

FLUXOS DE ENERGIA RADIANTE EM CULTIVOS DE AMORA-PRETA 'TUPY'

Edgar Ricardo Schöffel

Universidade Federal de Pelotas, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Pelotas, RS, Brasil
ricardo_schoffel@ufpel.edu.br

Patrícia Marques dos Santos

Universidade Federal de Pelotas, PPG Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Pelotas, RS, Brasil
patriciamarques_92@yahoo.com.br

Leandro da Rosa Maciel

Universidade Federal de Pelotas, PPG Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Pelotas, RS, Brasil
leandro1097@hotmail.com

Flávio Gilberto Herter

Universidade Federal de Pelotas, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Pelotas, RS, Brasil
flavioherter@gmail.com

Roberto Trentin

Universidade Federal de Pelotas, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Pelotas, RS, Brasil
trentin.rt@gmail.com

RESUMO

O objetivo do trabalho foi determinar o albedo e caracterizar a interferência das épocas de poda invernal sobre a partição dos fluxos de radiação em cultivos de amora-preta 'Tupy'. O experimento foi realizado em um pomar comercial no município de Morro Redondo, RS, em que as podas foram realizadas em 18/07 (precoce), 10/08 (convencional) e 01/09 (tardia). As fases do ciclo fenológico com maior acúmulo de radiação solar global e de saldo de radiação foram as fases de baga verde à baga rosa e de botão floral à flor aberta. Da brotação até a maturação dos frutos os cultivos apresentaram regularidade na quantidade de radiação solar global recebida totalizando 1392,1 MJ m⁻² (precoce), 1327 MJ m⁻² (convencional) e 1408,7 MJ m⁻² (tardia). Em dia nublado o balanço de radiação de ondas curtas sobre o cultivo de amora-preta acompanhou a mesma redução da radiação solar global, 85%, em relação ao dia ensolarado, enquanto para o balanço de radiação de ondas longas essa redução foi de 50% (poda convencional e precoce) e de 60% (tardia). O albedo da amora-preta 'Tupy' variou de 0,22 a 0,23 e o saldo de radiação sobre o cultivo representou 54% a 59% da radiação solar global.

Palavras-chave: Balanço de radiação. Balanço de energia. Radiação solar incidente. Pequenas frutas. *Rubus* spp.

RADIANT ENERGY FLUXES IN 'TUPY' BLACKBERRY CROPS

ABSTRACT

The objective of this study was to determine the albedo and characterize the interference of winter pruning times on the partitioning of radiation fluxes in 'Tupy' blackberry crops. The experiment was conducted in a commercial orchard in the municipality of Morro Redondo, RS, Brazil, with pruning performed on July 18 (early), August 10 (conventional) and September 1 (late), 2016. The stages of the phenological cycle with the highest accumulation of global solar radiation and net radiation were those from green berry to pink berry and from floral bud to open flower. From emergence to fruit maturity, the crops showed regularity in the amount of global solar radiation received, totaling 1392.1 MJ m⁻² (early), 1327 MJ m⁻² (conventional) and 1408.7 MJ m⁻² (late). On a cloudy day, the net shortwave radiation on blackberry cultivation followed the same reduction in global solar radiation, 85%, compared to the sunny day, while for the net longwave radiation this reduction was equal to 50% (conventional and early pruning) and to 60% (late). The albedo of 'Tupy' blackberry ranged from 0.22 to 0.23 and the net radiation on the crop represented 54% to 59% of the global solar radiation.

Keywords: Radiation balance. Energy balance. Income solar radiation. Small fruits. *Rubus* spp.

INTRODUÇÃO

O cultivo de amora-preta (*Rubus* spp.) é recente no Brasil, com concentração nos estados da região sul e em algumas localidades com condições climáticas favoráveis, nos estados de Minas Gerais e São Paulo (SEGANTINI et al., 2014). Não existem estatísticas oficiais sobre a área total cultivada com essa espécie no país, embora estima-se que a maior área de cultivo esteja no estado do Rio Grande do Sul (ANTUNES et al., 2014).

Dentre as frutíferas com maior perspectiva de aumento na produção e oferta para o mercado consumidor, é aquela que se mostra mais promissora (JACQUES et al., 2010), pois se apresenta como uma excelente opção para diversificação de pequenas propriedades (RASEIRA e FRANZON 2012), devido ao baixo custo de produção em relação a outras frutíferas, tornando-se como boa alternativa de renda para a agricultura familiar (ATTILIO et al., 2009).

Dentre as cultivares de amora-preta disponíveis no mercado, em nível nacional e mundial, a 'Tupy' é apontada como a mais importante (VOLK et al., 2013), devido as suas características notáveis, como a elevada produtividade, adaptabilidade a diferentes condições edafoclimáticas e de manejo, somado a qualidade de seus frutos que também apresentam boa aceitação para o consumo in natura (ANTUNES et al., 2010; ANTUNES et al., 2014).

