DPV), taxa de assimilação líquida de CO ₂ (A), condutância estomática (GS) e transpiração (E) da amora-preta, após ocorrência de chuva, durante a fase de produção. Morro Redondo, 2019.....	32
Tabela 3	Concentração intercelular de CO ₂ (C _i) (μmol CO ₂ mol ar ⁻¹) em dias após a ocorrência de chuva (DAC) para as três épocas de poda da amora-preta. Morro Redondo, 2019.....	36
Tabela 4	Eficiência do uso da água (EUA) [μmol CO ₂ (mmol H ₂ O) ⁻¹] em dias após ocorrência de chuva (DAC) para as três épocas de poda da amora-preta. Morro Redondo, 2019.....	38
Tabela 5	Datas dos eventos fenológicos da amoreira-preta 'Tupy', em função das épocas (precoce: 19/07, convencional: 15/08, tardia: 09/09). Morro Redondo-RS, 2019.....	45
Tabela 6	Radiação solar global (R _s) e saldo de radiação (Rn) acumulados para cada fase fenológica da amora-preta 'Tupy' submetidas a três épocas de poda: precoce (19/07), convencional (15/08) e tardia (09/09). Morro Redondo, 2019.....	46

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	12
2.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
2.1.	CULTURA DA AMORA-PRETA	13
2.2.	NECESSIDADES CLIMÁTICAS.....	15
2.2.1.	TEMPERATURA DO AR.....	15
2.2.2.	PRECIPITAÇÃO PLUVIOMETRICA	16
2.2.3.	RADIAÇÃO SOLAR	17
2.3.	ÉPOCA DE PODA.....	18
2.4.	TROCAS GASOSAS.....	20
3.	MATERIAL E MÉTODOS	21
3.1.	LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO EXPERIMENTO	21
3.2.	MEDIÇÕES MICROMETEOROLÓGICAS	22
3.2.1.	TEMPERATURA DO AR.....	23
3.2.2.	BALANÇO DE RADIAÇÃO	23
3.2.3.	EVAPOTRANSPIRAÇÃO.....	24
3.3.	AVALIAÇÕES	25
3.3.1.	FENOLOGIA	25
3.3.2.	TROCAS GASOSAS.....	26
4.	CAPÍTULO 1- EFEITO DA ÉPOCA DE PODA E DA RESTRIÇÃO HIDRICA SOBRE AS TROCAS GASOSAS NA CULTURA DA AMORA-PRETA.....	27
4.1.	INTRODUÇÃO	27
4.2.	MATERIAL E MÉTODOS.....	29
4.3.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
5.	CONCLUSÃO	39
6.	CAPÍTULO 2- BALANÇO DE RADIAÇÃO DA AMORA-PRETA E SUAS RELAÇÕES COM A ÉPOCA DE PODA, FASES FENOLÓGICAS E EVAPOTRANSPIRAÇÃO.....	40
6.1.	INTRODUÇÃO	40
6.2.	MATERIAL E MÉTODOS.....	42
6.3.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	45
6.4.	CONCLUSÕES	57

7.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	59
8.	REFERÊNCIAS	60
	APÊNDICES.....	71

1. INTRODUÇÃO

A área cultivada e a produção de frutas de clima temperado vêm crescendo anualmente no Brasil. Entre os anos de 1999 e 2009 ocorreu um aumento médio de 4,35% ao ano, com crescimento acumulado de 43,5% no período (FACHINELLO et al., 2011). A produção de frutas no Brasil, em 2020, variou de 44,3 a 44,5 milhões de toneladas em uma área de 2,05 milhões de hectares (ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 2021). A área destinada ao cultivo de pequenos frutos, como amora-preta, framboesa, mirtilo e morango, no ano de 2011 foi de 3.560 ha (FACHINELLO et al, 2011).

Ainda em crescimento no Brasil a amora-preta (*Rubus* sp.) se destaca entre as pequenas frutas com as melhores perspectivas no aumento de produção e oferta para a comercialização apresentando-se como uma das mais promissoras (ANTUNES, 2002; JACQUES; ZAMBIAZI, 2011). Depois do morango essa é a segunda fruta mais produzida, em 2005, a área destinada ao cultivo foi de 250 ha, já em 2014 essa área foi de 500 ha, no Rio Grande do Sul a área destinada à cultura foi cerca de 240 ha, (ANTUNES et al., 2014), não existindo dados oficiais mais recentes.

A mudança no hábito alimentar da população brasileira tem proporcionado um novo nicho de mercado para as pequenas frutas. Dentro deste nicho a amora-preta vem se destacando devido ao aumento da procura pelos consumidores, seja na forma *in natura* ou processada na forma de sucos, geleias e sorvetes (JACQUES; ZAMBIAZI, 2011).

A cultura tem baixo custo de implantação, manutenção e reduzida utilização de agrotóxicos, com rápido retorno econômico, iniciando a produção após o segundo ano de cultivo, por isso, é uma ótima opção para a agricultura familiar além de ser uma alternativa para a diversificação dentro da propriedade rural (ANTUNES, 2002).

O principal manejo na cultura é a poda, que consiste na retirada dos ramos que produziram na safra anterior e a condução dos novos ramos, reduzindo o tamanho da haste principal, quebrando a dominância apical e estimulando a brotação lateral, assim preparando a planta para um novo ciclo produtivo (ANTUNES et al., 2008). A época em que a poda é realizada pode alterar o ciclo da cultura modificando os processos fisiológicos e a qualidade dos frutos, já que podem crescer em épocas

distintas, sendo expostos a diferentes condições de temperatura do ar, disponibilidade hídrica e radiação solar.

Os fatores ambientais e fisiológicos influenciam no desenvolvimento e no crescimento das plantas, a poda marca o início do ciclo fenológico e a data que este manejo é realizado modifica o ciclo da cultura, desta forma os diferentes estádios fenológicos podem ocorrer em épocas distintas afetando diretamente o metabolismo das plantas.

Diante do exposto, o presente trabalho tem por objetivo avaliar a influência da época de poda e da restrição hídrica sobre as trocas gasosas da amora-preta, caracterizar a interferência da época de poda sobre o balanço de energia, caracterizar o balanço de radiação durante as fases fenológicas e determinar a relação entre o saldo de radiação e a evapotranspiração de referência.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. CULTURA DA AMORA-PRETA

A amora-preta (*Rubus* sp) é uma planta pertencente à família Rosaceae, gênero *Rubus*, dentro desta família estão presentes diversos outros gêneros de importância para a fruticultura, dentre eles é possível destacar os gêneros *Malus*, *Prunus*, *Pyrus* (ANTUNES, 2002). Estima-se que dentro do gênero *Rubus* existam entre 400 e 500 espécies de framboesa e amoreiras espalhadas pela América, Europa, África e Ásia (BASSOLS, 1980; POLING, 1996).

A caracterização do gênero é difícil, devido à diversidade no hábito de crescimento das plantas, distribuição das espécies, ocorrência de poliploidia, agamospermia (formação de sementes sem reprodução sexual) e hibridação entre as espécies (ANTUNES; RASEIRA, 2004; TAYLOR, 2005). Muitas delas têm sistema radicular perene e ramos bianuais, podem produzir no topo dos ramos, bem como em porções inferiores naqueles de segundo ano. Algumas espécies são decíduas, mas outras vegetam o ano todo. Os tipos de reprodução vão de sexuada a apomítica (MOORE, 1986).

A amora-preta tem seu centro de origem localizado na Ásia e sua introdução na Europa ocorreu por volta do século XVII (ATTÍLIO, 2009). No Brasil existem muitas espécies nativas de amora-preta (FACHINELLO et al., 1994), porém, foi com cultivares e mudas obtidas nos Estados Unidos que, a partir do ano de 1974, se iniciaram os trabalhos de melhoramento genético da espécie, na Estação Experimental de Pelotas, atual EMBRAPA Clima Temperado, RS (MOREIRA, 1989). As cultivares introduzidas foram Brazos, Comanche e Cherokee oriundas da Universidade de Arkansas, Estados Unidos (RASEIRA et al., 1984; RASEIRA et al., 1992).

A amora-preta é uma espécie arbustiva de porte ereto ou rasteiro que apresenta sua produção em ramos de ano, formados a partir das raízes, ou seja, típica de perfilhamento. Os frutos são agregados e de coloração preta, com um sabor que pode ir do doce-ácido ao ácido, com presença de espinhos nos ramos das principais cultivares (ANTUNES et al., 2002). Seu fruto verdadeiro é chamado de mini drupa ou drupete, e possui em seu interior uma pequena semente, é a união de drupetes que forma o fruto agregado (POLING, 1996). São plantas que produzem em ramos de ano, sendo eliminados após a colheita. Enquanto alguns ramos estão produzindo, outras hastes emergem e crescem, renovando o material para a próxima produção (SHOEMAKER, 1978; FACHINELLO et al., 1994).

O manejo da poda nesta cultura ocorre em dois momentos, inicialmente no inverno, com encurtamento das hastes laterais, e posteriormente no final da colheita, no verão, com a remoção dos ramos que produziram e das hastes que emergiram do solo (GONÇALVES et al., 2011). Um detalhe importante na realização da poda de inverno é a época em que é realizada, pois, dependendo das condições climáticas da região, corre-se o risco de expor a cultura a condições adversas, acarretando perdas na produtividade.

A amora-preta faz parte do grupo das pequenas frutas e atualmente é a segunda espécie mais cultivada, ficando atrás apenas do morango, sua área já atingiu 250 ha no estado do Rio Grande do Sul (ANTUNES; HOFFMANN, 2012; PIO; GONÇALVES, 2014). Os principais Estados produtores de amora-preta estão localizados nas regiões Sul e Sudeste, sendo eles, Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, Minas Gerais, São Paulo e Espírito Santo (ANTUNES et al., 2014).

Apesar de existirem diversas cultivares, a que mais se destaca é a 'Tupy' (VOLK et al., 2013), isto é decorrente de suas características como frutos com teor de

açúcar e acidez equilibrados, hábito de crescimento ereto, rusticidade e alto vigor, sendo capaz de produzir no primeiro ano 8 t ha⁻¹, podendo alcançar até 17 t ha⁻¹ no segundo ano de cultivo (GONÇALVEZ et al., 2011).

Na região de Pelotas, RS, a cultivar Tupy floresce em meados de setembro a outubro e a colheita ocorre entre os meses de novembro a janeiro (ANTUNES; RASSEIRA, 2004; PEREIRA et al., 2015). Os frutos desta cultivar tem peso médio de 8 a 10 g, teor de sólidos solúveis entre 8 a 9 °Brix, os frutos são consistentes e firmes com sementes pequenas, película resistente e aroma ativo (ANTUNES et al. 2014).

2.2. NECESSIDADES CLIMÁTICAS

Os elementos climáticos são importantes para definir as regiões de cultivo da amora-preta, pois eles exercem maior ou menor influência, segundo a fase de desenvolvimento da planta (ANTUNES; RASEIRA, 2004). A amora-preta se adapta bem em regiões com temperaturas moderadas no verão, sem intensidade luminosa elevada, chuva adequada, mas sem excesso durante o período de frutificação, e temperaturas baixas no inverno, suficientes para atender à necessidade de frio (WREGGE; HERTER, 2004). No Brasil, os locais que apresentam as condições de satisfazer essas necessidades situam-se em praticamente toda a região Sul e áreas serranas do Sudeste, geralmente com altitude superior a 800 metros (ANTUNES; HOFFMANN, 2012).

2.2.1. TEMPERATURA DO AR

Por ser uma frutífera de clima temperado, requer acúmulo de determinado número de horas de frio, abaixo de 7,2°C, para que transcorrido um período de repouso, possa reiniciar o crescimento sem apresentar anomalias capazes de prejudicar a produtividade da cultura (LEONEL; SEGANTINI, 2015). A amora-preta apresenta ampla variação quanto à necessidade de horas de frio, sendo cultivada desde regiões com ocorrência de invernos extremos onde há mais de 1000 horas de

frio, até invernos amenos, com a partir de 200 horas de frio (PAGOT et al., 2007). De modo geral, a necessidade de horas de frio das principais cultivares de amora-preta presentes no cenário nacional está situada entre 200 a 800 horas de frio (RASEIRA et al., 2008). Segundo Antunes e Raseira (2004), a cultivar “Tupy” é uma planta com baixa necessidade em frio, sendo recomendada mesmo para áreas com acúmulo de frio inferior a 200 horas.

O frio é importante durante o período de dormência, para proporcionar um bom índice de brotação. Em invernos com temperaturas do ar amenas a fisiologia da planta é afetada e o número de brotações emitidas é reduzido ocasionando queda na produção de frutos (CROGE, 2015). Durante a fase vegetativa, a temperatura do ar influi na qualidade das gemas, fator determinante para o potencial de produção do ano seguinte (WREGE; HERTER, 2007).

A altitude e, conseqüentemente, as modificações na temperatura média do ar, alteram o ciclo da amora-preta, principalmente a época de floração. Algumas observações mostram que o início da floração retarda de oito a dez dias a cada 300 m de aumento da altitude (PAGOT et al., 2007; FERREIRA, 2012).

A variação de temperatura do ar entre o dia e a noite, em algumas regiões no Sul do Brasil é grande, geralmente maior que 10 °C, principalmente na primavera e no outono, quando ocorrem ainda temperaturas baixas. A amplitude térmica, associada a baixas temperaturas contribui para uma melhor coloração e equilíbrio de acidez e açúcar, importantes para o sabor da fruta consumida *in natura* (WREGE; HERTER, 2007).

2.2.2. PRECIPITAÇÃO PLUVIOMETRICA

A ocorrência de chuva está relacionada com fenômenos meteorológicos pertencentes as várias escalas temporais e espaciais, que vão desde a escala global (El Niño e La Niña) até condições locais (chuvas localizadas).

Os fenômenos El Niño e La Niña afetam diretamente a circulação atmosférica definindo alterações na precipitação em diversas regiões do globo, podendo atingir a produtividade agrícola (FERREIRA, 2006). Na região Sul do Brasil o El Niño, em geral,

causa a ocorrência de chuva acima da média climatológica, enquanto em La Niña a chuva é abaixo da média climatológica (MATZENAUER; RADIN; MALUF, 2017).

Estudando o balanço hídrico climatológico, na região de Pelotas-RS, entre 1961 e 2013, Klumb et al. (2018), observaram que a chuva anual atinge valores de 1393,9 mm, com períodos relativamente uniformes para todos os meses. Durante o inverno (junho, julho e agosto) se concentra 27% da chuva anual, enquanto os meses de maio e outubro são os que apresentam menor acumulado de chuva, durante os meses de dezembro e janeiro ocorre um período de deficiência hídrica, pois, os valores de chuva são menores que a evapotranspiração potencial.

Por se tratar de planta de pequeno porte e de raiz superficial, a amora-preta necessita de disponibilidade regular de água, cerca de 800 a 1.000 milímetros por ano, preferindo os solos com maior capacidade de retenção de água, entretanto não suportam terrenos encharcados. Em áreas muito secas, onde o solo é muito argiloso ou arenoso, áreas com baixa precipitação pluvial e elevada evapotranspiração é necessário uso de irrigação (ANTUNES; RASEIRA, 2004; WREGGE; HERTER, 2007).

2.2.3. RADIAÇÃO SOLAR

A radiação solar se constitui como a fonte de energia motriz para os processos físico-químicos e biológicos que ocorrem na superfície terrestre e atmosfera, portanto se trata de uma variável meteorológica de grande relevância para estudos voltados às necessidades hídricas de culturas irrigadas, modelagens de crescimento e produção vegetal, mudanças climáticas, dentre outros (BORGES et al., 2010). Dentre todos os processos dependentes da radiação solar, a fotossíntese é um dos principais, visto que toda a energia utilizada para a transformação do CO₂ atmosférico em energia metabólica, tem sua origem na radiação solar (TAIZ; ZIEGER, 2004).

Ao considerar a radiação solar interceptada por uma população de plantas, deve-se observar que apenas uma parcela desta é de fato aproveitada pelos vegetais, de modo que a radiação utilizada pelas plantas é denominada como radiação fotossinteticamente ativa (RFA), a qual está compreendida na faixa dos 400 a 700nm do espectro solar, também denominada como a luz visível (BERGAMASCHI; BERGONCI, 2017).

O balanço de radiação também denominado de saldo de radiação (R_n), corresponde a toda energia dos fluxos radiativos descendentes e ascendentes, de ondas curtas e ondas longas, que interagem com a superfície terrestre (SILVA; BRAGA; BRAGA, 2011). O saldo de radiação é constituído pelo balanço de ondas curtas (BOC) e o balanço de ondas longas (BOL), o qual corresponde ao saldo de energia entre a radiação emitida pelo sistema solo-planta-atmosfera e a contra-radiação emitida pela atmosfera (PEREIRA et al., 2002).

No período diurno o R_n positivo implica na entrada de energia para os ecossistemas, a qual é utilizada para os processos de evaporação da água, aquecimento do solo, e uma pequena parte para a fotossíntese (PEREIRA, 2007). Entretanto durante o período noturno o R_n se apresenta com sinal negativo, indicando que há saída de energia dos ecossistemas para a atmosfera (BERGAMASCHI; BERGONCI, 2017).

O albedo é definido como sendo a razão entre a radiação solar refletida e a radiação solar global incidente sobre uma cultura (BERGAMASCHI; BERGONCI, 2017). Sobre uma superfície o albedo pode variar de acordo com a textura, coloração e teor de umidade da superfície (CORREIA et al., 2002), no caso de cobertura vegetal o albedo sofre influência da porcentagem de cobertura do solo, da espécie cultivada, altura das plantas, ângulos das folhas e índice de área foliar (QUERINO et al., 2013), sendo afetado também pelo ângulo de elevação solar e a presença de nuvens (BLAD; BACKER, 1972).

2.3. ÉPOCA DE PODA

A amora-preta produz em ramos de ano, os quais são eliminados após a colheita. Enquanto alguns ramos estão frutificando, outras hastes emergem e crescem, renovando o material para a próxima produção (FACHINELLO et al., 1994). A poda é realizada em dois momentos, no verão, quando se eliminam as hastes que produziram e encurtam-se as novas hastes emergidas do solo, e no inverno, onde se reduz os ramos laterais (GONÇALVES et al., 2011).

No primeiro ano, as hastes que brotam da coroa das plantas devem ser raleadas, deixando apenas quatro hastes por planta, consideradas uma boa

densidade para a primeira produção. No outono ou inverno, essas quatro hastes são tutoradas nos arames e despontadas a 0,20 m acima do mesmo. Na primavera seguinte, os ramos florescem e produzem a primeira colheita, que ocorre de novembro a janeiro (PAGOT et al., 2007). No verão, após a colheita, é realizada uma poda de limpeza e a retirada das hastes produtivas do ano, além de um desponte das mesmas (RASEIRA et al., 1984).

A época de poda pode interferir no ciclo e desenvolvimento das plantas de clima temperado, uma vez que estas necessitam de um período de repouso, no qual ocorre uma série de transformações em suas reservas para o início de um novo ciclo de desenvolvimento. Essa prática de manejo pode proporcionar resultados favoráveis à antecipação ou retardamento do período de safra sem aumento significativo no custo de produção (CHALFUN et al., 2002). A produção de amora-preta fora dos picos de oferta da fruta pode ser uma opção bastante interessante economicamente, como se observa para outras frutas, como, por exemplo, o morango que alcança preços mais altos quando produzido entre os meses de janeiro e março (ANTUNES, 2002).

A produção concentrada de amoras a partir de novembro, nos principais estados produtores, causa redução de preço, devido ao maior volume ofertado (ANTUNES, 2002). A antecipação da oferta de frutas, pode criar uma oportunidade de mercado bastante favorável ao fruticultor (ANTUNES, 2002).