Um dos limitantes à expansão da cultura é a sazonalidade na produção de frutos, concentrando a época de colheita no fim do ano no Rio Grande do Sul (ANTUNES e RASSEIRA, 2004), o que resulta em preços mais baixos no mercado durante este período. Segundo Antunes (2002), a antecipação da oferta de frutas, por meio do manejo da cultura ou pela contribuição de condições climáticas favoráveis de uma região, pode proporcionar uma oportunidade de mercado favorável ao fruticultor. Nesse sentido, ao avaliar os efeitos causados na cultura da amora-preta decorrentes de diferentes manejos de poda invernal, para a região oeste do Paraná, Campagnolo e Pio (2012) observaram que podas realizadas em meados de julho foram mais indicadas do que as podas tardias que, devido ao déficit hídrico e riscos com ganizo, podem prejudicar o desempenho produtivo da cultura. Para as condições de São Manuel-SP, de podas realizadas no mês de maio possibilitaram o escalonamento da colheita antecipando para setembro, entretanto, podas muito precoces acarretaram diminuição da produtividade, sendo o período mais indicado para a realização das podas entre agosto e setembro (LEONEL e SEGANTINI, 2015). Nessa mesma localidade, Segantini et al. (2014) verificaram que podas de inverno antecipadas de julho para maio, da amora-preta 'Tupy', diminuem a produtividade em cerca de 30%, mas permitem a colheita fora do período tradicional de safra.

O desenvolvimento vegetativo e produtivo de uma espécie é influenciado pela variação, em escala espacial e temporal, da disponibilidade hídrica e da radiação solar que, por sua vez, atua no balanço de radiação e de energia do ambiente, com consequências sobre a temperatura e a evapotranspiração das culturas (PEDRO Jr. et al., 2015). A energia disponível no ambiente pode ser obtida por meio da contabilização do Balanço de Ondas Curtas (BOC), composto pela radiação com comprimentos de onda entre 300 e 3000 nm, e o Balanço de Ondas Longas (BOL), comprimento de onda superiores a 3000 nm (PEREIRA et al., 2002; BERGAMASCHI e BERGONCI, 2017).

Uma das variáveis do BOC de grande impacto na disponibilidade de energia é o albedo, que representa a razão entre a radiação solar refletida pela superfície e a radiação solar global incidente sobre uma cultura (FIETZ e FISCH, 2009; BERGAMASCHI e BERGONCI, 2017), corresponde a capacidade característica de uma superfície em refletir a radiação solar. Desta forma quanto menor for o albedo maior será a disponibilidade energética para aquele meio, uma vez que a superfície em questão reflete menos radiação solar (KUSHARI e KONITPONG, 2011).

O albedo pode variar de acordo com as condições da superfície, de modo que os menores valores de albedo estão relacionados com superfícies rugosas de coloração escura e teor de umidade mais elevado, enquanto que altos valores de albedo se associam a superfícies suaves, de coloração clara e baixo teor de umidade, quando a superfície se encontra coberta por vegetação este sofre influência de outros fatores como porcentagem de cobertura do solo, a espécie cultivada, altura das plantas, ângulo das folhas e índice de área foliar, sendo também afetado pelo ângulo de elevação solar e a presença de nuvens (BLAD e BACKER, 1972; CORREIA et al., 2002; QUERINO et al., 2013, RADÜNZ et al., 2013).

Pesquisas de modo a inferir sobre alterações microclimáticas promovidas pelo manejo da poda da amora-preta ainda são incipientes em condições subtropicais, por isso, o objetivo do trabalho foi

determinar o albedo e caracterizar a interferência das épocas de poda invernal sobre a partição dos fluxos de radiação em cultivos de amora-preta 'Tupy'.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no período de julho a dezembro de 2016, em um pomar comercial com uma área de 0,25 ha⁻¹, em uma propriedade rural (31°35'18" S, 52°37'47" W, altitude de 243 m) no município de Morro Redondo, RS. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cfa.

O pomar implantado em 2003, cultivado com amora-preta cv. Tupy, conduzido em espaldeira dupla em "T", com dois fios paralelos, no espaçamento de 2,5 m entre linhas e 0,7 m entre plantas. As entre linhas da cultura foram mantidas cobertas com plantas espontâneas ao decorrer do experimento, sendo realizada apenas roçadas para redução da altura das espontâneas a fim de facilitar o trânsito no entre linha.

Foram efetuadas três épocas de poda invernal: poda precoce, em 18 de julho; poda convencional, em 10 de agosto; e poda tardia, em 01 de setembro. A poda procedeu-se de modo a manter os ramos secundários com 0,15 m de comprimento. O experimento foi conduzido em três linhas de cultivo do pomar de modo que cada época de poda foi constituída por cinco unidades experimentais composta por seis plantas.

As fases fenológicas foram determinadas por meio de observação visual, de acordo com a classificação de Hussain et al. (2016), desde a poda até a colheita. Além disso foram avaliadas as variáveis produtivas de comprimento e diâmetro dos frutos, sólidos solúveis totais, produção por planta a produtividade estimada e número de frutos por planta.

Para determinação da produtividade realizou-se a coleta manual de frutos 3 a 4 vezes por semana, sempre pela manhã, quando os frutos encontravam-se totalmente pretos e brilhantes, sem apresentar drupetes vermelhos, conforme propõem Schaker e Antonioli (2009). As medidas de massa dos frutos foram realizadas com auxílio de uma balança semi-analítica (Marte. modelo AY220; 0,001g de precisão) no laboratório de plantas do departamento de Fitotecnia da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel (FAEM/UFPel). A produtividade foi estimada multiplicando-se a produção por planta pelo número total de plantas cultivadas em um hectare, no caso, 5.715 plantas ha⁻¹.

Para a obtenção do saldo de radiação (Rn) foram instalados dois saldo-radiômetros (Kipp & Zonen, modelo NR Lite2), junto às linhas de cultivo dos tratamentos com poda precoce e tardia a 0,70 m acima do dossel da cultura. Devido ao número limitado de saldo radiômetros disponíveis, não foi possível instalar este equipamento na época convencional de poda, sendo utilizado dados do equipamento instalado junto ao tratamento que recebeu a poda precoce.