Nas safras de 2009/10 e 2010/11 na região de Guarapuava-PR, em amoreiras da cultivar “Tupy”, a poda tardia realizada em 11 de setembro causou um atraso de três a quatro semanas o início da brotação quando comparada à poda precoce em 29 de agosto (MARCHI et al., 2015). Para a cultivar ‘Tupy’, na região de Marechal Cândido Rondon-PR, Campagnolo e Pio, (2012) observaram que a poda realizada no início de julho proporcionou maior produtividade quando comparada às podas realizadas em junho e agosto, visto que, a poda realizada no final de agosto deixou a cultura vulnerável às condições do tempo, como chuvas de granizo, justamente no período de brotação, promovendo perdas na produção.

As diferentes épocas de poda também pode influenciar na qualidade dos frutos, segundo Silva et al. (2009), videiras “Niágara Rosada” sob diferentes épocas de poda hiberna e regimes de irrigação, na região de Lavras- MG, produziram frutos com maiores valores de açúcares totais quando podadas em 15/06, 29/06 e 13/07, quando podadas em 29 de junho, esse fato pode estar relacionado com o menor índice pluviométrico e maiores temperaturas do ar registradas na fase de desenvolvimento

dos frutos, os maiores valores de açúcares redutores foram observados em frutos produzidos por plantas que não receberam irrigação.

2.4. TROCAS GASOSAS

Entre os diversos fatores envolvidos na produtividade das culturas, a fotossíntese é um dos mais importantes. As modificações da taxa fotossintética dependem principalmente do máximo aproveitamento da radiação solar absorvida pelas plantas, que varia de acordo com os tratos culturais utilizados e pode limitar a produção e o acúmulo de biomassa (PILAU, 2005).

Toda produção de biomassa e formação da arquitetura das plantas dependem diretamente da atividade fotossintética, visto que a prática da poda de frutificação é um manejo adotado nos pomares brasileiros, fazendo com que a planta apresente a renovação dos ramos a cada ciclo produtivo (DALASTRA et al., 2009).

Durante a fotossíntese as plantas assimilam o CO_2 da atmosfera e o reduzem a triose-fosfato, o qual será usado para a produção de carboidratos, desta forma a assimilação do CO_2 é um dos muitos fatores que influenciam o crescimento e desenvolvimento vegetal (SILVA et al., 2010). Por isso as medidas de trocas gasosas são a forma mais utilizada para entender a fisiologia das plantas.

As plantas quando absorvem CO_2 transferem água pelas folhas para o ambiente, essa transferência de água ocorre principalmente através dos estômatos, que apresentam mecanismos para controlar o seu nível de abertura. Esse controle é atribuído à condutância estomática foliar, que é utilizada, frequentemente, como indicador da deficiência hídrica (Mc DERMIT, 1990).

A entrada de CO_2 ocorre necessariamente através dos estômatos no processo fotossintético ocorrendo também a saída de água, por meio da transpiração, sendo o movimento estomático o principal mecanismo de controle das trocas gasosas nas plantas. Desta forma, a disponibilidade hídrica no solo pode causar fechamento estomático limitando a condutância estomática e a transpiração, o que reduz, consequentemente, a taxa de fotossíntese (Silva et al., 2010).

A resposta fotossintética à temperatura do ar é resultado da interação complexa existente entre o meio ambiente onde a planta se desenvolve e as características

inerentes às espécies. A maior parte das mudanças iniciais que ocorrem na fotossíntese, quando ocorre uma mudança na temperatura do ambiente, estão relacionadas com o aumento da condutância estomática das plantas (BERRY; BJÖRKMAN, 1980).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO EXPERIMENTO

O experimento foi conduzido no município de Morro Redondo – RS (Figura 1) ($31^{\circ}32'S$, $52^{\circ}34'W$ e altitude 158m), em um pomar de amora-preta com 0,25 ha, na safra de 2019/20. O clima nesta região é o subtropical úmido, sem estação seca e temperatura do mês mais quente maior que $22^{\circ}C$ segundo a classificação de Köppen.



Figura 1- Imagem aérea da propriedade onde foi conduzido o experimento.
Fonte: Google Maps.

O pomar foi instalado em 2003, com plantas de amora-preta exclusivamente da cultivar ‘Tupy’, conduzidas em sistema de espaldeira com 2 fios, em espaçamento de 2,5 metros entre linhas e 0,7 metros entre plantas.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, com dez repetições, na qual cada parcela foi constituída por seis plantas, os tratamentos foram constituídos de três épocas de poda: 1ª época – 19/07/19 (precoce), 2ª época – 15/08/19 (convencional) e 3ª época – 09/09/19 (tardia).

As datas para a época de poda foram estabelecidas tomando o dia 15 de agosto como a data usual para a realização da poda da amora-preta na região (PAGOT et al., 2007), desta forma determinou-se como precoce a poda realizada 27 dias antes, e tardia a poda feita 25 dias depois.

Cada planta com 2 hastes principais e comprimento dos ramos de trinta centímetros, a fim de padronizar as plantas. Durante o experimento foram empregadas práticas de cultivo idênticas para todos os tratamentos e o controle de plantas concorrentes foi realizado de forma mecânica com o uso de roçadeira e enxada.

3.2. MEDIÇÕES MICROMETEOROLÓGICAS

As variáveis micrometeorológicas foram coletadas por meio de instrumentos meteorológicos ligados a um sistema de aquisição de dados *dataloggers* CR1000 (Campbell Scientific), programado para registrar, de forma independente, cada medição. As medidas foram realizadas a cada segundo, armazenando um valor médio ou somatório em um intervalo de 30 minutos.

Os equipamentos utilizados no experimento estão descritos na Tabela 1:

Tabela 1- Especificação dos instrumentos meteorológicos e eletrônicos a serem utilizados na pesquisa.

QUANTIDADE	INSTRUMENTO	MODELO
2	Termômetro	T107 <i>Temperature Probe</i>
4	Tubo solarímetro	----
1	Saldo radiômetro	NR LITE
1	Pluviômetro	Texas 525MM
1	Datalogger	CR1000

3.2.1. TEMPERATURA DO AR

Foram instalados dois conjuntos psicrométricos, cada um composto por dois termômetros (modelo: T107 Temperature Probe), um de bulbo seco e outro de bulbo úmido. Um dos conjuntos foi instalado a 1,50 m acima da superfície do solo, ficando 0,40 m acima do dossel das plantas e o outro ficou a 1,95 m em relação a superfície do solo e 0,85 m acima do dossel da cultura.

Em cada um dos conjuntos psicrométricos a temperatura de bulbo úmido foi obtida por meio de um termômetro envolto por gaze de pano embebido com água, em um recipiente fixado junto ao abrigo termométrico. As temperaturas mínimas ($T_{mín}$), médias ($T_{méd}$) e máximas ($T_{máx}$) do ar foram registradas por meio do termômetro de bulbo seco.

A temperatura média diária foi calculada por meio da média de todas as temperaturas registradas durante o período de um dia.

3.2.2. BALANÇO DE RADIAÇÃO

Foi instalado um saldo- radiômetro (modelo: NR LITE) junto à linha de cultivo, na época tardia, a 1,75 metros de altura, em relação ao solo, e 0,65 m acima do dossel da cultura, esse equipamento foi utilizado para obtenção do saldo de radiação (R_n).

A radiação solar global (R_s) foi obtida com um tubo solarímetro, com a face sensível voltada para cima, instalado a 1,65 metros de altura, em relação ao solo, e 0,55 m acima do dossel da cultura. Para a radiação solar refletida (R_r) foram instalados três tubos solarímetros, um em cada época de poda com a face voltada para baixo, instalados a 1,55 metros de altura e 0,45 m acima do dossel da cultura.

O valor do albedo (α) foi determinado através da equação (1).

$$\alpha = \frac{R_r}{R_s} \quad (1)$$

Sendo R_r a radiação solar refletida ($\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$) e R_s a radiação solar global ($\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$).

O balanço de ondas curtas (BOC) foi realizado utilizando a equação (2) e o balanço de ondas longas (BOL) com a equação (3).

$$\text{BOC} = R_s - R_r \quad (2)$$

$$\text{BOL} = \text{BOC} - R_n \quad (3)$$

3.2.3. EVAPOTRANSPIRAÇÃO

A evapotranspiração de referência foi calculada pelo método de Penman-Monteith (Smith, 1991), para uma superfície de referência (gramado). Utilizando a equação **Erro! Fonte de referência não encontrada..**

$$Et_0 = \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} (R_n - G) \frac{1}{\lambda} + \frac{900\gamma}{(\Delta + \gamma^*)(T + 273)} U_2 (e_s - e_a) \quad (4)$$

Sendo:

Et_0 - evapotranspiração de referência (mm d^{-1});

R_n - saldo de radiação à superfície ($\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$);

G - fluxo de calor sensível no solo ($\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$);

T - temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$);

U_2 - velocidade do vento (m s^{-1});

e_s - pressão de saturação de vapor (kPa);

e_a - pressão atual de vapor (kPa);

Δ - declividade da curva de pressão de saturação ($\text{kPa}^{\circ}\text{C}^{-1}$);

γ e γ^* - constante psicrométrica ($\text{kPa}^{\circ}\text{C}^{-1}$);

λ = calor latente de evaporação = $2,45 \text{ MJ Kg}^{-1}$

As pressões de vapor, a declividade da curva de pressão de vapor e os coeficientes psicométricos foram obtidos pelas equações 5, 6 e 7.

$$e_s = 0,61078 \times 10^{\frac{7,5T}{237,3+T}} \quad (5)$$

$$e_a = e_s - \gamma(T - T_u) \quad (6)$$

$$e_s = 0,61078 \cdot 10^{\frac{7,5T_u}{237,3+T_u}} \quad (7)$$

Com e_a obtido por medições psicométricas e e_s sendo a pressão de vapor de saturação, medida em kPa, à temperatura do bulbo úmido (T_u). A declividade da curva de pressão de vapor e os coeficientes psicométricos foram obtidos pelas equações 8, 9 e 10.

$$\Delta = \frac{4098e_s}{(T + 237,3)^2} \quad (8)$$

$$\gamma = 0,0016286 \frac{P}{\lambda} \quad (9)$$

$$\gamma^* = \gamma(1 + 0,33U_2) \quad (10)$$

O fluxo de calor sensível no solo foi estimado como sendo 3% do valor do saldo de radiação conforme equação 11.

$$G = R_n \times 0,03 \quad (11)$$

3.3. AVALIAÇÕES

3.3.1. FENOLOGIA

O acompanhamento fenológico foi realizado por meio de observações visuais, semanalmente, seguindo a classificação proposta por Hussain et al. (2016) observando os estádios de brotação (B), flor completamente aberta (FA), baga verde

(BV), e baga madura (BM) (Figura 2). Os frutos foram colhidos quando atingiram o estágio de maturação plena, ou seja, quando com coloração preta brilhante (ANTUNES; HOFFMANN, 2012).



Figura 2- Fases fenológicas do desenvolvimento da amora-preta. (A) Brotção; (B) Flor completamente aberta; (C), Baga verde; (D) Baga Madura. Escala adaptada de Hussain et al. (2016).
Fonte: Autor.

Os dados fenológicos obtidos foram digitalizados em planilhas eletrônicas, considerando a data inicial de ocorrência dos estádios fenológicos quando 50% das gemas atingiram os estádios avaliados.

3.3.2. TROCAS GASOSAS

As medidas de trocas gasosas foram realizadas com um analisador de gases por detecção de radiação infravermelho (IRGA), da marca LI-COR, modelo LI-6400XT. As medidas foram realizadas com uma câmara de fluorescência modelo 6400-40. As leituras foram realizadas no período entre as 10h e 12h, em dias de céu completamente limpo, em folhas expostas a radiação solar, na altura mediana das plantas. Foram realizadas duas leituras por planta, no folíolo central, em cinco plantas por tratamento, totalizando 10 leituras por tratamento.

A concentração de CO_2 na câmara foi ajustada para $350 \mu\text{mol mol}^{-1}$ e a densidade de fluxo de fótons para $1500 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (STAFNE et al., 2001). Os parâmetros observados foram: taxa de assimilação líquida de CO_2 (A) ($\mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$), condutância estomática (GS) ($\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$), taxa transpiratória (E) ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$), concentração intercelular de CO_2 (Ci) ($\mu\text{mol CO}_2 \text{mol ar}^{-1}$) e déficit de pressão de vapor (DPV) (KPa), e através da relação A/E a eficiência do uso da água (EUA) [$\mu\text{mol CO}_2 (\text{mmol H}_2\text{O})^{-1}$].

4. CAPÍTULO 1- EFEITO DA ÉPOCA DE PODA E DA RESTRIÇÃO HIDRICA SOBRE AS TROCAS GASOSAS NA CULTURA DA AMORA-PRETA

4.1. INTRODUÇÃO

O período de produção nas principais regiões brasileiras produtoras de amora-preta se estende de outubro a fevereiro (ANTUNES et al., 2014). A produção dessa espécie ocorre em ramos de ano, sendo que durante a fase de frutificação outras hastes emergem do solo renovando a planta para o ciclo seguinte (FACHINELLO et al., 1994). A poda é um dos principais manejos da cultura devendo ser realizada em dois diferentes momentos, no verão, com a retirada dos ramos que produziram na safra anterior, e no inverno, com o encurtamento das hastes laterais a fim de organizar o espaço na linha de cultivo e distribuir a frutificação (GONÇALVEZ et al., 2011; TULLIO; AYUB, 2013).

O momento em que a poda de inverno é realizada pode interferir no desenvolvimento e no ciclo das plantas, visto que neste momento as plantas estão saindo de um período de repouso e diversas transformações importantes para o início de um novo ciclo produtivo estão se processando. Além disso, a poda pode alterar as condições micrometeorológicas do pomar, como temperatura do ar e ventilação, com possíveis interferências no ciclo da cultura (FERREIRA et al., 2016). Em trabalho realizado na região de Morro Redondo, no Rio Grande do Sul, avaliando três diferentes épocas de poda na cultura da amora-preta, Santos et al. (2020) observaram que diferentes épocas de poda causam efeito na fenologia das plantas.

A região de cultivo da amora-preta é definida principalmente pelos fatores climáticos. Por ser uma cultura de clima temperado necessita de invernos com temperaturas do ar abaixo de 7,2°C, para que consiga atingir o número de horas de frio necessários para superação da dormência das gemas e posterior retomada do crescimento e desenvolvimento (SANTOS et al., 2017). A cultivar ‘Tupy’ apresenta ampla distribuição nas regiões produtoras do Brasil uma vez que possui baixa necessidade em frio, necessitando menos de 200 horas de frio para superação da dormência (ANTUNES; RASEIRA, 2004).

O estresse causado por déficit hídrico em alguns anos pode causar perdas na produção agrícola mundial (NAKASHIMA et al., 2014). No estado do Rio Grande do Sul períodos de déficit pluviométrico podem ser observados entre os meses de novembro e janeiro, podendo ocasionar estresse para as plantas na fase que antecede a maturação dos frutos, afetando diretamente a qualidade e a produtividade das culturas (MARTINAZZO et al., 2013; HALLAL et al., 2013). As alterações causadas pelo déficit hídrico nas plantas podem ser reversíveis ou irreversíveis, dependendo do genótipo, estágio de desenvolvimento, duração do estresse, da dinâmica solo-planta-atmosfera e demais condições meteorológicas (SHAO et al., 2008).

As alterações causadas nas plantas em razão do déficit hídrico estão relacionadas com mudanças morfológicas e fisiológicas. Plantas submetidas ao estresse têm redução na produção de frutos, altura das plantas e número de folhas, (MORALES et al., 2015). As mudanças morfológicas decorrem de fatores fisiológicos, quando as plantas são expostas a estresse por déficit hídrico uma das primeiras reações é a regulação da abertura estomática. Em resposta ao decréscimo no potencial hídrico, a fim de manter a turgescência das células das folhas, as plantas tendem a diminuir a condutância estomática, com isso simultaneamente ocorre queda na taxa transpiratória e na concentração intercelular de CO_2 que, por consequência, limitam a taxa fotossintética (OLIVEIRA; FERNANDES; RODRIGUES, 2005).

Em outras espécies como na ameixeira, por exemplo, quando submetidas ao déficit hídrico apresentam redução na atividade fotossintética associada a diminuição da condutância estomática (MARTINAZZO et al., 2013), na cultura do cafeeiro o déficit hídrico causa queda na taxa de assimilação líquida de CO_2 e na condutância estomática (PELOSO et al., 2017), em tomateiro o estresse causado pelo déficit hídrico ocasionou queda na produção, altura das plantas e número de folhas, além de redução da condutância estomática e taxa fotossintética (MORALES et al., 2015).

Estudos sobre trocas gasosas na cultura da amora-preta submetida a diferentes épocas de poda são importantes ferramentas para compreender os mecanismos que regulam os processos fisiológicos e auxiliar na escolha do melhor manejo para as plantas. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi analisar as possíveis influências da época de poda e da restrição hídrica sobre as trocas gasosas da amora-preta.

4.2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no município de Morro Redondo – RS (31°32'S, 52°34'W e altitude 158 m), em um pomar de amora-preta com 2500 m², durante a safra 2019/20. O clima nesta região é o subtropical úmido, do tipo Cfa segundo a classificação de Köppen.

O pomar de amora-preta 'Tupy' foi instalado em 2003, com plantas conduzidas em sistema de espaldeira com dois fios, em espaçamento de 2,5 metros entre linhas e 0,7 metros entre plantas. Por motivo de padronização, a poda de inverno foi realizada deixando duas hastes por planta, já os ramos laterais foram podados com cerca de 30 centímetros de comprimento, segundo Marchi et al. (2015) a poda longa, com 8 gemas por ramo apresenta melhores resultados quanto a produtividade. As práticas de cultivo foram idênticas para os tratamentos e o controle de plantas concorrentes foi realizado de forma mecânica com o uso de roçadeira e enxada. Em nenhum momento do ciclo de cultivo foram utilizados agrotóxicos e a adubação foi feita utilizando potássio e nitrato de amônio na quantidade de 100g por planta.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizados com bifatorial, três épocas de poda: 1ª época – 19/07/19 (precoce), 2ª época – 15/08/19 (convencional) e 3ª época – 09/09/19 (tardia) e quatro datas de avaliação para restrição hídrica: 03/12/2019 (6 dias após a chuva), 06/12/2019 (9 dias após a chuva), 11/12/2019 (14 dias após a chuva) e 19/12/2019 (2 dias após a chuva).

Para as épocas de poda foram utilizadas dez repetições, cada parcela experimental foi composta por seis plantas. As datas para a época de poda foram estabelecidas tomando o dia 15 de agosto como a data usual para a realização da poda da amora-preta na região (PAGOT et al., 2007).

As avaliações de trocas gasosas foram realizadas após a chuva, nos dias 26/11/2019 e 27/11/2019 ocorreu precipitação que totalizou 4mm, na sequência foram realizadas avaliações aos 6, 9 e 14 dias após a chuva. A avaliação realizada 2 dias após a chuva ocorreu após uma precipitação de 9,4 mm, que ocorreu no período entre os dias 12/12/2019 e 17/12/2019.

Os valores de temperatura do ar, precipitação pluviométrica e saldo de radiação foram coletados por meio de instrumentos meteorológicos ligados a um sistema de aquisição de dados datalogger CR1000 (Campbell Scientific), programado para

registrar, de forma independente, cada medição. As medidas foram realizadas a cada segundo, armazenando um valor médio ou somatório em um intervalo de 30 minutos.

A evapotranspiração de referência foi calculada pelo método de Penman-Monteith, apresentada por American Society of Civil Engineers (ASCE-EWRI, 2005), para uma superfície de referência (gramado). Utilizando a equação 12.

$$Et_0 = \frac{0,408\Delta(Rn - G) + \gamma \frac{37}{(T + 273)} U_2(es - ea)}{\Delta + \gamma(1 + Cd \cdot U_2)} \quad (12)$$

Sendo:

Et_0 - evapotranspiração de referência (mm h^{-1});

Rn - saldo de radiação à superfície ($\text{W m}^{-2} \text{h}^{-1}$);

G - fluxo de calor sensível no solo ($\text{W m}^{-2} \text{h}^{-1}$);

T - temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$);

U_2 - velocidade do vento (m s^{-1});

es - pressão de saturação de vapor (kPa);

ea - pressão atual de vapor (kPa);

Δ - declividade da curva de pressão de saturação ($\text{kPa}^{\circ}\text{C}^{-1}$);

γ - constante psicrométrica ($\text{kPa}^{\circ}\text{C}^{-1}$);

Cd - denominador constante de 0,24 (s m^{-1}) para período diurno.

As pressões de vapor, a declividade da curva de pressão de vapor e os coeficientes psicométricos foram obtidos pelas equações 13, 14 e 15.

$$es = 0,61078 \times 10^{\frac{7,5T}{237,3+T}} \quad (13)$$

$$ea = \acute{e}s - \gamma(T - Tu) \quad (14)$$

$$\acute{e}s = 0,61078 10^{\frac{7,5Tu}{237,3+Tu}} \quad (15)$$

Com ea obtido por medições psicométricas e $\acute{e}s$ sendo a pressão de vapor de saturação, medida em kPa, à temperatura do bulbo úmido (Tu). A declividade da curva de pressão de vapor e o coeficiente psicométrico foram obtidos pelas equações 16 e 17.

$$\Delta = \frac{4098es}{(T + 237,3)^2} \quad (16)$$

$$\gamma = 0,0016286 \frac{P}{\lambda} \quad (12)$$

O fluxo de calor sensível no solo foi estimado como sendo 3% do valor do saldo de radiação conforme equação 18.

$$G = Rn \times 0,03 \quad (18)$$

As medidas de trocas gasosas foram realizadas com um analisador de gases por detecção de radiação infravermelho (IRGA), da marca LI-COR, modelo LI-6400XT, com câmara de fluorescência modelo 6400-40.

As leituras foram realizadas no período entre as 10h e 12h, apenas e exclusivamente em dias de céu completamente limpo, em folhas expostas ao sol, na altura mediana das plantas. Foram realizadas duas leituras por planta, no folíolo central, em cinco plantas por tratamento, totalizando 10 leituras por tratamento em cada data de avaliação.

A concentração de CO₂ na câmara foi ajustada para 350 µmol mol⁻¹ e a densidade de fluxo de fótons para 1.500 µmol m⁻²s⁻¹ (STAFNE et al., 2001). Os parâmetros observados foram: taxa de assimilação líquida de CO₂ (A) (µmol CO₂ m⁻² s⁻¹), condutância estomática (gs) (mol H₂O m⁻² s⁻¹), taxa transpiratória (E) (mmol H₂O m⁻² s⁻¹), concentração intercelular de CO₂ (Ci) (µmol CO₂ mol ar⁻¹) e déficit de pressão de vapor (DPV) (KPa), e através da relação A/E a eficiência do uso da água (EUA) [µmol CO₂ (mmol H₂O)⁻¹].

Os dados meteorológicos foram transferidos para uma planilha eletrônica, onde foram organizados e tabulados. Os dados das avaliações de trocas gasosas foram organizados em planilhas eletrônicas e posteriormente submetidas à análise de variância, quando constatada significância foi realizado o Teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, por meio do programa estatístico “R”.

4.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As avaliações fisiológicas na amora-preta tiveram início a partir de dois dias de chuva totalizando uma precipitação de 4 mm. Os dias subsequentes a essa chuva apresentaram nebulosidade inviabilizando as medições nas plantas. Condições de céu límpido foram observadas apenas seis dias após esse período chuvoso, em 03 de dezembro. As avaliações em 19 de dezembro ocorrem dois dias após chuva de 9,4 mm. Os dados de saldo de radiação, temperatura do ar, evapotranspiração e déficit de pressão de vapor apresentados na Tabela 2 caracterizam as condições do ambiente de cultivo durante os horários das avaliações fisiológicas da amora-preta. A taxa de assimilação líquida de CO₂, condutância estomática e taxa transpiratória, avaliadas durante a fase de produção da amora-preta, não apresentaram diferença significativa entre as datas de poda avaliadas, indicando que a época de poda da amora-preta não teve efeito sobre estas variáveis quando as plantas se encontram nesta fase do desenvolvimento podendo, portanto, serem descritas apenas pelos respectivos valores médios (Tabela 2) (Anexo A).

Tabela 2- Valores de saldo de radiação (Rn), evapotranspiração (ET_{0h}) e temperatura média do ar (T) no horário de avaliação, déficit de pressão de vapor (DPV), taxa de assimilação líquida de CO₂ (A), condutância estomática (GS) e transpiração (E) da amora-preta, após ocorrência de chuva, durante a fase de produção. Morro Redondo, 2019.

DAC*	Data	Rn (W m ⁻²)	T (°C)	ET _{0h} (mm h ⁻¹)	DPV (KPa)	A (μmol CO ₂ m ⁻² s ⁻¹)	GS (mmol H ₂ O m ⁻² s ⁻¹)	E (mmol H ₂ O m ⁻² s ⁻¹)
2	19/dez	694	29,2	0,52	2,23 b	17,81 a	320 a	7,74 a
6	03/dez	666	24,8	0,46	2,32 b	15,73 b	280 ab	6,75 bc
9	06/dez	598	24,8	0,39	2,33 b	14,78 b	240 b	5,88 c
14	11/dez	642	34,7	0,53	3,50 a	11,20 c	180 c	7,39 ab

*DAC dias após a chuva.

Médias seguidas da mesma letra minúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

Apesar de não encontrar diferença significativa para as variáveis taxa de assimilação de CO₂, condutância estomática e transpiração entre as épocas de poda avaliadas é importante ressaltar que esse comportamento pode variar conforme a cultura e a variedade. Isso foi observado por Morais et al. (2011), na região de Marilândia-ES, os quais avaliaram seis clones de café submetidos a diferentes datas de poda (15/maio, 15/junho, 15/julho e 15/agosto). Esses autores observaram que para assimilação líquida de CO₂, antes do período de floração do café, não houve

diferença significativa entre as datas de poda, porém a condutância estomática apresentou diferença estatística para um dos clones, que teve condutância mais elevada nas plantas podadas em 15/maio e menor valor nas plantas podadas em 15/junho.

Conforme pode ser observado na Tabela 2 a taxa de assimilação líquida de CO_2 diminuiu gradativamente com o aumento do número de dias sem chuva. As maiores taxas de assimilação líquida de CO_2 foram observadas dois dias após a chuva, atingindo em média $17,81 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, a qual sofreu decréscimos graduais com o aumento do número de dias após a chuva atingindo, no décimo quarto dia, $11,20 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Quanto a condutância estomática os resultados indicam que até o sexto dia após a chuva não houve alteração importante desse atributo, porém a partir do nono dia sem chuva nota-se significativa redução de valores. A persistência de dias sem chuva por até quatorze dias reduz ainda mais a condutância estomática que, em termos relativos, representa 56% em relação ao valor observado dois dias após a chuva (Tabela 2).

A taxa de assimilação líquida de CO_2 e a condutância estomática são variáveis diretamente dependentes da disponibilidade de água e da demanda atmosférica (CHAVARRIA, 2008). Com o passar dos dias após a chuva, a disponibilidade de água no solo diminui e a planta tende a reduzir a condutância estomática por meio do fechamento dos estômatos, reduzindo a entrada de CO_2 para planta e por consequência diminuindo a taxa de assimilação de CO_2 , conforme pode ser observado na Tabela 2. Os estômatos são estruturas responsáveis pela troca de gases entre a planta e a atmosfera, quando abertos, permitem a assimilação de CO_2 e a transferência de O_2 e de H_2O da planta para a atmosfera (PELOSO et al., 2017).

A taxa transpiratória apresentou os maiores valores aos dois e quatorze dias após a chuva $7,74$ e $7,39 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, respectivamente, sendo o menor valor observado nove dias após a chuva, com valor de $5,88 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (Tabela 2). Isso evidencia que a transpiração não está apenas condicionada a abertura estomática, existem diversos outros fatores ambientais como vento, temperatura do ar, radiação solar e umidade do ar que interferem no processo de transferência de água das plantas. Na Tabela 2 é possível observar que aos quatorze dias após a chuva a temperatura média do ar foi de $34,7^\circ\text{C}$ e o déficit de pressão de vapor $3,50 \text{ KPa}$, os maiores valores observados durante as avaliações, enquanto a condutância estomática apresentou o menor valor ($180 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), nesta situação a planta

transfere mais água para atmosfera do que absorve CO₂ pelos estômatos, o que explica a elevada taxa transpiratória e baixa assimilação de CO₂.

Em estudo realizado na região de Pelotas, avaliando o efeito da restrição hídrica sobre as trocas gasosas em cultivares de girassol MG2 e M735, Carneiro (2011) observou que a taxa de assimilação líquida de CO₂ não diferiu das plantas controle nos cinco primeiros dias, com valores próximos a 23 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ para cultivar M735 e 20 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ para MG2. Porém, no décimo segundo dia de restrição hídrica a assimilação líquida de CO₂ apresentou queda de 9 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, para cultivar M735, e de 11 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, para a cultivar MG2. Na amora-preta ‘Tupy’ a redução na assimilação de CO₂ foi menos acentuada, reduziu cerca de 6 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ do segundo dia ao décimo quarto dia após a ocorrência da chuva (Tabela 2).

O menor valor observado para a condutância estomática foi 180 $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (Tabela 2), demonstrando que, mesmo quatorze dias após a chuva, não ocorreu o fechamento total dos estômatos. Em estudo realizado em casa de vegetação, com a ameixeira, Martinazzo et al. (2013) observaram condutância estomática nula a partir do oitavo dia após a suspensão da irrigação, no entanto, cabe ressaltar que possivelmente as plantas de ameixeira foram expostas a condições mais restritivas de água, uma vez que as plantas foram cultivadas em vasos.

Para amora a condutância estomática reduziu significativamente no nono dia após a chuva, semelhante ao observado por Oliveira et al. (2002) na cultura da pupunheira, que começou a apresentar diferença significativa na condutância a partir do quinto dia de imposição do tratamento, variando de 225 a 30 $\text{mmol}^{-2} \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ durante o período do experimento, chegando a menor condutância no décimo dia de imposição do tratamento. As plantas utilizam de mecanismos para evitar a desidratação excessiva devido a transpiração causada pelas folhas, para isso ocorre o fechamento estomático, fisiologicamente essa resposta é quantificada pela condutância estomática (TAIZ; ZEIGER, 2013; SILVA et al., 2015).

Com ameixa ‘América’, Martinazzo et al. (2013) observaram redução na taxa de assimilação líquida de CO₂ após cinco dias de estresse por déficit hídrico, chegando a valores mínimos a partir do oitavo dia. Ainda, o fechamento estomático da ameixa foi induzido após o oitavo dia de avaliação, indicando relação direta entre a fotossíntese e a condutância estomática, comportamento semelhante ao observado para amora, onde a limitação estomática causou queda na taxa fotossintética (Tabela

2), devido a redução da quantidade de CO₂ que é absorvida pela planta através dos estômatos.

Na pesquisa conduzida por Oliveira et al. (2002) a pupunheira submetida ao déficit hídrico reduziu a taxa fotossintética após o sexto dia de estresse, a condutância estomática reduziu a partir do quinto dia, enquanto a taxa transpiratória teve redução significativa após o quarto dia de estresse, chegando a 10%, 13% e 23,5% do valor inicial, respectivamente, no décimo dia de avaliação. Esses valores são semelhantes aos observados neste trabalho, onde a fotossíntese e a transpiração reduziram a partir do sexto dia de avaliação, enquanto a condutância reduziu após o nono dia.

As avaliações aos seis e nove dias após a chuva não diferiram estatisticamente para taxa de assimilação líquida de CO₂, condutância estomática e taxa transpiratória (Tabela 2). Nessas duas ocasiões a temperatura do ar e o déficit de pressão de vapor no momento da avaliação, foram de 24,8°C e de 2,3 KPa, respectivamente, o que evidencia a importância destes parâmetros no comportamento das trocas gasosas da amoreira. Mesmo ampliando o período sem chuvas de seis para nove dias, em condições semelhantes de temperatura do ar e de DPV, as trocas gasosas da amora-preta se mantiveram estáveis

Para a taxa de assimilação líquida de CO₂ e condutância estomática os menores valores foram observados aos quatorze dias após a chuva, devido a possível redução da entrada de CO₂ nas folhas, causada pelo fechamento estomático provocado pela restrição hídrica. A redução na condutância estomática também causa queda na transpiração, que pode ser observada até o nono dia após a chuva, no entanto, aos quatorze dias após a chuva a taxa transpiratória foi de 7,39 mmol H₂O m⁻² s⁻¹ (Tabela 2), semelhante a observada aos dois e seis dias após a poda, mas com temperaturas do ar mais elevadas, as quais atingiram 34,7°C durante o período de medição de trocas de gases. Assim esse comportamento pode ser explicado pela necessidade de manutenção da temperatura interna da planta em patamares aceitáveis, a fim de não causar prejuízos ainda maiores ao metabolismo das plantas, mesmo sob condições de restrição hídrica, a amora-preta pode manter a transpiração para dissipar a sua energia térmica (ANGELOCCI, 2002).

O valor de concentração intercelular de CO₂ indica a quantidade de CO₂ presente na câmara subestomática, ou seja, a quantidade de dióxido de carbono disponível para os processos fotossintéticos. Para amora-preta a concentração intercelular de CO₂ diferiu entre as épocas de poda apenas aos dois dias após a chuva

(19/dez), quando as plantas podadas na época convencional (15/ago) apresentaram concentração superior ($242,77 \mu\text{mol CO}_2 \text{ mol ar}^{-1}$) às plantas podadas nas épocas precoce (19/jul) e tardia (09/set), as quais obtiveram, respectivamente, $224,22 \mu\text{mol CO}_2 \text{ mol ar}^{-1}$ e $222,15 \mu\text{mol CO}_2 \text{ mol ar}^{-1}$ (Tabela 3) (Anexo A). Esse comportamento pode ser explicado, conforme sustenta Correa (2020), devido a difusão do CO_2 na fase gasosa entre a atmosfera e os espaços intercelulares ou ao baixo consumo de CO_2 associado ao aumento dos processos fisiológicos, resultando em maior concentração de CO_2 .

Tabela 3: Concentração intercelular de CO_2 (Ci) ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol ar}^{-1}$) em dias após a ocorrência de chuva (DAC) para as três épocas de poda da amora-preta. Morro Redondo, 2019.

DATA	DAC	ÉPOCA DA PODA		
		Precoce	Convencional	Tardia
19/dez	2	224,22 a B*	242,77 a A	222,15 a B
03/dez	6	232,82 a A	229,32 ab A	230,92 a A
06/dez	9	224,50 a A	226,09 ab A	224,68 a A
11/dez	14	225,74 a A	217,19 b A	227,63 a A

*Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e minúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Em trabalho realizado com a cultura da ameixeira submetida a estresse por déficit hídrico, na região de Pelotas-RS, Klumb (2015) observou que a cultivar Julior, quando submetida ao déficit hídrico, apresentou, no terceiro e quarto dia após a imposição do tratamento, valores de concentração intercelular de CO_2 de 355 e 352 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol ar}^{-1}$, respectivamente, valores superiores aos observados nas plantas controles, cerca de 34 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol ar}^{-1}$ mais elevado, para os mesmos dias. Tal fato pode estar associado ao heterogêneo fechamento estomático, condutância cuticular e limitações não-estomáticas.

Ao contrário do observado nas épocas precoce e tardia, as plantas podadas na época convencional apresentaram efeito da concentração intercelular de CO_2 (Ci) para o número de dias após a chuva, sendo que o maior valor observado foi aos dois dias após a chuva ($242,77 \mu\text{mol CO}_2 \text{ mol ar}^{-1}$) e o menor valor observado quatorze dias após a chuva ($217,19 \mu\text{mol CO}_2 \text{ mol ar}^{-1}$), conforme pode ser verificado na Tabela 3. Ainda, as observações de Ci realizadas aos seis e nove dias após a chuva não diferiram daquelas realizadas aos dois e quatorze dias. Isto demonstra que plantas adultas de amora-preta 'Tupy' conseguem manter a mesma Ci por pelo menos 9 DAC, por outro lado, em estacas de ameixeira, submetida a estresse por suspensão da

irrigação, Martinazzo et al. (2013) verificaram redução na concentração intercelular de CO₂ com o avanço do estresse, associado a redução da condutância estomática.

Em trabalho realizado no município de Lavras-MG, estudando o comportamento do tomateiro submetido a quatro níveis de umidade do solo (100%, 75%, 50% e 25% da capacidade de campo), Morales et al. (2015) observaram uma redução na quantidade do CO₂ intercelular a medida que a quantidade de umidade no substrato diminuía, as plantas submetidas a 100% e 25% da capacidade de campo atingiram 92,63 $\mu\text{mol mol}^{-1}$ e 59,20 $\mu\text{mol mol}^{-1}$, respectivamente, a condutância estomática também apresentou queda com a redução do conteúdo de água no substrato, demonstrando uma relação entre estes fatores.

Para as plantas de amora-preta podadas em julho (época precoce) e setembro (época tardia) não ocorreu diferença no número de dias após a chuva para a concentração intercelular de CO₂, variando entre 224,22 e 232,82 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol ar}^{-1}$, nas plantas podadas na época precoce, e de 222,15 até 230,92 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol ar}^{-1}$, nas plantas que receberam poda tardia (Tabela 3). Em trabalho realizado na região de Pelotas-RS, estudando o comportamento de pessegueiro (Capdeboscq) submetido a estresse por déficit hídrico, durante sete dias, Klumb (2015) observou no primeiro dia de avaliação, 320,0 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol ar}^{-1}$, com queda apenas no quarto dia (285,4 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol ar}^{-1}$), chegando a 314,8 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol ar}^{-1}$ no sétimo dia de avaliação.

Para as plantas que receberam a poda precoce e tardia o valor da concentração intercelular de CO₂ se manteve constante ao longo do período de experimento, comportamento que pode ser explicado por Dutra et al., (2015), onde associaram o acúmulo de Ci no mesófilo foliar ao fechamento estomático e a redução na taxa de assimilação líquida de CO₂. Demonstrando que os resultados obtidos no presente trabalho podem estar diretamente relacionados com a redução dos valores de A e Gs ao decorrer do aumento no número de dias após a chuva.

A eficiência do uso da água (EUA), também conhecida por razão de transpiração, é definida como a relação entre a taxa de assimilação líquida de CO₂ e a transpiração, ou seja, indica a eficiência das plantas em controlar a transferência de água através da transpiração ao passo que permite a absorção de CO₂ para fotossíntese. Para a cultura da amora-preta a eficiência do uso da água diferiu entre as épocas de poda e número de dias após a chuva (Tabela 4) (Anexo A).

Tabela 4: Eficiência do uso da água (EUA) [$\mu\text{mol CO}_2 (\text{mmol H}_2\text{O})^{-1}$] em dias após ocorrência de chuva (DAC) para as três épocas de poda da amora-preta. Morro Redondo, 2019.

Data	DAC	ÉPOCA DA PODA		
		Precoce	Convencional	Tardia
19/dez	2	2,50 ab A*	2,04 b B	2,46 a A
03/dez	6	2,35 b A	2,27 ab A	2,39 a A
06/dez	9	2,66a A	2,39 a B	2,50 a AB
11/dez	14	1,36 c B	1,74 c A	1,47 b B

*Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e minúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

As plantas podadas em época convencional diferiram quanto a EUA das plantas podadas precocemente e tardiamente, as quais foram semelhantes entre si. Apesar disso, para todas as épocas de poda, os maiores valores de eficiência do uso da água ocorreram até nove dias após a chuva. O uso mais eficiente da água está diretamente atrelado ao tempo de abertura estomática, pois, enquanto a planta absorve CO_2 para a fotossíntese, a água é perdida para o ambiente (PEREIRA-NETTO et al., 2002).