A radiação solar global incidente (Rs) foi obtida por meio de um tubo solarímetro instalado a 0,75 m acima do dossel da cultura. Para a obtenção da radiação solar refletida (Rr) foram utilizados três tubos solarímetros, um equipamento para cada tratamento de época de poda, instalados com a face sensível voltada para baixo e distantes a 0,60 m acima do dossel da cultura.

Foram utilizados sistemas de aquisição de dados (marca Campbell Scientific, modelo 21X e CR1000), alimentados por bateria recarregável por painel solar, programados para efetuar leituras dos sensores meteorológicos a cada segundo e armazenando as médias horárias.

O albedo (α) foi determinado conforme expresso na equação 1:

$$\alpha = Rr/Rs \quad (1)$$

O Balanço de ondas curtas (BOC) foi obtido conforme expresso por meio da equação 2.

$$BOC = (1-\alpha) \times Rs \quad (2)$$

Para a determinação do balanço de ondas longa (BOL), foi realizado a diferença entre o saldo de radiação (Rn), obtido por meio de leitura, e o BOC, conforme expresso na equação 3.

$$BOL = BOC - Rn \quad (3)$$

Os dados meteorológicos obtidos a partir dos sistemas de aquisição de dados foram transferidos para planilhas eletrônicas, onde foram organizados e tabulados em valores horários e diários. Para justificar a existência da correspondência funcional entre os pares de dados da Rs com a Rr e com o Rn fez-se a aplicação da 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). Os dados de produção foram submetidos à análise de variância e aplicado o agrupamento de médias pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante a fase de baga verde à baga rosa foram observados os maiores acumulados da radiação solar global (Rs) e do saldo de radiação (Rn) para as três épocas de poda da amora-preta (Tabela 1). Nessa fase do ciclo da amora-preta os valores acumulados de Rs e de Rn foram bastante próximos para as épocas de poda precoce (18/jul) e convencional (10/ago), enquanto que na época de poda tardia (01/set) os valores acumulados atingiram 571 MJ m⁻² para Rs e 303,3 MJ m⁻² para Rn, os quais são em torno de 15% a 35% maiores em relação épocas de poda precoce e convencional. Outra fase do ciclo fenológico da amora-preta em que os valores acumulados de Rs e Rn foram elevados e semelhante entre as épocas de poda foi a fase de botão floral à flor aberta, como pode ser verificado na Tabela 1. Estes resultados são decorrentes, principalmente, do intervalo de tempo destas duas fases, que são as mais longas do ciclo, com durações que variam, individualmente, de 19 a 25 dias.

A fase de baga vermelha à baga madura apresentou os menores acumulados do ciclo para ambas as variáveis, com valores acumulados entre 68 a 90 MJ m⁻², para Rs, e entre 38 a 50 MJ m⁻², para Rn. Esses baixos valores de acumulados se fundamentam por essa fase fenológica ser bastante rápida para troca de pigmentação das bagas e por ocorrer em um período do ano em que a incidência de radiação solar é maior no Hemisfério Sul.

Apesar de algumas variações entre as fases do desenvolvimento da amora-preta com os tratamentos, quando se analisou os acumulados para todo o ciclo se verificou grande regularidade entre as épocas de poda avaliadas especialmente para a Rs, com valores de 1392,1 (precoce, 18/jul), 1327,6 (convencional, 10/ago) e 1408,7 MJ m⁻² (tardia, 01/set), não havendo, portanto, favorecimento para alguma das épocas. Essa regularidade para o valor acumulado durante todo o ciclo também foi observada para o saldo de radiação (Rn), porém com um intervalo um tanto maior entre a época de poda tardia (769,0 MJ m⁻²) e precoce (883,8 MJ m⁻²). Esses resultados indicam que, nas três épocas de poda a cultura encontrou disponibilidade de energia radiante para completar o ciclo de produção e que o adiantamento da poda não trouxe prejuízos ao acúmulo em energia radiante, pois conforme demonstram os dados dispostos na Tabela 1 houve acúmulo semelhante em relação a época convencional de poda, mesmo que para isso, tenham transcorridos um maior número de dias para completar cada fase.

Tabela 1 - Radiação solar global (Rs) e saldo de radiação (Rn) acumulados para cada fase fenológica de plantas de amora-preta 'Tupy' submetidas a três épocas de poda: precoce (18 de julho), convencional (10 agosto) e tardia (01 de setembro). Morro Redondo, 2016.

Fase fenológica	Rs (MJ m ⁻²)			Rn (MJ m ⁻²)		
	precoce	convencional	tardia	precoce	convencional	tardia
Brotação - Botão floral	211,2	162,2	176,5	121,7	98,2	98,7
Botão floral - Flor aberta	311,4	295,7	309,8	207,6	197,2	170,2
Flor aberta - Baga verde	189,5	197,9	122,2	107,0	111,7	70,5
Baga verde - Baga rosa	420,4	437,4	571,9	249,5	259,8	303,3
Baga rosa - Baga vermelha	170,6	165,8	138,6	97,9	94,5	77,4
Baga vermelha - Baga madura	89,0	68,6	89,7	49,9	38,2	48,9
Ciclo total	1392,1	1327,6	1408,7	833,6	799,6	769,0

Essa regularidade quanto ao acúmulo em energia radiante demonstrado entre os tratamentos de épocas de poda, apresentado na Tabela 1, não se manteve quanto a produtividade do pomar. A produtividade da amora-preta 'Tupy' não apresentou diferenças significativas pelo teste de Tukey entre as plantas podadas precocemente (julho) e em época convencional (agosto), as quais obtiveram 15.830 Kg ha⁻¹ e 15.944 Kg ha⁻¹, respectivamente. Porém, as plantas que foram podadas tardiamente (setembro) apresentaram menor produção em relação as demais épocas com 11.715 Kg ha⁻¹. Estes resultados sugerem que a disponibilidade de radiação solar na região de Morro Redondo, após a poda invernal, não estabelece restrição à produtividade dessa cultivar a qual possivelmente esteja na dependência de outro fator ambiental, como a disponibilidade térmica ou a disponibilidade hídrica.