Na poda precoce, realizada em julho, a eficiência do uso da água aos nove dias após a chuva alcançou $2,66 \mu\text{mol CO}_2 (\text{mmol H}_2\text{O})^{-1}$, nesse momento a planta estava absorvendo o máximo de CO_2 com o mínimo de perda de água. Para as plantas que receberam poda na época convencional (agosto), apresentados na

Tabela 4, a maior eficiência de uso da água foi observada aos seis e aos nove dias após a chuva. A EUA das plantas podadas tardiamente (setembro) não diferiram quanto ao número de dias após a chuva até o nono dia de avaliação, variando entre 2,50 e $2,39 \mu\text{mol CO}_2 (\text{mmol H}_2\text{O})^{-1}$.

Na Tabela 4 nota-se que nos primeiros nove DAC, para as três épocas de poda, os valores de EUA da amora-preta oscilaram acima de $2,0 \mu\text{mol CO}_2 (\text{mmol H}_2\text{O})^{-1}$, no entanto nas observações realizadas posteriormente, quatorze DAC, a EUA reduziu de maneira significativa para as três épocas de poda, chegando a 1,36, 1,74 e 1,47 $\mu\text{mol CO}_2 (\text{mmol H}_2\text{O})^{-1}$, para as plantas podadas em épocas precoce, convencional e tardia, respectivamente, indicando evidente prejuízo no uso da água pela cultura.

Para as plantas podadas na época precoce, convencional e tardia os maiores valores de eficiência do uso da água foram observados até nove dias após a chuva. Segundo Carneiro (2011) esse comportamento está vinculado a uma estratégia das

plantas para tolerar o déficit hídrico, uma vez que, com a redução na disponibilidade de água do solo as plantas controlam a perda de água mediante o fechamento estomático.

5. CONCLUSÃO

A taxa de assimilação líquida de CO_2 , não sofre influência da época de poda, diminuindo seus valores gradativamente com o aumento do número de dias após a chuva.

A condutância estomática não apresenta alteração de valores até o sexto dia após a chuva, entretanto a partir do nono dia sem chuva nota-se significativa redução de valores.

A taxa transpiratória sofre decréscimo até nove dias após a chuva, com valor elevado aos quatorze dias, devido a elevada demanda atmosférica.

O número de dias após a chuva tem efeito na concentração intercelular de CO_2 , para as plantas que receberam a poda convencional. Dois dias após a chuva a concentração intercelular de CO_2 das plantas podadas na época convencional é superior aos valores observados nas plantas com poda precoce e tardia.

A eficiência do uso da água difere entre as épocas de poda, no entanto, para todas as épocas avaliadas os maiores valores são observados até nove dias após a chuva.

6. CAPÍTULO 2- BALANÇO DE RADIAÇÃO DA AMORA-PRETA E SUAS RELAÇÕES COM A ÉPOCA DE PODA, FASES FENOLÓGICAS E EVAPOTRANSPIRAÇÃO

6.1.INTRODUÇÃO

A amoreira (*Rubus* spp) é uma planta pertencente ao grupo das “pequenas frutas”, apresenta rápido retorno econômico, iniciando a produção já no segundo ano de cultivo. A cultura pode agregar alto valor em propriedades com mão-de-obra familiar, visto que, além da venda dos frutos *in natura* é possível a confecção de sucos, bolos e geleias, que agregam valor ao produto (ANTUNES; RASEIRA, 2004).

A poda é um dos principais manejos da cultura, podendo ser executada em dois momentos durante o ano, a poda de verão, quando se eliminam as hastes que produziram e encurtam-se as novas hastes emergidas do solo, e no inverno, onde se reduz os ramos laterais (GONÇALVES et al., 2011). A época de poda e o modo de condução das plantas podem modificar as condições microclimáticas do pomar, como temperatura do ar, umidade e ventilação. Estas alterações podem interferir no ciclo e na qualidade dos frutos (FERREIRA et al., 2016).

As fases fenológicas da amora preta de maior sensibilidade ao estresse hídrico são durante a floração e maturação dos frutos, a falta ou excesso de água no solo pode causar perdas qualitativas e quantitativas na produção, além de prejudicar o crescimento das hastes que irão produzir no próximo ano (FEIL, 2019). A instalação de um sistema de irrigação proporciona frutos de maior tamanho e massa fresca, com isso ocorre incremento de produtividade (SEGANTINI et al., 2014). O consumo hídrico da cultura é parâmetro de fundamental importância para o correto manejo de irrigação, podendo ser determinado pela estimativa da evapotranspiração (SILVA, 2005).

A radiação solar é de extrema importância para a vida na Terra, sendo responsável pelos principais processos, como evaporação da água, fotossíntese e aquecimento do ar e do solo, entretanto somente parte da radiação solar que chega na superfície da Terra é utilizada nestes processos (RADÜNZ et al., 2011; SCHÖFFEL et al., 2021). A parte da energia utilizada para estes processos é denominada como

saldo de radiação, constituída pelo balanço de ondas curtas e ondas longas, o fluxo de radiação solar é positivo durante o dia e negativo a noite (FIETZ; FISCH, 2009).

Parte da radiação solar que chega na superfície da Terra é refletida, a razão entre a radiação solar refletida e a radiação solar global sobre uma cultura é chamada de albedo ou coeficiente de reflexão (BERGAMASCHI; BERGONCI, 2017). O albedo influencia diretamente na partição de energia que chega em uma superfície, pois ele corresponde a capacidade de uma superfície em refletir a radiação solar (KUSHARI; KONITPONG, 2011). De modo que quanto menor o valor do albedo maior será a disponibilidade de energia para aquele meio, já que a superfície em questão reflete menos radiação solar, já valores elevados de albedo representam uma baixa disponibilidade de energia.

A temperatura do ar atua no processo de evapotranspiração, pois, a radiação solar absorvida pela atmosfera e o calor emitido pela superfície cultivada, elevam a temperatura do ar. O ar aquecido próximo às plantas, transfere energia para a cultura na forma de fluxo de calor sensível, aumentando as taxas evapotranspiratórias (BASSOI, 2004). A capacidade evaporativa do ar é determinada pelo déficit de pressão de vapor, sendo ele a diferença entre a pressão de vapor do ar quando este está saturado e a pressão no momento avaliado (MEDEIROS, 2002).

A evapotranspiração de referência (ET_o) pode ser utilizada em inúmeros estudos agrometeorológicos, como balanços hídricos, modelos de produção, zoneamentos agroclimáticos, manejo e dimensionamento de sistemas de irrigação (CONCEIÇÃO, 2006). Pode ser obtida através do método de Penman-Monteith, considerado padrão pela Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO) (ALLEN et al., 1998). Este método exige elevado número de variáveis meteorológicas, assim sendo, acaba por ter aplicação limitada, sendo utilizado apenas quando existe a disponibilidade de todos os dados necessários (MENDONÇA; DANTAS, 2010).

Diante das reduzidas informações relativas a evapotranspiração e balanço de radiação sobre épocas de poda, na cultura da amora-preta, o presente trabalho tem por objetivo caracterizar o balanço de radiação durante as fases fenológicas da amora-preta; a interferência da época de poda sobre o balanço de energia; e determinar a relação entre o saldo de radiação e a evapotranspiração de referência.

6.2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no município de Morro Redondo – RS (31°32'S, 52°34'W e altitude 158 m), em um pomar de amora-preta com 0,25 ha, na safra de 2019/20. O clima nesta região é o subtropical úmido, sem estação seca e temperatura do mês mais quente maior que 22°C segundo a classificação de Köppen.

O pomar foi instalado em 2003, com plantas de amora-preta exclusivamente da cultivar 'Tupy', conduzidas em sistema de espaldeira com dois fios, em espaçamento de 2,5 metros entre linhas e 0,7 metros entre plantas.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com dez repetições, na qual cada parcela foi constituída por seis plantas, os tratamentos foram constituídos de três épocas de poda: 1ª época – 19/07/2019 (precoce), 2ª época – 15/08/19 (convencional) e 3ª época – 09/09/19 (tardia).

Cada planta foi conduzida com 2 hastes principais e comprimento dos ramos de trinta centímetros, a fim de padronizar as plantas. Durante o experimento foram empregadas práticas de cultivo idênticas para todos os tratamentos e o controle de plantas concorrentes foi realizado de forma mecânica com o uso de roçadeira e enxada. Em nenhum momento do ciclo de cultivo foram utilizados agrotóxicos e a adubação foi feita utilizando potássio e nitrato de amônio na quantidade de 100g por planta.

O acompanhamento fenológico foi realizado por meio de observações visuais, semanalmente, seguindo a classificação proposta Hussain et al. (2016) observando os estádios de brotação (B), flor completamente aberta (FA), baga verde (BV), e baga madura (BM) (Figura 2). Os frutos foram colhidos quando atingiram o estágio de maturação plena, ou seja, quando com coloração preta brilhante (ANTUNES; HOFFMANN, 2012).

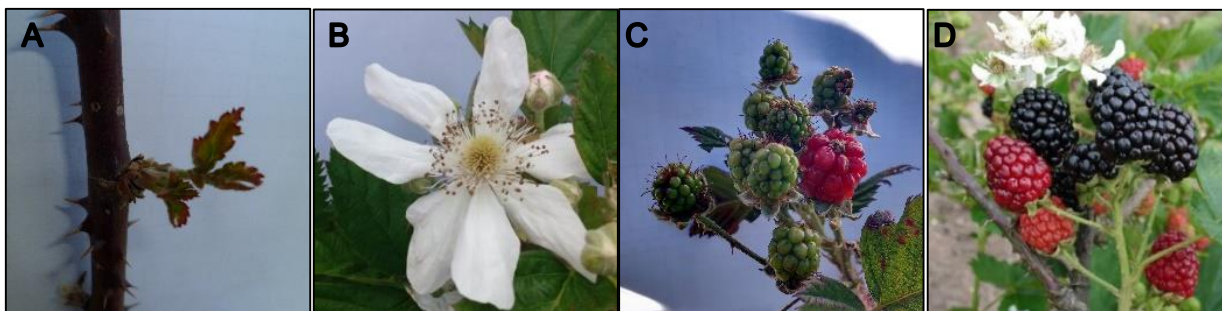


Figura 3- Fases fenológicas do desenvolvimento da amora-preta. (A) Brotação; (B) Flor completamente aberta; (C), Baga verde; (D) Baga Madura. Escala adaptada de Hussain et al. (2016).
Fonte: Autor.

Os dados fenológicos obtidos foram digitalizados em planilhas eletrônicas, considerando a data inicial de ocorrência dos estádios fenológicos quando 50% das gemas atingiram os estádios avaliados.

As variáveis micrometeorológicas foram coletadas por meio de instrumentos meteorológicos ligados a um sistema de aquisição de dados *dataloggers* CR1000 (Campbell Scientific), programado para registrar, de forma independente, cada medição. As medidas foram realizadas a cada segundo, armazenando um valor médio ou somatório em um intervalo de 30 minutos.

Foi instalado um saldo-radiômetro junto à linha de cultivo, na época tardia, a 1,75 metros de altura, em relação ao solo, e 0,65 m acima do dossel da cultura, esse equipamento foi utilizado para obtenção do saldo de radiação (R_n).

A radiação solar global (R_s) foi obtida com um tubo solarímetro, com a face sensível voltada para cima, instalado a 1,65 metros de altura, em relação ao solo, e 0,55 m acima do dossel da cultura. Para a radiação solar refletida (R_r) foram instalados três tubos solarímetros, um em cada época de poda com a face voltada para baixo, instalados a 1,55 metros de altura e 0,45 m acima do dossel da cultura.

O valor do albedo (α) foi determinado através da equação ().

$$\alpha = \frac{R_r}{R_s} \quad (19)$$

Sendo R_r a radiação solar refletida ($\text{MJm}^{-2} \text{d}^{-1}$) e R_s a radiação solar global ($\text{MJm}^{-2} \text{d}^{-1}$).

O balanço de ondas curtas (BOC) foi calculado utilizando a equação (13) e o balanço de ondas longas (BOL) pela equação ().

$$\text{BOC} = R_s - R_r \quad (13)$$

$$BOL = BOC - Rn \quad (21)$$

A evapotranspiração de referência foi calculada pelo método de Penman-Monteith (Smith, 1991), para uma superfície de referência (gramado). Utilizando a equação 22.

$$Et_0 = \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} (Rn - G) \frac{1}{\lambda} + \frac{900\gamma}{(\Delta + \gamma^*)(T + 273)} U_2 (e_s - e_a) \quad (22)$$

Sendo:

Et_0 - evapotranspiração de referência (mm d⁻¹);

Rn - saldo de radiação à superfície (MJ m⁻² d⁻¹);

G - fluxo de calor sensível no solo (MJ m⁻² d⁻¹);

T - temperatura do ar (°C);

U_2 - velocidade do vento (m s⁻¹);

e_s - pressão de saturação de vapor (kPa);

e_a - pressão atual de vapor (kPa);

Δ - declividade da curva de pressão de saturação (kPa°C⁻¹);

γ e γ^* - constante psicrométrica (kPa°C⁻¹);

λ = calor latente de evaporação = 2,45 MJ Kg⁻¹

As pressões de vapor, a declividade da curva de pressão de vapor e os coeficientes psicométricos foram obtidos pelas equações 23, 24 e 25.

$$e_s = 0,61078 \times 10^{\frac{7,5T}{237,3+T}} \quad (23)$$

$$e_a = e_s - \gamma(T - Tu) \quad (24)$$

$$e_s = 0,61078 \times 10^{\frac{7,5Tu}{237,3+Tu}} \quad (25)$$

Com e_a obtido por medições psicométricas e e_s sendo a pressão de vapor de saturação, medida em kPa, à temperatura do bulbo úmido (Tu). A declividade da curva de pressão de vapor e os coeficientes psicométricos foram obtidos pelas equações 26, 27 e 28.

$$\Delta = \frac{4098es}{(T + 237,3)^2} \quad (26)$$

$$\gamma = 0,0016286 \frac{P}{\lambda} \quad (27)$$

$$\gamma^* = \gamma(1 + 0,33U_2) \quad (28)$$

O fluxo de calor sensível no solo foi estimado como sendo 3% do valor do saldo de radiação conforme equação 29.

$$G = Rn \times 0,03 \quad (29)$$

Os dados meteorológicos foram transferidos para planilhas eletrônicas, organizados e tabulados em valores horários e diários. Para justificar a existência da correspondência funcional entre a radiação solar global e radiação solar refletida e o saldo de radiação com a evapotranspiração foi utilizada a análise de regressão, com a utilização de gráficos de dispersão dos dados, selecionando as equações de regressão com os maiores coeficientes de determinação (R^2).

6.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As diferentes épocas de poda modificaram o ciclo da cultura da amora-preta (Tabela 5), a fase de brotação, nas plantas que receberam a poda precoce, ocorreu seis dias após a época convencional e tardia, sendo o estágio fenológico mais afetado por este manejo. A fase de baga verde sofreu adiantamento, de um dia, na data de ocorrência para as plantas que receberam a poda tardia. Os estádios de flor aberta e baga madura não sofreram influência do manejo da poda.

Tabela 5: Datas dos eventos fenológicos da amoreira-preta 'Tupy', em função das épocas (precoce: 19/07, convencional: 15/08, tardia: 09/09). Morro Redondo-RS, 2019.

Época de poda	Estádios fenológicos			
	Brotação	Flor aberta	Baga verde	Baga madura
Precoce	29/09/2019	28/10/2019	06/11/2019	03/12/2019
Convencional	23/09/2019	28/10/2019	06/11/2019	03/12/2019
Tardia	23/09/2019	28/10/2019	05/11/2019	03/12/2019

Ao longo de um do ciclo da amora-preta o maior acumulado de radiação solar global (Rs) e de saldo de radiação (Rn) foram observados nas épocas de poda realizadas no período convencional (agosto) e tardia (setembro), com 1406,79 MJ m⁻² e 813,64 MJ m⁻², respectivamente, resultado justificado pela duração deste período, que para ambas as épocas foi idêntico, de 71 dias. Na poda precoce, realizada em julho, a duração do ciclo foi 6 dias menor do que nas plantas podadas na época convencional e tardia, resultando em 7% de redução nos acumulados radiação. Estes resultados se aproximam bastante daqueles obtidos, no mesmo local e cultivo, por Schöffel et al. (2021) os quais observaram valores de 1327,03 MJ m⁻² até 1408,7 MJ m⁻² para radiação solar global e 769,0 MJ m⁻² até 833,6 MJ m⁻² para o acumulado do saldo de radiação.

Tabela 6: Radiação solar global (Rs) e saldo de radiação (Rn) acumulados para cada fase fenológica da amora-preta 'Tupy' submetidas a três épocas de poda: precoce (19/07), convencional (15/08) e tardia (09/09). Morro Redondo, 2019.

Fase fenológica	Rs (MJ m ⁻²)			Rn (MJ m ⁻²)		
	Precoce	Convencional	Tardia	Precoce	Convencional	Tardia
Brotação - Flor aberta	466,18	565,16	565,16	269,51	340,31	340,31
Flor aberta - Baga verde	101,72	101,72	87,29	60,53	60,53	52,44
Baga verde - Baga madura	739,91	739,91	754,34	412,79	412,79	420,88
Ciclo total	1307,82	1406,79	1406,79	742,83	813,64	813,63

Os maiores acumulados de radiação solar global (Rs) e saldo de radiação (Rn) foram observados para a fase entre baga verde - baga madura, com duração de 27 dias, para a poda precoce e convencional, e de 28 dias, para poda tardia. Durante esta fase os valores acumulados, na poda precoce e convencional, foram de 739,91 MJ m⁻² de radiação solar global e 412,79 MJ m⁻² para o saldo de radiação, estes valores correspondem a 56% e 53%, do total acumulado ao longo do ciclo da cultura para as podas precoce e convencional, respectivamente. As plantas que receberam a poda tardia acumularam 754,34 MJ m⁻² de Rs e 420,88 MJ m⁻² de Rn, valores que correspondem a 52,6% do valor observado para todo o ciclo da cultura.

Para a poda precoce, a fase entre brotação e flor aberta acumulou um total de 466,18 MJ m⁻² de radiação solar global e 269,51 MJ m⁻² de saldo de radiação, em um período de 29 dias. Enquanto as plantas que receberam a poda convencional e tardia apresentaram 565,16 MJ m⁻² e 340,31 MJ m⁻² para radiação solar global e saldo de radiação, respectivamente, acúmulo que ocorreu durante 35 dias.

O menor acúmulo de energia ocorreu na fase entre flor aberta e baga verde, também foi a fase com menor duração, 9 dias para poda precoce e convencional e 8 dias na poda tardia. O total de radiação solar global acumulada foi de 101,72 MJ m⁻² e saldo de radiação 60,53 MJ m⁻² nas planas manejadas com poda precoce e convencional, na poda tardia os valores foram menores 87,29 MJ m⁻² e 52,44 MJ m⁻² para radiação solar global e saldo de radiação.

Os valores de radiação solar global e saldo de radiação variaram pouco entre as épocas de poda, pois, a duração de cada fase fenológica da amora-preta é bastante parecida e houve bastante proximidade na ocorrência desses eventos. O comportamento fenológico das plantas pode variar durante os anos, em trabalho realizado por Santos et al. (2020), no município de Morro Redondo-RS, na safra 2016/2017, o atraso na época de poda causou adiamento no início das fases fenológicas da amora-preta. Em Dourados-MS, nas safras 2013 e 2014, avaliando diferentes épocas de poda, na cultura da amora-preta, Martins et al. (2019) observaram que a época de poda afetou a data de ocorrência e a duração das fases fenológicas.

As variações horárias dos componentes do balanço de radiação para um dia ensolarado são apresentadas na Figura 4, para as três épocas de poda avaliadas. O dia escolhido como tipicamente ensolarado foi 05/12/2019, com um acumulado diário de radiação solar de 30,1 MJ m⁻² d⁻¹. Comparando as três épocas de poda, observa-se semelhança entre as épocas para os valores de balanço de ondas curtas (BOC), balanço de ondas longas (BOL), saldo de radiação (Rn), radiação solar global (Rs) e radiação solar refletida (Rr).