A produtividade obtida nesta pesquisa atende as expectativas para a amora-preta 'Tupy' pois, segundo Antunes et al. (2014), a produtividade média brasileira varia de 10.600 Kg ha⁻¹ a 16.300 Kg ha⁻¹, superando os 5.169 Kg ha⁻¹ obtidos por Antunes et al. (2010), na mesma região e corroboram com o resultados observados por Campagnolo e Pio (2012), para a região oeste do Paraná, os quais observaram que poda realizada em meados de julho é mais indicada do que poda tardia que pode prejudicar o desempenho produtivo da cultura, devido aos maiores riscos de exposição da cultura ao déficit hídrico e granizo. Ainda, em duas safras de cultivo da amora 'Xavante', em Guarapuava, no estado do Paraná, Marchi et al. (2015) observaram que o atraso da poda, de início para o fim do mês de agosto, resultou em decréscimo na produtividade na ordem de 19% numa safra e de 24% safra seguinte.

A variação horária dos componentes do balanço de radiação para um dia ensolarado, sobre a área cultivada com amora-preta 'Tupy', pode ser visualizada na Figura 1, em que o total diário de radiação solar global (Rs) foi de 25,3 MJ m⁻² d⁻¹, apresentando valores crescentes de Rs no turno da manhã até estabilizar entre as 11 e 13 horas alcançando 1040 W m⁻², e, posteriormente, declinando até o fim da tarde. Ao observar a variação horária do balanço de ondas curtas (BOC) e do balanço de ondas longas (BOL) é possível verificar comportamento similar entre épocas de poda precoce (18/jul) e convencional (10/ago), Figuras 1a e 1b, respectivamente, distinguindo-se da época de poda tardia (01/set), Figura 1c. Por esses dias, as plantas apresentavam índice de área foliar (IAF) médio de 0,9, sem diferenças entre as três épocas de poda, no entanto, visualmente foi observado que a cobertura de plantas espontâneas sobre o tratamento de poda tardia foi reduzido em relação aos demais tratamentos, expondo mais o solo e, conseqüentemente, diminuindo a refletividade dessa superfície para a radiação de onda curta e aumentando a sua emissão de radiação de onda longa (QUERINO et al., 2013, RADÜNZ et al., 2013; BERGAMASCHI e BERGONCI, 2017).

Ainda nesse mesmo dia de céu limpo, a radiação refletida (Rr) pela superfície cultivada com amora-preta atingiu valores de até -234 W m⁻² (Figura 1b), -229 W m⁻² (Figura 1a) e -202 W m⁻² (Figura 1c), respectivamente, na segunda (10/ago), primeira (18/jul) e terceira (01/set) épocas de poda. O balanço de ondas longas (BOL) sobre esse cultivo apresentou oscilações ao longo do dia, tanto na magnitude dos valores extremos como no horário de ocorrência, sendo que o valor máximo emitido pela superfície foi de -121 W m⁻² (Figura 2a) e de -118 W m⁻² (Figura 2 b), às 11h, de com respectivamente -121 W m⁻² (Figura 2 a) e -118 W m⁻² (Figura 2 b), enquanto que para a terceira época este ocorreu às 9 h e 11 h com -181 W m⁻² (Figura 2 c). Essa oscilação do BOL ao longo dia pode ser atribuída a umidade atmosférica que, quando em maior quantidade aumenta a refletividade da radiação emitida pela superfície e, com isso, aumentam o retorno dessa radiação à superfície.

Em relação ao saldo de radiação, ao meio-dia foram observados valores máximos diários correspondendo a 784 W m⁻² (Figura 2a), 744 W m⁻² (Figura 2b) e 720 W m⁻² (Figura 2c), respectivamente, nas épocas precoce, convencional e tardia. Nota-se na Figura 2 que o saldo de radiação sobre os cultivos com amora-preta mostrou, na escala horária, a mesma tendência entre os tratamentos de época de poda, com pequenas variações quantitativas possivelmente relacionadas a cobertura do terreno.

Sabe-se que a nebulosidade reduz consideravelmente a incidência de radiação solar sobre a superfície. Em um dia completamente nublado, como aquele representado na Figura 2 (dia 02/dez), a Rs total diário foi de 4,1 MJ m⁻² d⁻¹, sendo essa energia 85% menor em comparação com a Rs observada no dia ensolarado (09/ dez, Figura 1). A acentuada redução da radiação solar incidente trouxe, por consequência, redução dos mesmos 85% no BOC para as três épocas de poda, nesse dia nublado, mas de redução de 60% (poda tardia) a 50% (poda precoce e convencional) no BOL nesse dia nublado em relação ao dia ensolarado.

Figura 1 - Componentes do balanço de radiação sobre cultivo de amora-preta 'Tupy', em um dia ensolarado (09/dez), para as épocas de poda precoce (a), convencional (b), tardia (c). Morro Redondo, 2016.