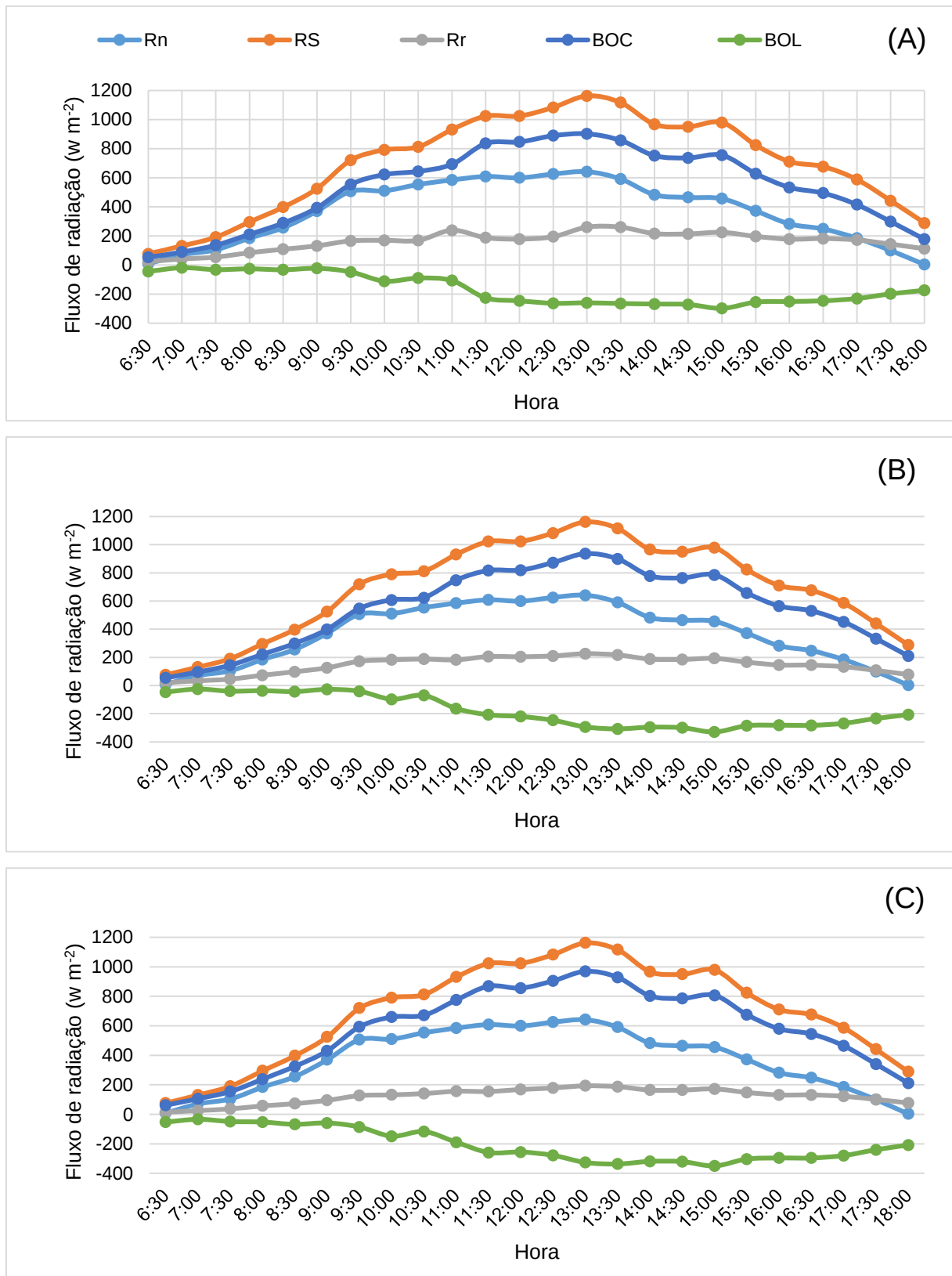


Figura 4: Componentes do balanço de radiação, para um dia ensolarado, sobre cultivo de amora-preta submetida a poda precoce (A), convencional (B), e tardia (C). Morro Redondo, 2019.

Semelhante ao verificado por Schöffel et al. (2021), pode-se observar na Figura 4 que no início do dia a radiação solar global apresentou baixos valores os quais foram aumentando com o passar do tempo, atingindo valores máximos no período entre as 12h e 14h, e decrescendo após esse horário. Por serem bastante dependentes da radiação solar global, o balanço de ondas curtas (BOC) e o saldo de radiação (Rn) apresentaram comportamento semelhante.

O valor do saldo de radiação para o dia ensolarado foi de $15,9 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$, aproximadamente 52% da radiação solar global. Heldwein et al. (2012) estudando a relação entre o saldo de radiação e a radiação solar global incidente sobre plantas de girassol na região de Santa Maria-RS, observaram um coeficiente angular de 0,5285. Significando que o saldo de radiação corresponde a cerca de 52,8% da radiação solar global sobre o cultivo.

Nesse dia de céu aberto, representado na Figura 4, a radiação refletida pela cultura nas três diferentes épocas de poda foi 5,3; 6,3 e $7,0 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$, para as podas precoce, convencional e tardia, respectivamente. Esses resultados podem estar diretamente associados ao número de folhas senescentes e a diferença de área foliar entre as plantas de cada época, fatores que não foram quantificados no presente trabalho. Em estudo realizado com videiras, na região de Pelotas, Radünz et al. (2013) demonstraram que o número de folhas presente nas plantas afeta diretamente a quantidade de radiação refletida, pois menor número de folhas resulta em menor refletividade da superfície.

O balanço de ondas curtas (BOC) para o dia ensolarado foi de $24,7 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$, para as plantas que receberam a poda no mês de julho, e de $23,0 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$, para plantas podadas em setembro. Essa diferença deve-se exclusivamente a radiação refletida pela cultura, que apresentou comportamento inverso, com valores mais elevados nas plantas podadas tardiamente. O balanço de ondas longas (BOL) foi maior nas plantas podadas na época precoce com valor de $-8,87 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$, o menor valor foi observado nas plantas podadas tardiamente, $-7,17 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$, sendo valores ficam maiores após as 11h.

Para exemplificar o comportamento do balanço da radiação solar em um dia nublado, foi escolhido o dia 16/12/2019, o qual apresentou radiação solar global diária de $16,1 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ e saldo de radiação $9,25 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$. Na Figura 5 é possível observar que as variáveis Rn, Rs, Rr, BOC e BOL, apresentaram comportamento semelhante entre as épocas de poda aplicadas à amora-preta. Os valores de radiação solar global,

saldo de radiação e balanço de onda curta não apresentaram a mesma tendência observada em dia ensolarado (Figura 4), pois oscilaram bastante ao longo do dia, devido as condições de nebulosidade que interferiram na quantidade de radiação solar global que atingiu a superfície, por consequência, no BOC e Rn desse dia.

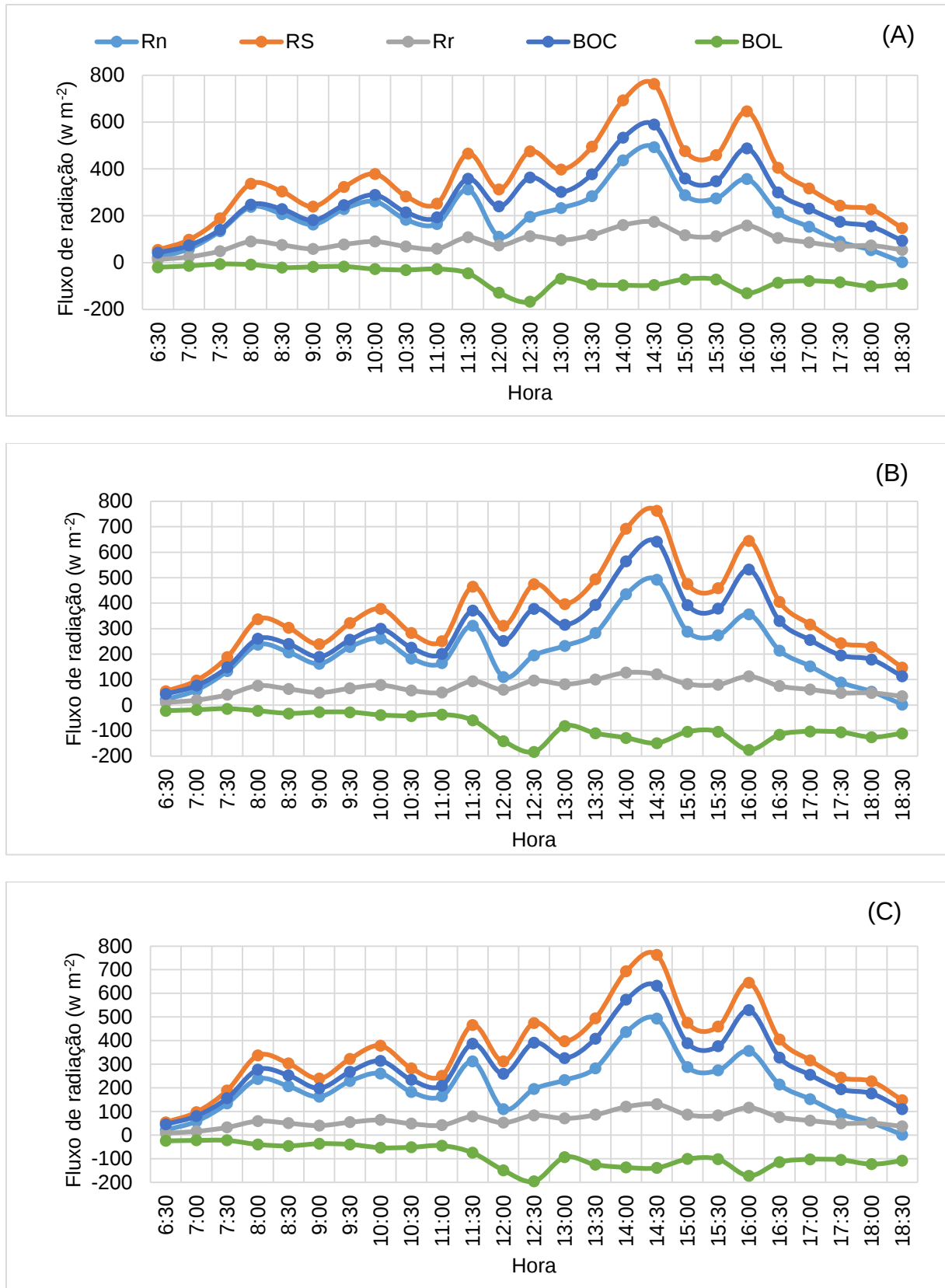


Figura 5: Componentes do balanço de radiação, para um dia nublado, sobre cultivo de amora-preta submetida a poda precoce (A), convencional (B), e tardia (C). Morro Redondo, 2019.

Os maiores valores de R_s , R_n , R_r e BOC foram observados no período entre 13:30 até 15:00, provavelmente, período em que ocorreu menor presença de nuvens. Nesse horário a média de radiação solar global foi de 606 W m^{-2} , aproximadamente 60% do valor encontrado para esse mesmo horário no dia 05/12, considerado ensolarado. Em trabalho avaliando o balanço de radiação na cultura do capim-sudão, Santos (2021) observou que em um dia nublado (02/12) a radiação solar global foi 55% menor quando comparada aos valores observados em um dia ensolarado.

A radiação solar refletida, da mesma forma que no dia ensolarado, foi maior nas plantas podadas em setembro e menor em julho, com valores diários de 2,8; 3,1 e $3,9 \text{ MJm}^{-2} \text{ d}^{-1}$ para as podas precoce, convencional e tardia, respectivamente. O balanço de onda curta oscilou ao longo do dia para as três épocas de poda, com valor médio diário de 13,2; 13,0 e $12,1 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$, para a poda realizada precoce, convencional e tardia, respectivamente. Ambas as variáveis estão diretamente associadas, o aumento da radiação refletida causa uma redução nos valores do balanço de onda curta. Essa mesma relação foi observada para o dia ensolarado.

Comparando o comportamento da R_s , R_n , R_r e BOC em um dia ensolarado e nublado (Figuras 4, 5), é possível verificar que os valores encontrados no dia nublado são menores, o saldo de radiação sofreu redução de 42%, enquanto a radiação solar global, radiação refletida e o balanço de onda curta tiveram redução de 46%. Concordando como os resultados encontrados por Souza et al. (2015) que avaliando os componentes do balanço de radiação, na região da Caatiga, observaram para o período entre 11h30 até 13h30, que o dia nublado teve a radiação solar incidente 80% menor que a observada no dia ensolarado.

Na Figura 6 está representada a variação horária do albedo para as três diferentes épocas de poda, em um dia ensolarado. Nota-se que o albedo não foi o mesmo para as épocas de poda com valores médios de 0,17 na poda precoce, 0,21 na poda convencional e 0,23 na poda tardia.

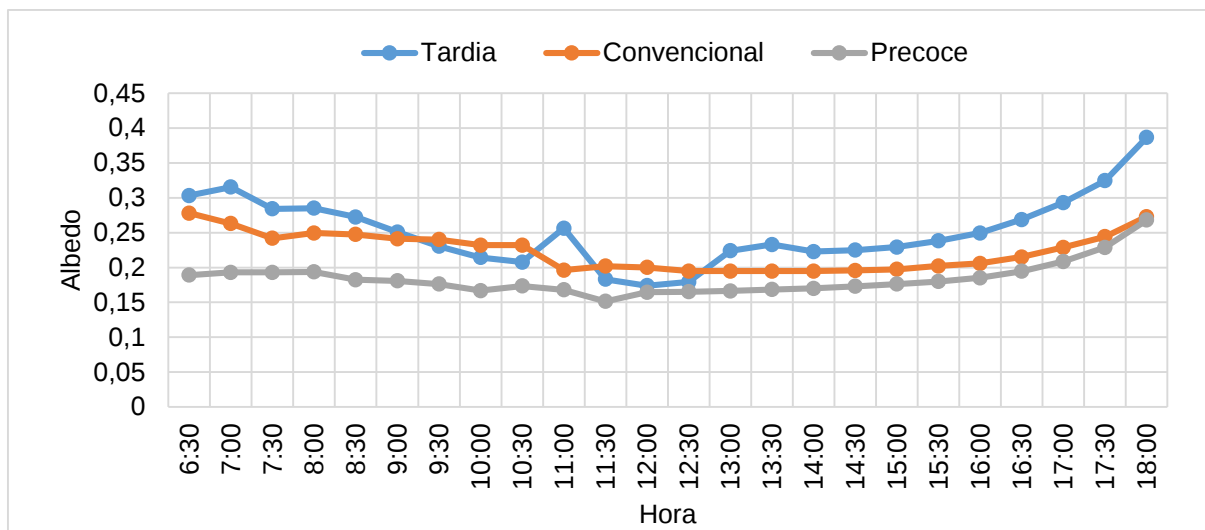


Figura 6: Valor de albedo para amora-preta, em dia ensolarado, nas plantas que receberam poda precoce, convencional e tardia. Morro Redondo, 2019.

O comportamento do albedo ao longo do dia foi semelhante nas diferentes épocas de poda, com maiores valores no início e final do dia. Isso ocorre devido ao ângulo de elevação solar, que ao amanhecer e entardecer é menor, desta forma os raios solares incidem sobre a cultura de forma paralela o que aumenta a energia refletida, provocando maiores valores para o albedo. Próximo ao meio-dia o ângulo de elevação solar é maior, ou seja, os raios solares incidem na superfície perpendicularmente aumentando a quantidade de energia absorvida e transmitida, diminuindo a quantidade de energia refletida, e consequentemente reduzindo os valores de albedo (MESQUITA et al., 2013; PAVÃO et al., 2014; SCHÖFFEL et al., 2021).

Para o dia nublado (Figura 7) os valores médios de albedo nas plantas podadas em julho, agosto e setembro foram 0,17, 0,19 e 0,24, respectivamente. Nos três tratamentos os valores de albedo ao longo do dia foram mais constantes, possivelmente devido a presença de nuvens e a baixa incidência de radiação solar global, porém ao entardecer os valores tiveram um leve aumento provavelmente causado pela redução na densidade de nuvens associado ao maior ângulo zenital. Esse comportamento também foi observado em cultivo de amora-preta submetido a diferentes épocas de poda, quando em um dia nublado os valores foram constantes até as 16:00, após esse horário ocorreu um incremento nos valores (SCHÖFFEL et al., 2021).

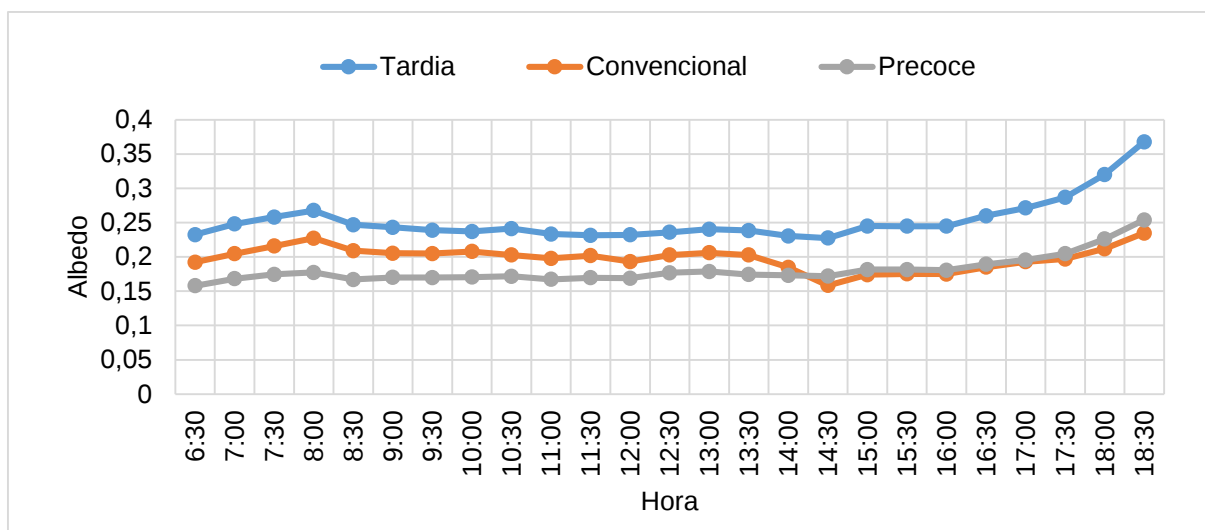


Figura 7: Valor de albedo para amora-preta, em dia nublado, nas plantas que receberam poda precoce, convencional e tardia. Morro Redondo, 2019.

Na Figura 8 é apresentada a relação entre a radiação solar refletida (R_r) e a radiação solar global na superfície (R_s) do cultivo, durante todo o ciclo, para os três tratamentos, poda precoce, convencional e tardia. É possível observar que para todos os tratamentos existe uma correlação positiva entre as variáveis, indicando que o aumento da radiação solar resulta em um acréscimo na radiação refletida.

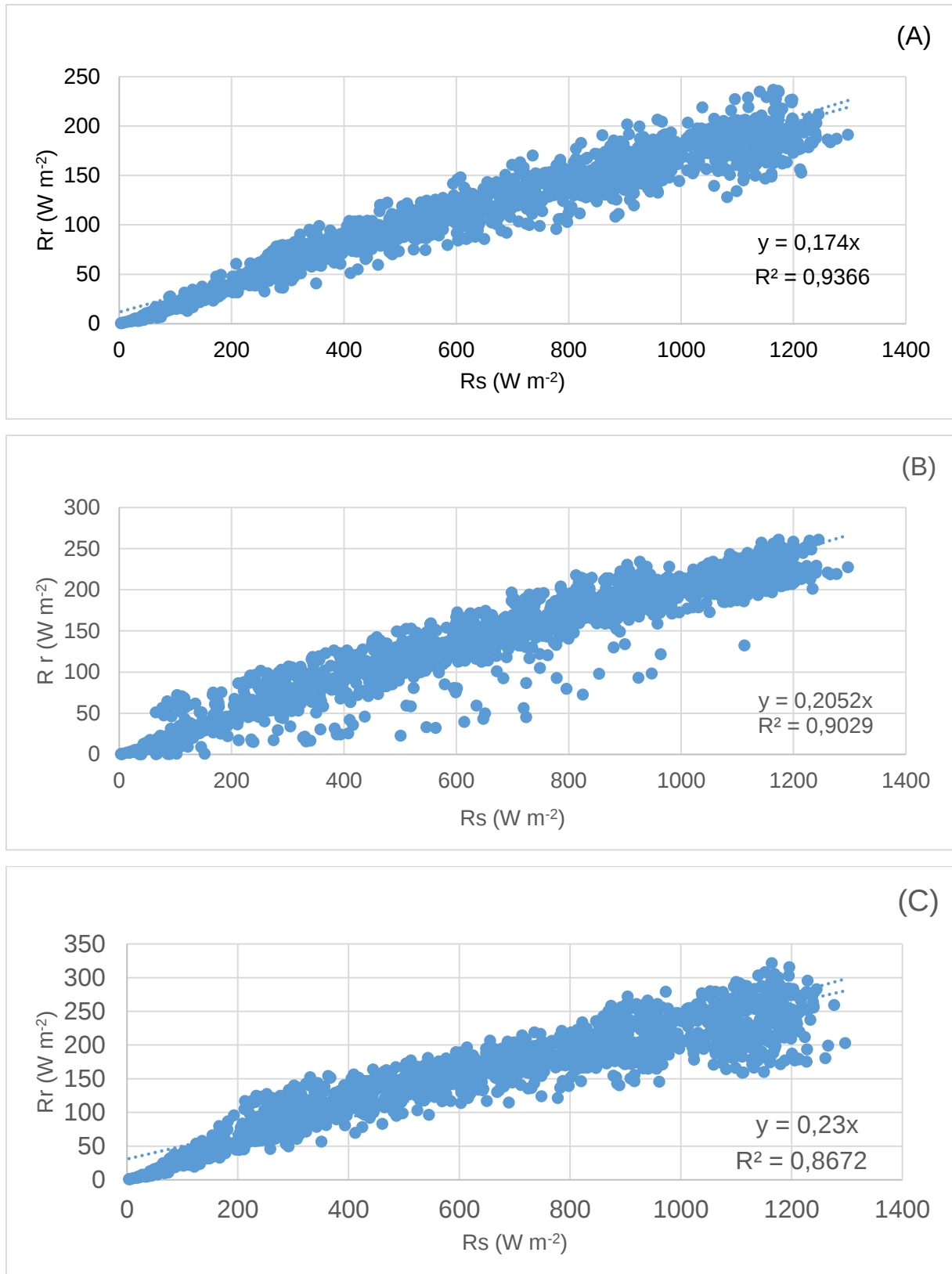


Figura 8: Relação entre a radiação solar global e a radiação solar refletida pela superfície cultivada com amora-preta para plantas que receberam poda precoce (A), convencional (B) e tardia (C). Morro Redondo, 2019.

As correlações podem ser ajustadas a uma equação linear simples, onde o coeficiente angular é o albedo do cultivo. Para as plantas que receberam a poda precoce o albedo médio, ao longo do ciclo, foi 17%, com coeficiente de determinação de 93%, para as plantas que receberam a poda convencional o albedo médio foi 20% com R^2 de 90%, já as plantas que receberam a poda tardia apresentaram o maior valor de albedo, 23% com o menor coeficiente de determinação 86%. Avaliando o albedo da cultura da amora-preta submetida a diferentes épocas de poda, Schöffel et al. (2021) encontrou valores de albedo mais elevado, 24% para as plantas podadas em julho e agosto, e 22% nas plantas podadas em setembro.

A diferença no valor de albedo para as diferentes épocas de poda, pode estar associada com a área foliar das plantas e o número de folhas, avaliações que não foi realizada durante o período do experimento. Outro fator que pode influenciar o valor do albedo é a idade das folhas (mudança na coloração).

Em estudo avaliando a influência do espaçamento na cultura do capim-sudão Santos (2021) determinou menor valor de albedo nas plantas cultivadas com o maior espaçamento, cerca de 22%, já as plantas cultivadas com menor espaçamento apresentaram albedo de 25%, essa diferença foi explicada devido à demora no fechamento da entrelinha, indicando que a maior área coberta pela cultura está associada a valores mais elevados de albedo.

Durante o período entre 05/09/2019 até 16/01/2020 o saldo de radiação variou entre 0,2 e 21,0 $\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$, enquanto a evapotranspiração oscilou entre 0,3 e 6,0 mm, como pode ser observado na Figura 9. O saldo de radiação é o elemento meteorológico com maior influência na evapotranspiração (FIETZ; FISCH, 2009). Na Figura 9 é possível observar que existe correlação positiva entre o saldo de radiação (R_n) e a evapotranspiração de referência (E_{To}), ajustando os valores observados a uma equação linear simples, com coeficiente de determinação de 92%, indicando que é possível obter a estimativa da evapotranspiração a partir unicamente do saldo de radiação.

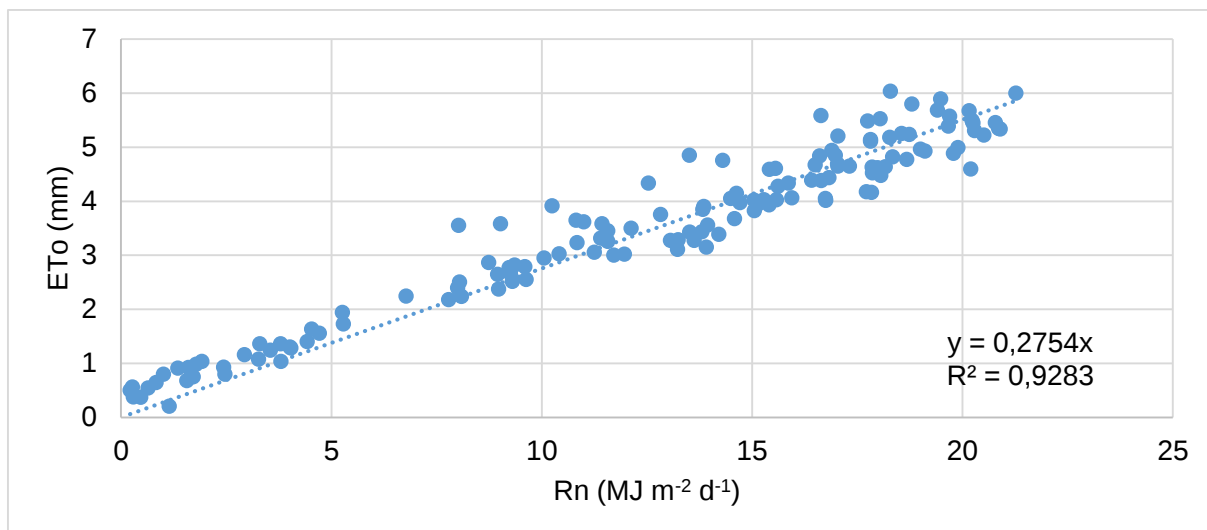


Figura 9: Relação entre o saldo de radiação (Rn) e a evapotranspiração de referência (ETo) em cultivo de amora-preta. Morro Redondo, 2019.

Conforme indica a equação contida na Figura 9, observa-se que para evaporar um milímetro de água são necessários $3,63 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ de saldo de radiação. Em trabalho realizado na região Campos dos Goytacazes-RJ, Muniz et al. (2014) estudando os componentes do balanço de energia e a evapotranspiração na cultura do capim Mombaça, observaram que cerca de 66% da fração do saldo de radiação é destinado ao fluxo de calor latente de evapotranspiração, demonstrando a forte relação entre as variáveis. Estudo realizado na região da Bahia e Pernambuco avaliando efeitos diretos e indiretos das variáveis meteorológicas sobre o processo de evapotranspiração de referência no Vale do Submédio São Francisco Silva et al. (2012) concluiu que o saldo de radiação é a variável que apresenta maior efeito (82%) sobre a evapotranspiração de referência.

6.4. CONCLUSÕES

A antecipação da poda na amora-preta promove diminuição do acúmulo de energia para completar o ciclo fenológico e o atraso da poda não evidencia alteração no acúmulo de energia. Plantas que receberam poda precoce acumularam $1307,82 \text{ MJ m}^{-2}$ de radiação solar global e $742,83 \text{ MJ m}^{-2}$ de saldo de radiação, enquanto as plantas podadas na época convencional e tardia acumularam $1406,79 \text{ MJ m}^{-2}$ e $813,64 \text{ MJ m}^{-2}$ para radiação solar e saldo de radiação, respectivamente.

Independente da época de poda da amora-preta 'Tupy' é durante a fase de baga verde-baga madura que as plantas dispõem de mais radiação solar global e saldo de radiação na região de Morro Redondo.

A nebulosidade causa redução nos valores instantâneos de saldo de radiação, radiação solar global, radiação solar refletida, balanço de onda curta e balanço de onda longa em cultivo de amora-preta.

O valor de albedo para a cultura da amora-preta não deve ser assumido como constante para épocas de poda diferentes.

São necessários $3,63 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ de saldo de radiação para evaporar um milímetro de água.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A época de poda na amora-preta não tem influência na taxa de assimilação líquida de CO₂, a qual sofre redução gradual nos valores com o aumento do número de dias após a chuva.

Até o sexto dia após a chuva não ocorre mudança nos valores de condutância estomática, no entanto a partir do nono dia sem chuva ocorre significativa redução de valores.

Ocorre decréscimo na taxa transpiratória da amora-preta até o nono dia após a chuva, com valor mais elevado aos quatorze dias, devido a demanda atmosférica.

A concentração intercelular de CO₂, nas plantas podadas na época convencional, é alterada pelo número de dias após a chuva. As plantas podadas na época convencional diferiram das plantas podadas na época precoce e tardia apenas no segundo dia após a chuva.

A época de poda tem efeito sobre a eficiência do uso da água, contudo, nove dias após a chuva foram observados os maiores valores para todas as épocas de poda avaliadas.

A realização da poda precoce na amora-preta causa redução no acúmulo de energia das plantas para completar o ciclo fenológico, enquanto as plantas que receberam a poda tardia e convencional têm acúmulo de energia semelhante.

Para todas as épocas de poda da amora-preta o maior acumulado de radiação solar global e saldo de radiação, na região de Morro Redondo, ocorre na fase de baga verde até baga madura.

Os valores de saldo de radiação, radiação solar global, radiação solar refletida, balanço de onda curta e balanço de onda longa são menores em dias nublados.

O valor de albedo para a cultura da amora-preta não deve ser assumido como constante para épocas de poda diferentes.

São necessários 3,63 MJ m⁻² d⁻¹ de saldo de radiação para evaporar um milímetro de água.

8. REFERÊNCIAS

ANGELOCCI, L. R. **Água na planta e trocas gasosas/energéticas com a atmosfera: introdução ao tratamento biofísico**. ed. Piracicaba, SP, 2002, v.1, 272p.

ANTUNES, L. E. C. Amora-preta: nova opção de cultivo no Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 1, p.151-158, fev. 2002.

ANTUNES, L. E. C.; HOFFMANN, A. **Pequenas frutas** – O produtor pergunta, a Embrapa responde. 1.ed. Brasília, DF: Embrapa, 2012. 194 p.

ANTUNES, L. E. C.; PEREIRA I. P.; PICOLOTTO L.; VIGNOLO G. K.; GONÇALVES M. Produção de amoreira-preta no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 36, n. 1, p.100-111, mar. 2014.

ANTUNES, L. E. C.; PEREIRA, J. F. M.; TREVISAN, R. PEREIRA, I. S. **Sistema de Produção da amoreira-preta**: Plantio e tratos culturais. 2008.

ANTUNES, L. E. C.; RASSEIRA, M. C. B. **Aspectos técnicos da cultura da amoreira-preta**. Pelotas: Embrapa-CPACT, 2004. 54p. (Embrapa, documentos 122).

ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA 2021. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 2021. 104 p.

ASCE-EWRI. The ASCE standardized reference evapotranspiration equation. Report of the Task Committee on Standardization of Reference Evapotranspiration. Reston: **Institute of the American Society of Civil Engineers**. 2005.

ATTÍLIO, L. B. **Avaliação fenológica, produtividade, curva de crescimento, qualidade dos frutos e custos de produção de amoreira-preta cv. Tupy**. 2009. 75 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Ilha Solteira, 2009.

BASSOI, L. H. ; Teixeira, A. H. de C. ; SOARES, J. M. ; PINTO, J. M. . **Cultivo da Mangueira**. Petrolina-PE: Embrapa Semi-Árido, 2004 (Circular técnica).

BASSOLS, M. C. **A cultura da amora preta**. Pelotas: EMBRAPA/UEPAE de Cascata, 1980. 11p. (Circular Técnica, 4).

BERGAMASCHI, H.; BERGONCI, J.I. **As Plantas e o Clima**: Princípios e aplicações. Guaíba: Agrolivros, 2017. 352 p.

BERRY, J.; BJÖRKMAN, O. Photosynthetic response and adaptation to temperature in higher plants. **Annual Review of Plant Physiology**, v. 31, p. 491-543, 1980.

BLAD, B. L.; BACKER, D. G. Reflected radiation from a soybean crop. **Agronomy Journal**, v.64, p.277-280, 1972.

BORGES, V. P.; OLIVEIRA, A. S.; COELHO FILHO, M. A.; SILVA, T. S. M.; PAMPONET, B. M. Avaliação de modelos de estimativa da radiação solar incidente em Cruz das Almas, Bahia. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, p. 74-80, 2010.

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

CARMO, J. F. A; MOURA, M. S. B; SILVA, T. G. F; SOUZA, L. S. B.; LEITAO, M. M. V. Boas Ramos. Balanço de radiação da cana-de-açúcar irrigada por gotejamento subsuperficial no submédio do Vale São Francisco. **Agrometeoros**, Passo Fundo, v. 25, n. 1, p. 91-100, 2017.

CARNEIRO, M. M. L. C. **Trocas gasosas e metabolismo antioxidativo em plantas de girassol em resposta ao déficit hídrico**. 2011. 42 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Fisiologia Vegetal, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2011.

CHALFUN, N. N. J.; HOFFMANN, A.; ANTUNES, L. E. C. Efeito da irrigação e poda hiberna na antecipação da colheita do pêssego "Diamante". **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 26, n. 1, p. 204-210, 2002.

CHAVARRIA, G.; SANTOS, H. P.; FELIPPETO, J.; MARODIN, G. A. B.; BERGAMASCHI, H.; CARDOSO, L. S.; FIALHO, F. B. Relações hídricas e trocas gasosas em vinhedo sob cobertura plástica. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, n. 4, p. 1022-1029, dez. 2008.

CONCEICAO, M. A. F.. **Roteiro de cálculo da evapotranspiração de referência pelo método de Penman-Monteith-FAO**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2006 (Circular Técnica).

CORREA, L. O. **Limitações estomáticas e não estomáticas da fotossíntese em plantas de palma de óleo submetidas ao déficit hídrico**. 2020. 51 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2020.

CORREIA, F.W.S.; ALVALÁ, R.C. DOS S.; GIELOW, R.; MANZI, A.O.; SOUZA, A. de. Albedo do Pantanal Sul Matogrossense durante o período de transição seco – úmido de 2001 – 2002. In: **Congresso Brasileiro de Meteorologia**, 12, 2002 Foz do Iguaçu – PR.

CROGE, C. P. **Cultivares de amoreira-preta produzidas sob diferentes condições climáticas: fenologia, bioativos, qualidade e avaliação sensorial**. 2015. 82 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Fitotecnia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

DALASTRA, I.M. et al. Época de poda na produção de figos verdes 'Roxo de Valinhos' em sistema orgânico na regiões oeste do Paraná. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.31, n.2, p.447-453, 2009.

DAMATTA, F. M. The effects of pruning at different times on the growth, photosynthesis and yield of conilon coffee (*coffea canephora*) clones with varying patterns of fruit maturation in southeastern brazil. **Experimental Agriculture**, v. 48, n. 2, p. 210-221, 19 out. 2011.

DUTRA, A. F., DE MELO, A. S., FILGUEIRAS, L. M. B., DA SILVA, Á. R. F., DE OLIVEIRA, I. M., BRITO, M. E. B. Parâmetros fisiológicos e componentes de produção de feijão-caupi cultivado sob deficiência hídrica. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, 10, 189-197. 2015.

ENCISO, E., GÓMEZ, C. Comparación de las respuestas de cuatro cultivares de mora (*Rubus* sp.) a las variaciones del factor luz. **Agronomía Colombiana**, 22, 46-52. 2004.

FACHINELLO, J. C. PASA M. S.; SCHMTIZ, J. D.; BETEMPS, D. L. Situação e perspectivas da fruticultura de clima temperado no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, n. 1, p.109-120, out. 2011

FACHINELLO, J. C.; HOFFMANN, A.; SANTOS, A. M. dos. Amoreira-preta, framboesa e mirtilo: pequenos frutos para o sul do Brasil. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 13, 1994, Salvador. **Resumos...** Salvador: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 1994. V.3, p.989-990.

FEIL, A. C. **Balanço hídrico e estimativa do consumo relativo de água da cultura de amoreira-preta em sistema orgânico para manejo automatizado de irrigação na região de Cascavel – Paraná.** 2019. 27 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Engenharia Agrícola, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Paraná, 2019.

FERREIRA, D. B. **RELAÇÕES ENTRE A VARIABILIDADE DA PRECIPITAÇÃO E A PRODUTIVIDADE AGRÍCOLA DE SOJA E MILHO NAS REGIÕES SUL E SUDESTE DO BRASIL.** 2006. 125 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Meteorologia, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2006.

FERREIRA, L. V. PICOLOTTO, L.; COCCO, C.; FINKENAUER, D.; ANTUNES, L. E. C. Produção de amoreira-preta sob diferentes sistemas de condução. **Cienc. Rural**, Santa Maria, v. 46, n. 3, p.421-427, mar. 2016.

FERREIRA, L. V. **Produção de amora-preta, sistemas de condução, doses de torta de mamona e concentrações de cálcio e boro.** Dissertação (Mestrado em Fruticultura de Clima Temperado), Programa de Pós-Graduação Agronomia. Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel. Universidade Federal de Pelotas-UFPel. 113p. Pelotas-RS. 2012.

FIETZ, C.R.; FISCH, G.F. Avaliação de modelos de estimativa do saldo de radiação e do método de Priestley-Taylor para a região de Dourados, MS. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.13, n. 4, p.449-453, 2009.

FILHO, I. A.; BORGES, P. DE F.; ARAÚJO, L. DE S.; PEREIRA, A. R.; LIMA, E. M. DE; SILVA, L. DOS S.; SANTOS JUNIOR, C. V. DOS. Influência das variáveis climáticas sobre a evapotranspiração. **Gaia Scientia**, v.9, p.62-66, 2015.

GONÇALVES, E.D.; ZAMBON, C.R; SILVA, D.F.; SILVA, L.F.O.; Pio, R.; ALVARENGA, A.A.; CAPRONI, C.M. **Implantação, manejo e pós-colheita da amoreira-preta.** Belo Horizonte: EPAMIG, 2011. 51p. (Circular Técnica, 140).

HALLAL, M. O. C. **Análise e comparação de métodos de estimativa da evapotranspiração de referência para a região de Pelotas (RS).** 2012. 74 f. Tese (Doutorado) - Curso de Agronomia, Sistemas de Produção Agrícola Familiar., Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2012.

HELDWEIN, A. B.; MALDANER, I. C.; RADONS, S. Z.; LOOSE, L. H.; LUCAS, D. D.; HINNAH, F. D. Estimativa do saldo de radiação em girassol como função da radiação solar global. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 2, p. 194-199, fev. 2012.

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, mar. 2016.

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

KUSHARI, B.; KANITPONG, K. Surface Albedo of Bangkok Roads. **Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies**, Vol.8, 2011.