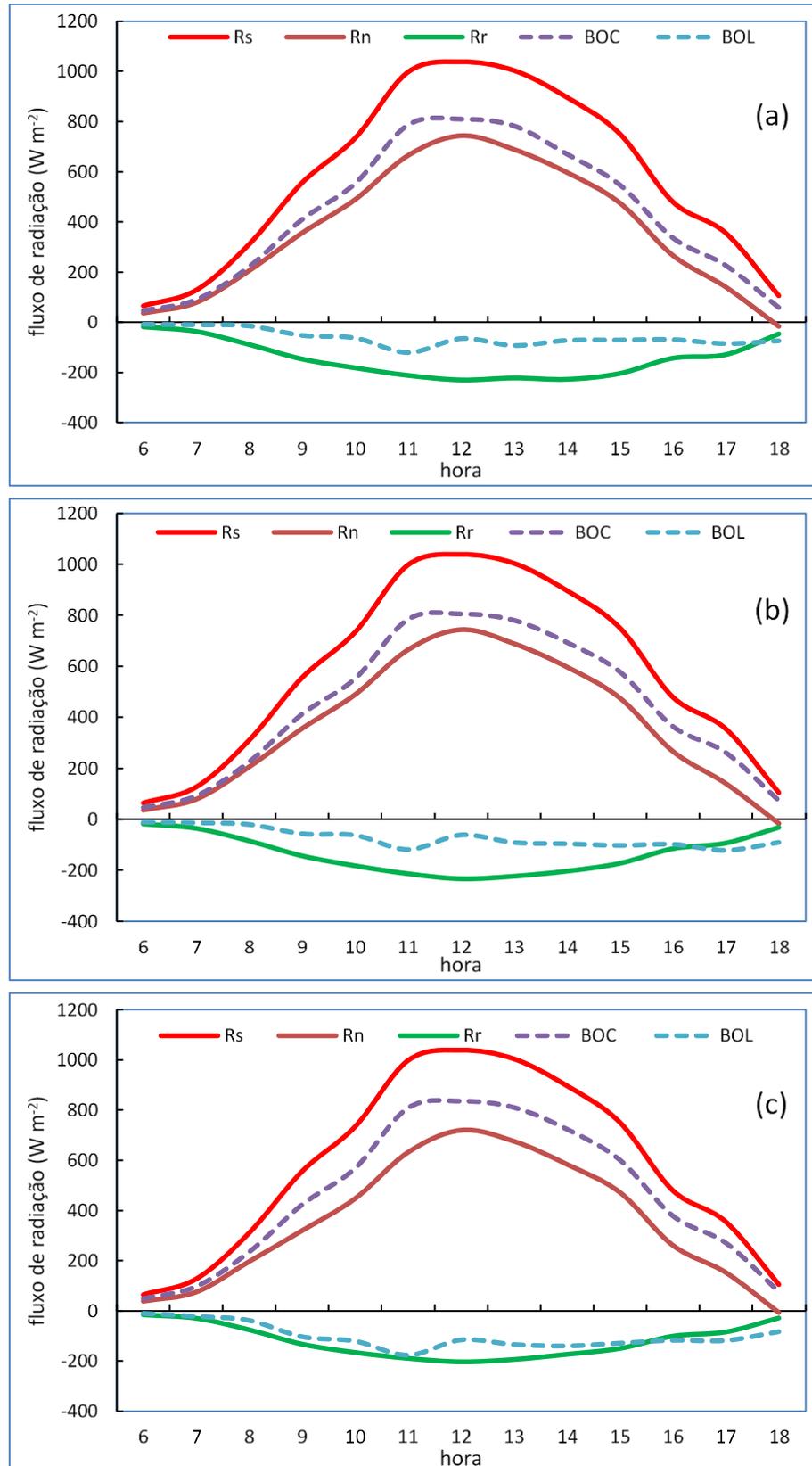
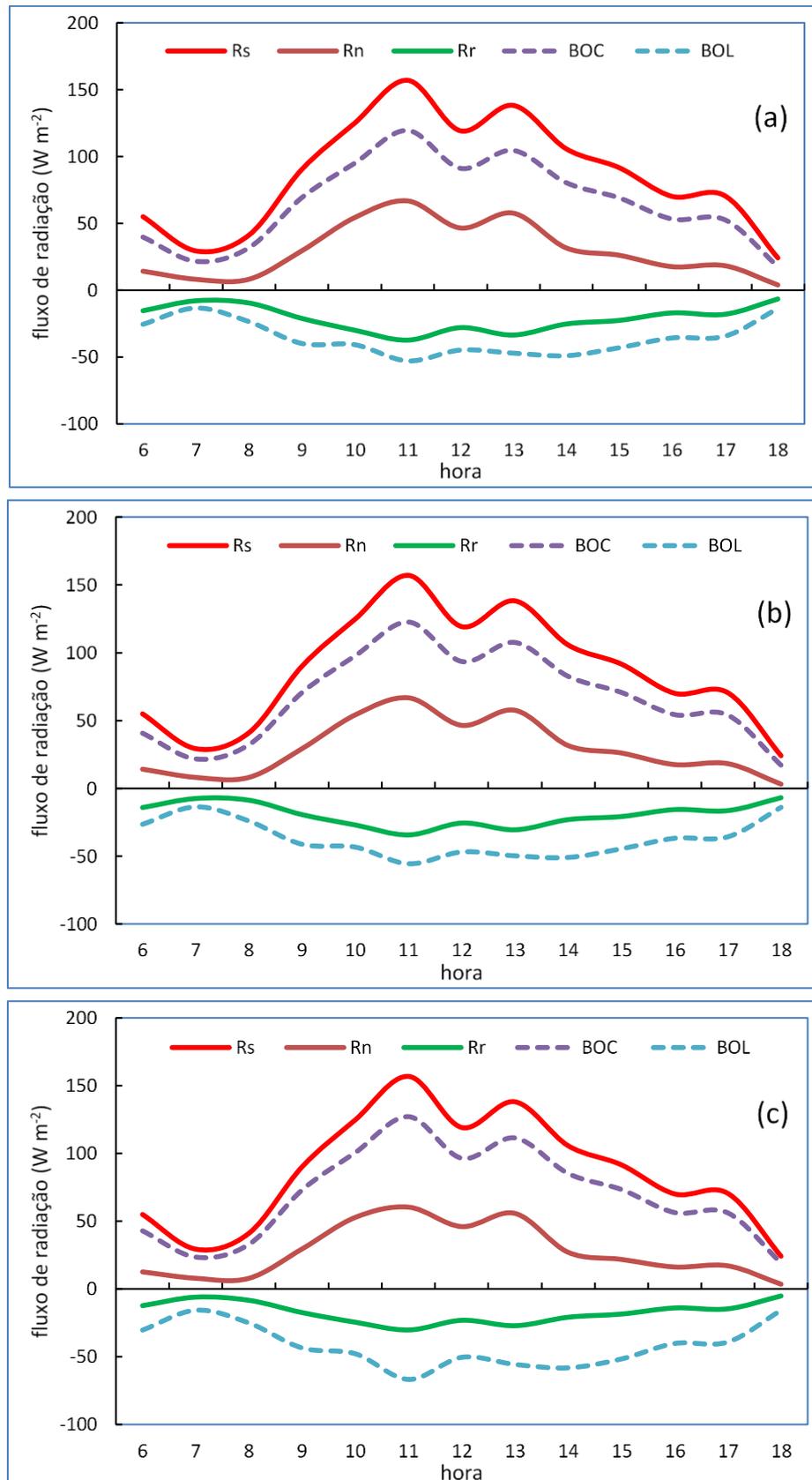


Figura 2 - Componentes do balanço de radiação em um dia completamente nublado (02/12/16), sobre cultivo de amora-preta 'Tupy' submetidas a poda precoce (a), em 18 de julho; convencional (b), em 10 de agosto; e tardia (c) em 01 de setembro. Morro Redondo, 2016.



Na escala horária o pico observado de radiação solar incidente foi de 157 W m^{-2} , às 11 h, em função das condições de nebulosidade os componentes do balanço de radiação oscilaram ao longo do dia, alternando aleatoriamente picos e declínios. Assim, às 11 h foram observados os valores extremos para as variáveis R_s , R_n , R_r , BOL e BOC (Figura 2). Em termos relativos, às 12 h do dia nublado a R_s sobre o cultivo de amora-preta foi apenas 11% do valor obtido em comparação com respectivo no dia de céu claro (Figura 1), a mesma proporção pode ser observada para BOC e R_r . Esses resultados evidenciam redução em todas as variáveis avaliadas para as condições deste dia em comparação com o dia ensolarado. Comportamento similar a este foi observado em trabalho realizado por Azevedo et al. (1997), com videira europeia cultivada em espaldeira, no qual os autores registraram redução e oscilação de valores horários dos componentes radiação solar, saldo de radiação e radiação solar refletida, em decorrência da presença de nuvens.

Destaca-se que, para esse dia completamente nublado, não foi possível observar distinção entre os componentes do balanço de radiação e as épocas de poda, ficando as diferenças restritas a pequenas oscilações nos valores, os quais variaram, em média, 2 W m^{-2} (Figura 2).