KLUMB, E. K. **Análise de parâmetros de trocas gasosas e do perfil transcriptômico de portaenxertos de Prunus spp. submetidos ao estresse hídrico**. 2015. 146 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Fisiologia Vegetal, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2015.

KLUMB, G B; VEBER, P M; MELLO, L B; RORNELES, V R; DAMÉ, R C F; TEIXEIRA-GANDRA, C F A. Balanço hídrico climatológico e classificação climática de Thornthwaite para o município de Pelotas/RS. **Brazilian Journal Of Animal And Environmental Research**, Curitiba, v. 1, n. 1, p. 229-235, 2018.

LEONEL, S.; SEGANTINI, D. M. Épocas de poda para a amoreira-preta cultivada em Região Subtropical. **Irriga**, Botucatu, v. 1, n. 1, p.248-256, 2015.

MARCHI, T.; BROETTO, D.; SATO, A. J.; MAIA, A. J.; BOTELHO, R. V.; VERLINDO, A. Época e intensidade de poda no desenvolvimento e produção de amoreira-preta cv. Xavante cultivada em sistema orgânico. **Comunicata Scientiae**, v. 6, n. 3, p.326-333, 29 dez. 2015.

MARTINAZZO, E. G.; PERBONI, A. T.; OLIVEIRA, P. V.; BIANCHI, V. J.; BACARIN, M. A. Atividade fotossintética em plantas de ameixeira submetidas ao déficit hídrico e ao alagamento. **Cienc. Rural**. 2013, vol.43, n.1, pp.35-41.

MARTINS, W. A; SANTOS, S. C; JARA, R. S; SOUZA, J. L. A. C; GALVÃO, J. R.; BISCARO, G. A. Fenologia e demanda térmica de amoreira-preta cv. Tupy. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 42, n. 3, p. 720-730, 2019.

MATZENAUER, R.; RADIN, B.; MALUF, J. R. T. O fenômeno ENOS e o regime de chuvas no Rio Grande do Sul. **Agrometeoros**, Passo Fundo, v. 25, n. 2, p. 323-331, 2017.

MC DERMIT, D. K. Sources of error in the estimation of stomatal conductance and transpiration from porometer data. **HortScience**, Alexandria, v.25, n.12, p.1538-48, 1990.

MEDEIROS A.T. **Estimativa da evapotranspiração de referência a partir da equação de Penman-Monteith, de medidas lisimétricas e de equações empíricas, em Piraipaba, CE**. 2002.103 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz Queiroz, Piracicaba, SP.

MENDONÇA, E. A.; DANTAS, R. T. Estimativa da evapotranspiração de referência no município de Capim, PB. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, p.196-202, 2010

MESQUITA, F. L. L.; MARQUES FILHO, E. P.; KARAM, H. A.; ALVALÁ, R. C. S. Balanço de radiação no Pantanal Sul Mato-grossense durante a estação seca. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 28, n. 1, p. 65-74, mar. 2013.

MOORE, J. N. Il miglioramento genetico del rovo. **Rivista de Frutticoltura e di Ortifloricoltura**, Bologna, v.48, n.5, p.37- 40. 1986.

MORAIS, L. E.; CAVATTE, P. C.; MEDINA, E. F.; SILVA, P. E. M.; MARTINS, S. C. V.; VOLPI, P. S.; JÚNIOR, S. A.; MACHADO FILHO, J. A.; RONCHI, C. P.; DAMATTA, F. M. The effects of pruning at different times on the growth, photosynthesis and yield of conilon coffee (*Coffea canephora*) clones with varying patterns of fruit maturation in southeastern Brazil. **Experimental Agriculture**, v. 48, p. 210-221, 2012.

MORALES, R. G. F., RESENDE, L. V., BORDINI, I. C., GALVÃO, A. G., REZENDE, F. C. Caracterização do tomateiro submetido ao déficit hídrico. **Scientia Agraria**, v. 16, n. 1, p. 9-17, 2015

MOREIRA, J. M. B. Aproveitamento industrial de amoreira-preta. **Hortisul**, Pelotas, v.1, n.0, p.17-18, 1989.

MUNIZ, R. A.; SOUSA, E. F.; MENDONÇA, J. C.; ESTEVES, B. S.; LOUSADA, L. L. Balanço de energia e evapotranspiração do capim Mombaça sob sistema de pastejo rotacionado. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 29, n. 1, p. 47-54, mar. 2014.

NAKASHIMA, K.; YAMAGUCHI-SHINOZAKI, K.; SHINOZAKI, K. The transcriptional regulatory network in the drought response and its crosstalk in abiotic stress responses including drought, cold, and heat. **Frontiers in Plant Science**, v.5, n.170, p.1-7, 2014.

OLIVEIRA, A. D.; FERNANDES, E. J.; RODRIGUES, T. J. D. Condutância estomática como indicador de estresse hídrico em feijão. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 25, n. 1, p. 86-95, abr. 2005.

OLIVEIRA, M. A. J.; BOVI, M. L. A.; MACHADO, E. C.; GOMES, M. M. A.; HABERMANN, G.; RODRIGUES, J. D. Fotossíntese, condutância estomática e transpiração em pupunheira sob deficiência hídrica. **Scientia Agrícola**, [S.L.], v. 59, n. 1, p. 59-63, mar. 2002.

PAGOT, E.; SCHNEIDER, E. P.; NACHTIGAL, J. C. **Cultivo da Amora-preta**, Bento Gonsalves: Embrapa Uva e Vinho, 2007, 12p. (Documentos, 75)

PAVÃO, V. M. et al. Análise da radiação solar global (RG) e albedo superficial sobre um ecossistema de floresta nativa em Humaitá-AM durante o período chuvoso. **EDUCamazônia**, v. 12, n. 1, p. 42-56, 2014.

PELOSO, A. F.; TATAGIBA, S. D.; REIS, E. F.; PEZZOPANE, J. E. M.; AMARAL, J. F. T. Limitações fotossintéticas em folhas de cafeeiro arábica promovidas pelo déficit hídrico. **Coffee science**, v.12, p.389, 2017.

PEREIRA, A.R.; ANGELOCCI, L.R.; SENTELHAS, P.C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba: Agropecuária, 2002. 478 p.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Metereologia agrícola**. Ed. Revista e Ampliada, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz-SP. 2007, 202 p.

PEREIRA, I. dos S.; NAVA, G.; PICOLOTTO, L.; VIGNOLO, G.K.; GONÇALVES, M.A; ANTUNES, L.E.C. Exigência nutricional e adubação da amoreira-preta. **Revista de Ciências Agrárias**, v.58, p.96-104, 2015.

PEREIRA-NETTO, A. B. Crescimento e desenvolvimento. In: WACHOWICZ, C. M.; CARVALHO, R. I. N. (Eds.) **Fisiologia vegetal** - produção e pós-colheita. Curitiba: Champagnat, 2002. p. 17-42.

PILAU, F. G. **Saldo de radiação da copa de laranjeira num pomar e de renques de cafeeiros: medidas e estimativas**. Piracicaba – SP, 2005. 92 f. Tese (Doutorado em Agronomia) ESALQ. Piracicaba, 2005.

PIO, R; GONÇALVES, E. D. Cultivo da amoreira preta. In: PIO, R. **Cultivo de fruteiras de clima temperado em regiões subtropicais e tropicais**. 1.ed. Lavras: MG, 2014. p. 186-221.

POLING, E. B. Blackberries. **Journal of Small Fruit and Viticulture**, v.14, n.1-2, p.38-69. 1996.

QUERINO, C. A. S.; MOURA, M. A. L.; QUERINO, J. K. A. S. Impacto do desmatamento de uma área de mangue no albedo superficial. **Revista Brasileira de Meteorologia**, Santa Maria, v. 28, n. 4, p.401-408, 2013.

RADÜNZ, A. L.; SCHÖFFEL, E. R.; HALLAL, M. O. C.; BRIXNER, G. F. Efeito da época de poda e da desfolha na interceptação de radiação solar na videira Bordô. **Bragantia**, Campinas, v. 72, n. 4, p.403-407, 2013.

RADUNZ, A. L.; SCHOFFEL, E. R. ; RADUNZ, A. F. O. ; HALLAL, M. O. C. ; SILVA, P. R. G. Jr. . ESTIMATIVA DO SALDO DE RADIAÇÃO SOBRE UM VINHEDO. In: XVII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia: Riscos climáticos e cenários agrícolas futuros, 2011, Guarapari - ES. XVII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia. Vitoria - ES: DCM/Incaper, 2011.

RASEIRA, A.; SANTOS, A. M. dos; RASEIRA, M. do C.B. Caingangue, nova cultivar de amoreira-preta para consumo 'in natura'. **HortiSul**, Pelotas, v.2, n.3, p.11-12,1992.

RASEIRA, M. do C. B.; SANTOS, A. M. dos; MADAIL, J. C. M. **Amora preta: cultivo e utilização**. Pelotas: EMBRAPA. CNPFT, 1984. 20p. (Circular Técnica, 11).

RASEIRA, M. do C. B.; SANTOS, A. M.; BARBIERI, R. L. **Sistema de Produção da amoreira-preta**: Classificação botânica, origem e cultivares. 2008.

SANTOS, C. S. **Fluxo de energia solar e produtividade em cultivo de capim-sudão BRS Estribo em diferentes espaçamentos e épocas de semeadura**. 2021. 70 f. Tese (Doutorado) - Curso de Agronomia, Sistemas de Produção Agrícola Familiar., Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2021.

SANTOS, D.F.; LEITE, R.R.M.; MARTINS, F.B. Avaliação de métodos de estimativa de número de horas frio para o Sul e sudoeste do Paraná. **Revista Brasileira de Climatologia**, v.21. 401-416, p.16. 2017.

SANTOS, P. M.; MACIEL, L. da R.; BERGMANN, C.; HERTER, F. G.; TRENTIN, R.; SCHÖFFEL, E. R. Época de poda, produção e qualidade dos frutos de amora-preta 'Tupy' cultivada em região subtropical. **Revista Thema**, v. 17, n. 2, p. 336-345, 2020.

SCHÖFFEL, E. R.; SANTOS, P. M.; MACIEL, L. R.; HERTER, F. G.; TRENTIN, R. Fluxos de energia radiante em cultivos de amora-preta 'Tupy'. **Caminhos de Geografia**, v. 22, n. 80, p. 169-181, 5 abr. 2021. EDUFU - Editora da Universidade Federal de Uberlândia.

SEGANTINI, D. M; LEONEL, S.; CUNHA, A. R.; FERRAZ, R. A.; RIPARDO, A. K. S. Exigência térmica e produtividade da amoreira-preta em função das épocas de poda. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 36, n. 3, p.568-575, jul. 2014.

SHAO, H. B.; CHU, L.Y.; JALEEL, C. A.; ZHAO, C. X. Water-deficit stress-induced anatomical changes in higher plants. **Comptes Rendus Biologies**, v. 331, p. 215-225, 2008.

SHOEMAKER, J.A. **Small fruit culture**. Westport, Conn: AVI, 1978. Bramble fruits: p.188-250.

SILVA, A. C; LEONEL, S; SOUZA, A P; DOMINGOS, J. R.; DUCATTI, C. Trocas gasosas e ciclo fotossintético da figueira 'Roxo de Valinhos'. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 6, p. 1270-1276, 2010.

SILVA, B.B.; BRAGA, A.C.; BRAGA, C.C. Balanço de radiação no perímetro irrigado São Gonçalo – PB mediante imagens orbitais. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 3, n. 24, p.145-152, jul. 2011.

SILVA, C. D. S.; SANTOS, P. A. A.; LIRA, J. M. S.; SANTANA, M. C.; SILVA JUNIOR, C. D. Curso diário das trocas gasosas em plantas de feijão-caupi submetidas à deficiência hídrica. **Revista Caatinga**, v.23, p.7-13, 2010.

SILVA, F. G.; DUTRA, W. F.; DUTRA, A. F.; OLIVEIRA, I. M.; FILGUEIRAS, L. M. B.; MELO, A. S. de. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila em plantas de berinjela sob lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, v.19, p.946-952, 2015.

SILVA, R. J. L.; LIMA, L. C. O.; CHALFUN, N. N. J. Efeito da poda antecipada e regime de irrigação nos teores de açúcares em uvas “Niágara Rosada”. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 3, p. 844-847, 2009.

SILVA, T. G.; MORAIS, J. E. F.; DINIZ, W. D. S.; SANTOS, J. E.; SOUZA, L. S.; MOURA, M. S. Efeito das variáveis meteorológicas na evapotranspiração de referência do Submédio do Vale São Francisco. In Embrapa Semiárido-Artigo em anais de congresso. **In:** Congresso Brasileiro de Meteorologia, 17.; Encontro de Meteorologia dos Países do Mercosul e Associados, 1.; Encontro Sul Americano de Aplicações do Sistema Eumetcast para o Monitoramento Meteorológico e Ambiental, 4.; Encontro de Meteorologia Operacional, 2., 2012, gramado. anais... gramado: ufrgs, 2012.

SILVA, T.J.A.; FOLEGATTI, M.V.; SILVA, C.R.; ALVES JÚNIOR, J.; SILVA, E.M.B. Balanço de energia e estimativa da evapotranspiração em culturas irrigadas de maracujazeiro pelo método da Razão de Bowen. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.27, n.2, p.392 - 403, 2007.

SILVA, L.D.B.; FOLEGATTI, M.V.; VILLA NOVA, N.A. Evapotranspiração do capim tanzânia obtida pelo método de razão de Bowen e lisímetro de pesagem. **Engenharia Agrícola**, v. 25, n. 3, p. 705-712, 2005

SOUZA, L. S. B.; MOURA, M. S. B.; SEDIYAMA, G. C.; SILVA, T. G. F. Balanço de radiação em ecossistema de Caatinga preservada durante um ano de seca no Semiárido Pernambucano. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 8, n. 1, p. 41-55, 2015.

SMITH, M. **Report n the expert consultation on revision of FAO methodologies for crop water requirements**. Rome FAO, 45p. 1991.

STAFNE, E. T.; CLARK, J. R.; ROM, C. R. Leaf gas exchange response of ‘Arapaho’ blackberry and six red raspberry cultivars to moderate and high temperatures. **HortScience**, v. 36, n. 5, p. 880-883, 2001.

TAIZ, L.; ZIEGER, E. **Fisiologia vegetal**.5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 526p.

TAIZ, L.; ZIEGER, E. **Fisiologia vegetal**. Trad. SANTARÉM, E. R. et al., 3º ed., Porto Alegre: Artemed, 2004. 719p.

TAKAKI, A. Y.; RODRIGUES, J. C. ; COSTA, D. P. ; LIMA, M. J. A. ; SOUZA, P. J. O. P. . Balanço de radiação em condições de céu claro e nublado em cultivo de feijão caupi no nordeste do Pará, Brasil. **In: XVIII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 2013, Belém, PA. Anais do XVIII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 2013.**

TAYLOR, K. Biological flora of the British Isles. **Journal of Ecology**, Scotland, v. 93, p. 1249-1262, 2005.

TULLIO, Leonardo; AYUB, Ricardo Antonio. Production of blackberry cv tupy, depending on the intensity of pruning. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 3, p. 1147-1152, 2013.

VOLK, G. M.; OLMSTEAD, J. W.; FINN, C. E.; JANICK, J. The ASHS Outstanding Fruit Cultivar Award: A 25-year Retrospective. **Hortscience**, Alexandria, v. 48, n. 1, p. 4-12, 2013.

WREGE, M. S.; HERTER, F. G. Condições Climáticas. In: **Cultivo de amoreira-preta (*Rubus spp*)**. In: ANTUNES, L. C.; RASEIRA, M. do C. B. (Ed.) Embrapa-CPACT, Pelotas, Dezembro, 2007, p.15-18. (Embrapa Clima Temperado. Sistemas de Produção 12).

WREGE, M. S.; HERTER, F.G. Condições de clima. In: **Aspectos técnicos da cultura da amora-preta**. ANTUNES, L.E.C.; RASEIRA, M. do C.B. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2004. 54 p. (Embrapa Clima Temperado. Documento, 122).

APÊNDICES

Apêndice A: Análise estatística para as variáveis taxa de assimilação líquida de CO₂ (A), condutância estomática (GS), transpiração (E), concentração intercelular de CO₂ (Ci) e eficiência de uso da água (EUA), realizadas no programa estatístico “R”.