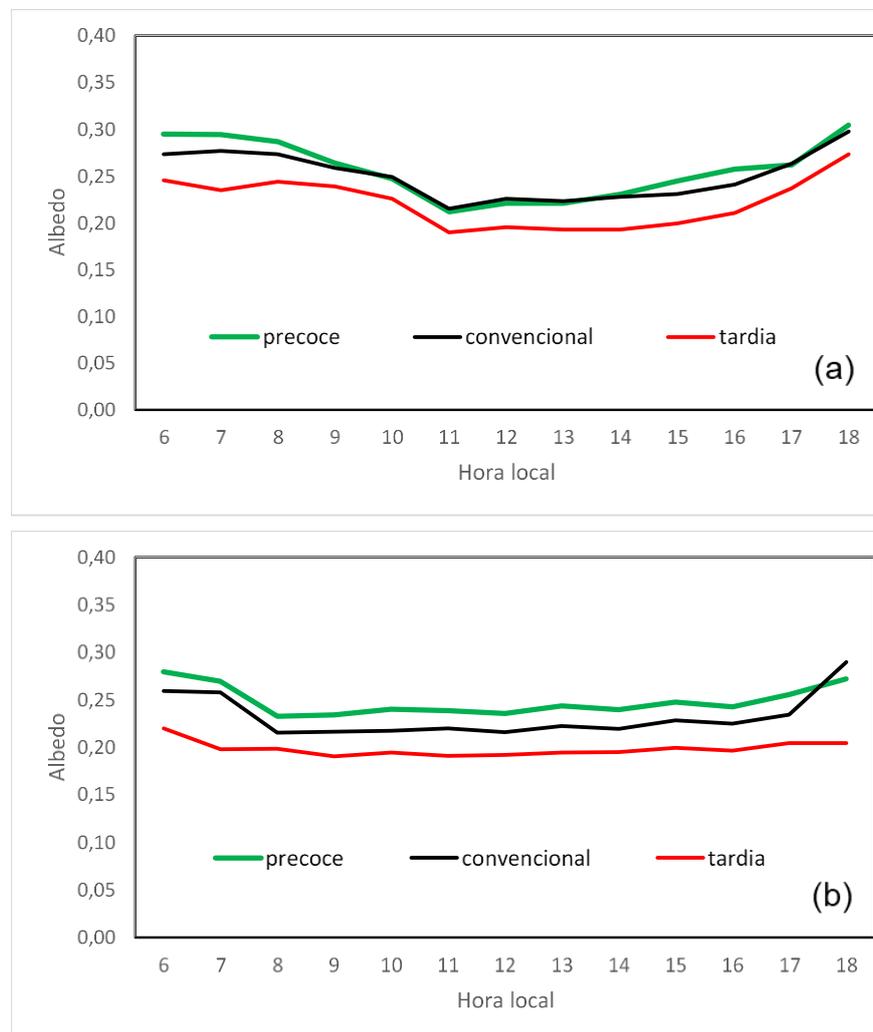
Ao observar a disposição do albedo ao longo de um dia ensolarado, 09 de dezembro, representado na Figura 3a, é possível verificar oscilação nos valores horários de albedo, com registro de maiores valores nos períodos de início e fim do dia, enquanto os menores valores foram observados próximo ao meio dia (Figura 3a). Esses resultados corroboram aqueles encontrados por André et al. (2010), em cultivo cana, Souza et al. (2010), em cultivo de feijão-vagem e Querino et al. (2013), em áreas de mangue com desmatamento. Este comportamento é decorrente da dependência do albedo em relação ao ângulo de elevação solar, de modo que nos horários de início e fim do dia, quando o ângulo de elevação solar é baixo, os raios solares atingem a cultura de forma paralela, de modo que a maior parte da energia seja refletida, ocasionando em valores elevados de albedo. Em horários próximos ao meio dia, momento de maior elevação solar, os raios solares incidem de forma próxima a perpendicularidade em relação a superfície, acarretando na maior penetração e retenção destes no interior da comunidade de plantas, o que condiciona a ocorrência dos menores valores de albedo nesses horários (ANDRÉ et al., 2010; SOUZA et al., 2010). Ao observar a Figura 3a verifica-se que o albedo da amora-preta foi semelhante para as plantas que receberam a poda na época precoce e convencional, com valor médio diário de 0,26 e 0,25, respectivamente, enquanto naquelas plantas podadas tardiamente o albedo manteve-se em patamar abaixo em relação as demais, com média diária de 0,22. Esse menor valor de albedo, observado na época de poda tardia, pode ser atribuída a menor cobertura de plantas espontâneas e, por isso, maior exposição do terreno resultando em menor refletividade da radiação solar incidente, conforme abordado anteriormente.

Para um dia completamente nublado, como aquele representado na Figura 3b, foi possível observar uma estabilização do albedo na escala horária, com pequena tendência de aumento dos valores no início da manhã e no fim da tarde. Isso se justifica em virtude da constante presença de nuvens nesse dia, ocasionando menor amplitude da radiação global (Figura 2) em comparação ao dia ensolarado (Figura 1) e com menores ofertas de radiação solar global (R_s) na maior parte do dia. Porém, quase no fim desse dia, por volta das 17 h, possivelmente devido a menor densidade de nuvens, foi observado acréscimo da R_s (Figura 2) num horário em que ângulo zenital solar é maior, o que também contribuiu para a observação de maiores valores de albedo no fim da tarde (Figura 3b). Na maior parte do dia, entre 8 h e 17 h, o albedo se manteve com valor de 0,23, no tratamento que recebeu poda na época precoce, de 0,22, na época convencional e de 0,20 na época tardia. Redução nos valores de albedo em dias com grande presença de nuvens foi situação também verificada por Souza et al. (1999) que encontrou valores médios de albedo para condições de dia parcialmente nublado que variaram de 0,14 a 0,16, entre distintas fases fenológicas de feijão-vagem; comportamento similar foi verificado por Azevedo et al. (1997) que, ao trabalhar com videira europeia conduzida em espaldeira, observou redução do albedo para dias nublados, de modo que para estes dias o albedo representou de 19,5 a 20% da radiação solar incidente, enquanto que para dias com condições de céu claro o albedo correspondeu a 22% da radiação solar incidente.

Quando os dados instantâneos de radiação solar global (R_s) e de radiação solar refletida (R_r) pela superfície são agrupados, sem qualquer distinção por horário ou pela presença de nuvens, conforme representado na Figura 4, é possível verificar a alta correlação linear positiva entre essas duas variáveis, indicando que a quantidade de radiação refletida pelo cultivo de amora-preta aumenta linearmente com o acréscimo da radiação solar global. Essa relação pode ser muito bem ajustada à uma equação linear simples, com coeficiente linear zero, cujo coeficiente angular resultará no próprio

albedo do cultivo. Para plantas de amora-preta 'Tupy' podadas precocemente (Figura 4a) e em época convencional (Figura 4b), cultivadas com entre-linhas totalmente cobertas por plantas espontâneas, o albedo resultante foi de 0,24, indicado que 24% da radiação solar incidente acaba sendo refletida por essa superfície, ao passo que para podas realizadas tardiamente (Figura 4c), cuja cobertura de plantas espontâneas nas entre-linhas não cubram totalmente o terreno, o albedo foi 0,23. Registra-se que a partir da brotação o crescimento foliar da amora-preta foi rápido, logo atingindo o IAF 1 e mantendo valor estável (próximo à 1,1) por praticamente todo o ciclo de produção, vindo a declinar no início de dezembro. Assim, é possível atribuir um valor médio de albedo para todo o ciclo, com alto grau de acerto, conforme pode ser verificado por meio dos coeficientes de determinação (R^2) das equações apresentadas na Figura 4.