R Console

Page 1

```
R version 3.4.1 (2017-06-30) -- "Single Candle"
Copyright (C) 2017 The R Foundation for Statistical Computing
Platform: x86_64-w64-mingw32/x64 (64-bit)
```

```
R é um software livre e vem sem GARANTIA ALGUMA.
Você pode redistribuí-lo sob certas circunstâncias.
Digite 'license()' ou 'licence()' para detalhes de distribuição.
```

```
R é um projeto colaborativo com muitos contribuidores.
Digite 'contributors()' para obter mais informações e
'citation()' para saber como citar o R ou pacotes do R em publicações.
```

```
Digite 'demo()' para demonstrações, 'help()' para o sistema on-line de ajuda,
ou 'help.start()' para abrir o sistema de ajuda em HTML no seu navegador.
Digite 'q()' para sair do R.
```

```
>
> # 1) CARREGANDO OS PACOTES A SEREM USADOS:
>
> require(agricolae)
Carregando pacotes exigidos: agricolae
Warning message:
package 'agricolae' was built under R version 3.4.4
> require(car)
Carregando pacotes exigidos: car
Carregando pacotes exigidos: carData
Warning messages:
1: package 'car' was built under R version 3.4.4
2: package 'carData' was built under R version 3.4.4
> require(ExpDes.pt) #para esquema fatorial
Carregando pacotes exigidos: ExpDes.pt
```

```
Attaching package: 'ExpDes.pt'
```

```
The following objects are masked from 'package:agricolae':
```

```
lastC, order.group, tapply.stat
```

```
The following object is masked from 'package:stats':
```

```
ccf
```

```
Warning message:
package 'ExpDes.pt' was built under R version 3.4.4
> require(openxlsx)
Carregando pacotes exigidos: openxlsx
Warning message:
package 'openxlsx' was built under R version 3.4.4
>
```

```
> #-----
>
>
```

```
> # 2. CARREGANDO OS DADOS:
```

```
> rm(list=ls()) # limpando a memória
>
> dados <- read.xlsx("irga segundo teste.xlsx", sheet=2)
>
> dados$trat <- as.factor(dados$trat)
> dados$data <- as.factor(dados$data)
> dados$rep <- as.factor(dados$rep)
>
```

```
> dados
  trat data rep      A      gs      E      Ci      EUA
1 pep  d3   1 19.432150 0.36046626 7.337541 236.6323 2.6483193
2 pep  d3   2 19.625019 0.34209285 7.361763 231.0412 2.6658034
3 pep  d3   3 17.029743 0.38344717 8.111225 253.6272 2.0995277
4 pep  d3   4 16.843949 0.37205358 8.129141 252.1789 2.0720454
5 pep  d3   5 13.398355 0.20077576 5.443051 219.0568 2.4615523
6 pep  d3   6 18.856176 0.32021290 7.844663 227.4432 2.4036948
7 pep  d3   7 13.532715 0.20032934 5.559460 217.1981 2.4341780
8 pep  d3   8 14.688741 0.22806134 6.181726 221.2645 2.3761551
9 pep  d3   9 16.125943 0.28518358 7.309057 232.6313 2.2062961
```

```

10 pop d3 10 17.938879 0.93752361 8.194691 237.1463 2.1890853
11 pop d6 1 12.694083 0.16283769 4.086710 202.9597 3.1061862
12 pop d6 2 12.064816 0.20395904 5.062392 232.9941 2.3832526
13 pop d6 3 19.920176 0.36625715 7.602734 235.7807 2.6201333
14 pop d6 4 15.176811 0.24256507 5.405214 226.4195 2.8078094
15 pop d6 5 15.720093 0.25131202 5.974321 223.8834 2.6312771
16 pop d6 6 17.657195 0.28690679 6.429798 224.0346 2.7461506
17 pop d6 7 14.937897 0.23226131 5.646718 220.9161 2.6454122
18 pop d6 8 17.836720 0.28675008 6.606328 223.5830 2.6999854
19 pop d6 9 16.991824 0.26479471 6.512091 229.9855 2.5171369
20 pop d6 10 17.966968 0.31342014 7.197125 230.4728 2.4964090
21 pop d11 1 6.326468 0.11879874 5.960997 239.8890 1.0614171
22 pop d11 2 4.028093 0.08218166 4.126203 242.0851 0.9762227
23 pop d11 3 12.224838 0.20330174 8.460310 222.7250 1.4449633
24 pop d11 4 5.892202 0.11031371 5.356957 235.3771 1.0999159
25 pop d11 5 13.297364 0.22179657 8.941478 222.1953 1.4871550
26 pop d11 6 13.909876 0.20231618 8.037730 208.6878 1.7305728
27 pop d11 7 10.196096 0.14983053 6.647348 211.1864 1.5338592
28 pop d11 8 11.646106 0.17981348 7.667900 215.5246 1.5188131
29 pop d11 9 15.357898 0.26413518 9.791428 224.6299 1.5685044
30 pop d11 10 12.060126 0.24790929 9.532019 241.1936 1.2652235
31 pop d19 1 19.767602 0.36125264 8.192612 232.8393 2.4128570
32 pop d19 2 20.733025 0.35448534 8.002578 226.1517 2.5907934
33 pop d19 3 17.907764 0.29348781 7.187675 223.4177 2.4914544
34 pop d19 4 18.263654 0.32339418 7.782609 230.1040 2.3467264
35 pop d19 5 17.845345 0.25182246 6.460917 209.0947 2.7623015
36 pop d19 6 13.306209 0.22570726 5.851781 230.7503 2.2738732
37 pop d19 7 16.798726 0.25737282 6.538895 217.9582 2.5710126
38 pop d19 8 17.330711 0.30349131 7.329045 230.5869 2.3646616
39 pop d19 9 22.407459 0.34859055 8.232924 214.9445 2.7216891
40 pop d19 10 20.321501 0.35032057 8.132567 226.4615 2.4987806
41 pop d3 1 14.581544 0.21335416 5.408633 216.2169 2.6959758
42 pop d3 2 12.088256 0.20527178 5.361481 232.3491 2.2546487
43 pop d3 3 13.220931 0.23899969 6.114483 236.8965 2.1622321
44 pop d3 4 15.512595 0.38528702 8.169304 259.7164 1.8988808
45 pop d3 5 13.673863 0.16300787 5.795832 202.8552 2.3592581
46 pop d3 6 12.595419 0.16597919 4.898488 204.1207 2.5590382
47 pop d3 7 15.388294 0.33705503 7.926238 250.9683 1.9414373
48 pop d3 8 17.064987 0.29555331 7.457660 229.8793 2.2882497
49 pop d3 9 13.573657 0.23511405 6.150890 232.1667 2.2067793
50 pop d3 10 18.385426 0.31547485 7.629268 228.0496 2.4098546
51 pop d6 1 12.856047 0.21345433 5.185996 230.0359 2.4789927
52 pop d6 2 16.067071 0.29500377 6.576190 236.9478 2.4432190
53 pop d6 3 12.825134 0.25064046 5.976216 244.0588 2.1460292
54 pop d6 4 10.577330 0.14672407 4.018057 212.4784 2.6324492
55 pop d6 5 9.397592 0.17179882 4.207177 241.9586 2.2397047
56 pop d6 6 14.775504 0.20899207 6.159186 209.4253 2.3989379
57 pop d6 7 18.174074 0.27584248 7.003814 215.2555 2.5948826
58 pop d6 8 12.270147 0.19959977 5.585789 227.0712 2.1966722
59 pop d6 9 15.715663 0.26058141 6.597424 226.9113 2.3820908
60 pop d6 10 14.160789 0.21243228 5.786134 217.3716 2.4473661
61 pop d11 1 10.671735 0.13531665 4.456481 199.6990 2.3946553
62 pop d11 2 11.936818 0.15669231 5.244794 209.4526 2.1615972
63 pop d11 3 11.347952 0.15631038 5.171750 209.5671 2.1942188
64 pop d11 4 8.982458 0.14979619 4.929619 231.1911 1.8221425
65 pop d11 5 10.716164 0.15364052 6.981908 207.0912 1.5348476
66 pop d11 6 11.942614 0.18689012 7.996815 215.9404 1.4934213
67 pop d11 7 16.640273 0.26142338 10.160951 213.7168 1.6376688
68 pop d11 8 14.391417 0.25452248 9.934931 226.1293 1.4485673
69 pop d11 9 13.756795 0.24978537 9.589776 229.3998 1.4345209
70 pop d11 10 9.743134 0.17141841 7.243276 229.7853 1.3451281
71 pop d19 1 18.218361 0.34836892 8.389097 236.8829 2.1716713
72 pop d19 2 14.191488 0.23985215 6.500561 228.5799 2.1831176
73 pop d19 3 14.424273 0.32739718 7.810582 252.8303 1.8467603
74 pop d19 4 18.942982 0.38021160 8.501146 240.4015 2.2282858
75 pop d19 5 16.348463 0.34871672 8.564625 248.4321 1.9088359
76 pop d19 6 18.394349 0.34885126 8.798564 237.2276 2.0906074
77 pop d19 7 17.471205 0.37824206 8.885001 248.8671 1.9663707
78 pop d19 8 17.406885 0.43392311 9.769219 258.5944 1.7818092
79 pop d19 9 18.807300 0.43433334 9.740301 252.9208 1.9308747
80 pop d19 10 17.887422 0.28909609 7.702435 229.0374 2.3223075
81 top d3 1 18.816192 0.35236611 7.515082 237.8129 2.5037907
82 top d3 2 15.395024 0.41623083 8.117704 266.9855 1.8964751
83 top d3 3 20.592681 0.37845362 7.662913 234.8127 2.6873176

```

```

84  tep  d3  4 20.820326 0.98002179 7.736689 234.1888 2.6911177
85  tep  d3  5 10.561593 0.14066345 4.290261 206.2913 2.4664216
86  tep  d3  6 12.256926 0.20126544 5.662966 227.6915 2.1644009
87  tep  d3  7 13.733920 0.22273859 5.870356 225.6546 2.3395377
88  tep  d3  8 11.597131 0.16224569 4.495126 212.1551 2.5665865
89  tep  d3  9 17.539892 0.31265225 7.563342 231.4331 2.3190665
90  tep  d3 10 17.353652 0.31144216 7.430022 232.2731 2.3356123
91  tep  d6  1 15.444900 0.24370790 5.767482 224.1290 2.6779277
92  tep  d6  2 14.062302 0.27056343 6.107877 242.8703 2.3055968
93  tep  d6  3 15.066651 0.23491670 5.564429 222.5282 2.7076724
94  tep  d6  4 16.614091 0.29952843 6.508144 235.4249 2.5528157
95  tep  d6  5 16.043712 0.25795821 7.029599 222.5984 2.2829101
96  tep  d6  6 14.997527 0.25127929 6.565591 228.2804 2.2842613
97  tep  d6  7 15.970991 0.24325802 6.088383 217.9273 2.6231911
98  tep  d6  8 13.342730 0.20510379 5.449654 220.4786 2.4483627
99  tep  d6  9 12.175323 0.17898099 4.695453 216.7815 2.5930028
100  tep  d6 10 12.728267 0.18634274 5.026369 215.8109 2.5923017
101  tep  d11 1 9.300764 0.17597552 6.018415 240.0834 1.5453843
102  tep  d11 2 12.750904 0.26594991 8.263409 245.5571 1.5490572
103  tep  d11 3 9.485784 0.13961276 5.510789 213.8193 1.7213116
104  tep  d11 4 15.535193 0.35851026 10.767470 249.8106 1.4427895
105  tep  d11 5 9.699445 0.14970779 6.584524 216.7400 1.4730670
106  tep  d11 6 7.348198 0.12431847 5.513275 227.2257 1.3328190
107  tep  d11 7 10.512358 0.15967615 7.200190 213.0869 1.4600112
108  tep  d11 8 8.882132 0.14476478 6.479772 221.2605 1.3707475
109  tep  d11 9 13.986092 0.24051351 9.779491 228.5180 1.3687945
110  tep  d11 10 14.632653 0.24149991 9.564261 220.2605 1.5299302
111  tep  d19 1 16.040737 0.26749539 6.746210 227.9205 2.3777406
112  tep  d19 2 12.495936 0.19502184 5.438052 222.7742 2.2978698
113  tep  d19 3 21.272924 0.42319349 8.789644 239.4972 2.4202258
114  tep  d19 4 17.692865 0.35763443 7.910359 243.2507 2.2366702
115  tep  d19 5 19.755436 0.36274291 8.233919 232.9217 2.3992750
116  tep  d19 6 20.993119 0.40358398 9.062023 237.3666 2.3166040
117  tep  d19 7 22.938254 0.39145030 9.111390 225.1924 2.5175363
118  tep  d19 8 17.198672 0.31502081 7.873408 235.9929 2.1849998
119  tep  d19 9 9.002939 0.07466708 2.660797 136.3131 3.3835497
120  tep  d19 10 20.199159 0.32484084 8.016818 221.5083 2.5195980
>
> head(dados) # mais fácil de ver
  trat data rep      A      gs      E      Ci      EUA
1  pep  d3  1 19.43215 0.3604663 7.337541 236.6323 2.648319
2  pep  d3  2 19.62501 0.3420928 7.361763 231.0412 2.665803
3  pep  d3  3 17.02974 0.3834472 8.111225 253.6272 2.099528
4  pep  d3  4 16.84395 0.3720536 8.129141 252.1789 2.072045
5  pep  d3  5 13.39835 0.2007758 5.443051 219.0568 2.461552
6  pep  d3  6 18.85618 0.3202129 7.844663 227.4432 2.403695
>
>
> attach(dados)
> class(trat)
[1] "factor"
> class(data)
[1] "factor"
> class(rep)
[1] "factor"
> class(A)
[1] "numeric"
> class(gs)
[1] "numeric"
> class(E)
[1] "numeric"
> class(Ci)
[1] "numeric"
> class(EUA)
[1] "numeric"
>
> # 3.2 Principais estatísticas descritivas:
>
> resumo <- summary(dados)
> resumo
  trat      data      rep      A      gs
pep:40 d11:30  1      :12  Min.   : 4.028  Min.   :0.07467
sep:40 d19:30  2      :12  1st Qu.:12.439  1st Qu.:0.20015

```

```

    top:40   d3 :30   3       :12   Median :15.032   Median :0.25130
              d6 :30   4       :12   Mean    :14.885   Mean    :0.25892
              5       :12   3rd Qu.:17.666   3rd Qu.:0.92548
              6       :12   Max.    :22.938   Max.    :0.43433
              (Other):48

      E      Ci      EUA
Min.   : 2.661   Min.   :136.3   Min.   :0.9762
1st Qu.: 5.741   1st Qu.:218.8   1st Qu.:1.8983
Median : 6.993   Median :227.4   Median :2.3111
Mean   : 6.944   Mean   :227.9   Mean   :2.1832
3rd Qu.: 8.056   3rd Qu.:235.5   3rd Qu.:2.5071
Max.   :10.767   Max.   :267.0   Max.   :3.3836

>
>
> source("CV.r") # carregando função que criei para CV
>
> CV(A)
[1] 24.62947
> CV(ga)
[1] 32.41149
> CV(E)
[1] 22.67324
> CV(Ci)
[1] 6.793262
> CV(EUA)
[1] 21.4052
>
> # 4.1 MONTANDO A ANÁLISE DE VARIAÇÃO - ANOVA
>
>
> anovaA<- aov(A ~ rep + trat * data, data=dados)
> anovaGa<- aov(ga ~ rep + trat * data, data=dados)
> anovaE<- aov(E ~ rep + trat * data, data=dados)
> anovaCi<- aov(Ci ~ rep + trat * data, data=dados)
> anovaEUA<- aov(EUA ~ rep + trat * data, data=dados)
>
> anova(anovaA)
Analysis of Variance Table

Response: A
      Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
rep      9  61.91    6.879   0.8720   0.5529
trat     2   23.16   11.578   1.4676   0.2354
data     3 686.49  228.831  29.0072 1.526e-13 ***
trat:data 6   46.75    7.791   0.9876   0.4379
Residuals 99 780.99    7.809
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
> anova(anovaGa)
Analysis of Variance Table

Response: ga
      Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
rep      9  0.04378  0.004864   1.0491   0.4072
trat     2  0.00096  0.000478   0.1030   0.9022
data     3  0.30208  0.100692  21.7161 6.894e-11 ***
trat:data 6  0.03221  0.005368   1.1576   0.3352
Residuals 99  0.45904  0.004637
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
> anova(anovaE)
Analysis of Variance Table

Response: E
      Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
rep      9  21.196    2.3551   1.1546   0.3326
trat     2   0.400    0.1999   0.0980   0.9067
data     3  60.142   20.0472   9.8283 9.839e-06 ***
trat:data 6  11.304    1.8840   0.9236   0.4815
Residuals 99 201.936    2.0398
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
> anova(anovaCi)

```

Analysis of Variance Table

Response: C1

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
rep	9	3641.4	404.60	1.9728	0.05038
trat	2	140.4	70.21	0.3424	0.71093
data	3	1164.3	388.10	1.8924	0.13580
trat:data	6	3132.8	522.14	2.5459	0.02464 *
Residuals	99	20303.9	205.09		

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

> anova(anovaEUA)

Analysis of Variance Table

Response: EUA

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
rep	9	0.4516	0.0502	0.9220	0.50959
trat	2	0.2763	0.1381	2.5382	0.08414
data	3	17.6423	5.8808	108.0596	< 2.2e-16 ***
trat:data	6	2.2290	0.3715	6.8264	4.418e-06 ***
Residuals	99	5.3877	0.0544		

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

> tukey.A <- HSD.test(anovaA, "data", main="A", alpha=0.05)

> tukey.A\$group

A groups

d19	17.81216	a
d3	15.73746	b
d6	14.78841	b
d11	11.20006	c

> tukey.gs <- HSD.test(anovags, "data", main="gs", alpha=0.05)

> tukey.gs\$group

gs groups

d19	0.3237969	a
d3	0.2827772	ab
d6	0.2405684	b
d11	0.1885934	c

>

> tukey.E <- HSD.test(anovaE, "data", main="E", alpha=0.05)

> tukey.E\$group

E groups

d19	7.740398	a
d11	7.397120	ab
d3	6.757635	bc
d6	5.880741	c

>

> época dentro da data

Error: unexpected symbol in "época dentro"

>

> pep <- subset(dados, trat=="pep")

```
> pep <- HSD.test(pep$EUA, pep$data, DFerror=df.residual(anovaEUA),
+               MSerror=deviance(anovaEUA)/df.residual(anovaEUA))
```

> pep\$group

pep\$EUA groups

d6	2.665375	a
d19	2.503415	ab
d3	2.355666	b
d11	1.368665	c

>

> sep <- subset(dados, trat=="sep")

```
> sep <- HSD.test(sep$EUA, sep$data, DFerror=df.residual(anovaEUA),
+               MSerror=deviance(anovaEUA)/df.residual(anovaEUA))
```

> sep\$group

sep\$EUA groups

d6	2.395434	a
d3	2.277635	ab
d19	2.043064	b
d11	1.746671	c

>

>

> tep <- subset(dados, trat=="tep")

```
> tep <- HSD.test(tep$EUA, tep$data, DFerror=df.residual(anovaEUA),
+               MSerror=deviance(anovaEUA)/df.residual(anovaEUA))
```

> tep\$group

```

      top$EUA groups
d6  2.500744      a
d19 2.465347      a
d3  2.397033      a
d11 1.478791      b
>
> data dentro da época
Erro: unexpected symbol in "data dentro"
>
> d3 <- subset(dados, data=="d3")
> d3 <- HSD.test(d3$EUA, d3$trat, DFerror=df.residual(anovaEUA),
+               MSerror=deviance(anovaEUA)/df.residual(anovaEUA))
> d3$group
      d3$EUA groups
top 2.397033      a
pap 2.355666      a
sep 2.277635      a
>
> d6 <- subset(dados, data=="d6")
> d6 <- HSD.test(d6$EUA, d6$trat, DFerror=df.residual(anovaEUA),
+               MSerror=deviance(anovaEUA)/df.residual(anovaEUA))
> d6$group
      d6$EUA groups
pap 2.665375      a
top 2.500744      ab
sep 2.395434      b
>
> d11 <- subset(dados, data=="d11")
> d11 <- HSD.test(d11$EUA, d11$trat, DFerror=df.residual(anovaEUA),
+               MSerror=deviance(anovaEUA)/df.residual(anovaEUA))
> d11$group
      d11$EUA groups
sep 1.746671      a
top 1.478791      b
pap 1.368665      b
>
> d19 <- subset(dados, data=="d19")
> d19 <- HSD.test(d19$EUA, d19$trat, DFerror=df.residual(anovaEUA),
+               MSerror=deviance(anovaEUA)/df.residual(anovaEUA))
> d19$group
      d19$EUA groups
pap 2.503415      a
top 2.465347      a
sep 2.043064      b
>
>
> d23 <- subset(dados, data=="d23")
> d23 <- HSD.test(d23$EUA, d23$trat, DFerror=df.residual(anovaEUA),
+               MSerror=deviance(anovaEUA)/df.residual(anovaEUA))
Error in data.frame(c1 = 1, x) :
  arguments imply differing number of rows: 1, 0
> d23$group
NULL
> pep <- subset(dados, trat=="pep")
> pep <- HSD.test(pep$C1, pep$data, DFerror=df.residual(anovaC1),
+               MSerror=deviance(anovaC1)/df.residual(anovaC1))
> pep$group
      pep$C1 groups
d3  232.8220      a
d11 225.7494      a
d6  224.5029      a
d19 224.2249      a
>
> sep <- subset(dados, trat=="sep")
> sep <- HSD.test(sep$C1, sep$data, DFerror=df.residual(anovaC1),
+               MSerror=deviance(anovaC1)/df.residual(anovaC1))
> sep$group
      sep$C1 groups
d19 242.7714      a
d3  229.3219      ab
d6  226.0915      ab
d11 217.1973      b
>
>

```

```

> tep <- subset(dados, trat=="tep")
> tep <- HSD.test(tep$C1, tep$data, DFerror=df.residual(anovaC1),
+               MSerror=deviance(anovaC1)/df.residual(anovaC1))
> tep$group
      tep$C1 groups
d3  230.9299      a
d11 227.6362      a
d6  224.6829      a
d19 222.1538      a
> d3 <- subset(dados, data=="d3")
> d3 <- HSD.test(d3$C1, d3$trat, DFerror=df.residual(anovaC1),
+               MSerror=deviance(anovaC1)/df.residual(anovaC1))
> d3$group
      d3$C1 groups
pap 232.8220      a
tep 230.9299      a
sep 229.3219      a
> d6 <- subset(dados, data=="d6")
> d6 <- HSD.test(d6$C1, d6$trat, DFerror=df.residual(anovaC1),
+               MSerror=deviance(anovaC1)/df.residual(anovaC1))
> d6$group
      d6$C1 groups
sep 226.0915      a
tep 224.6829      a
pap 224.5029      a
> d11 <- subset(dados, data=="d11")
> d11 <- HSD.test(d11$C1, d11$trat, DFerror=df.residual(anovaC1),
+               MSerror=deviance(anovaC1)/df.residual(anovaC1))
> d11$group
      d11$C1 groups
tep 227.6362      a
pap 225.7494      a
sep 217.1973      a
> d19 <- subset(dados, data=="d19")
> d19 <- HSD.test(d19$C1, d19$trat, DFerror=df.residual(anovaC1),
+               MSerror=deviance(anovaC1)/df.residual(anovaC1))
> d19$group
      d19$C1 groups
sep 242.7714      a
pap 224.2249      b
tep 222.1538      b
>

```