Figura 3 - Albedo da amora-preta 'Tupy' para um dia (09/12) ensolarado (a) e para um dia (02/12) nublado (b) para plantas que receberam poda em épocas precoce (18/Jul), convencional (10/Ago) e tardia (01/Set). Morro Redondo, RS.



Os elevados coeficientes de determinação das equações representadas na Figura 5, demonstram, com alta confiabilidade, que o saldo de radiação diário corresponde, em média, de 54% a 59% da radiação solar global diária incidente sobre o cultivo amora-preta. Também em sistema de condução em espaldeira, mas em cultivo de videira 'Cabernet Franc', Pedro Jr et al. (2015) obtiveram valores de mesma ordem de grandeza para a relação entre essas duas variáveis quando, em média para todo o período de cultivo, 62% da R_s foi disponibilizado como R_n . Na comparação de duas áreas de preparo

de cultivo anual, Bergamaschi e Bergonci (2017) demonstram que o R_n equivale a 51% da R_s em área com cobertura de palha (semeadura direta) e a 67% da R_s em solo descoberto (preparo convencional).

Figura 4 - Relação entre a radiação solar global (R_s) e a radiação solar refletida (R_r) pela superfície cultivada com amora-preta 'Tupy' para plantas que receberam poda em época precoce (a), convencional (b) e tardia (c). Morro Redondo, 2016.

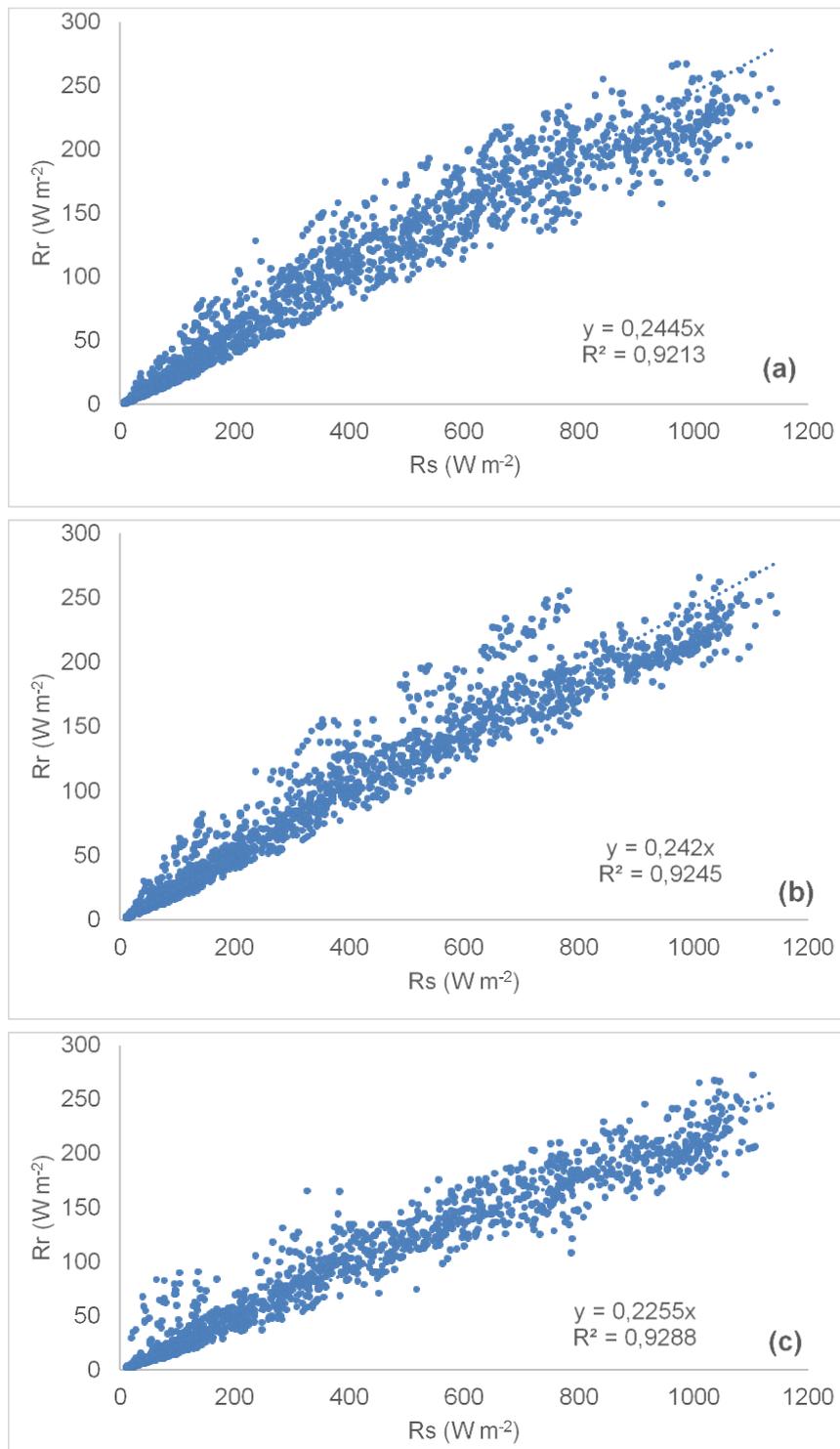
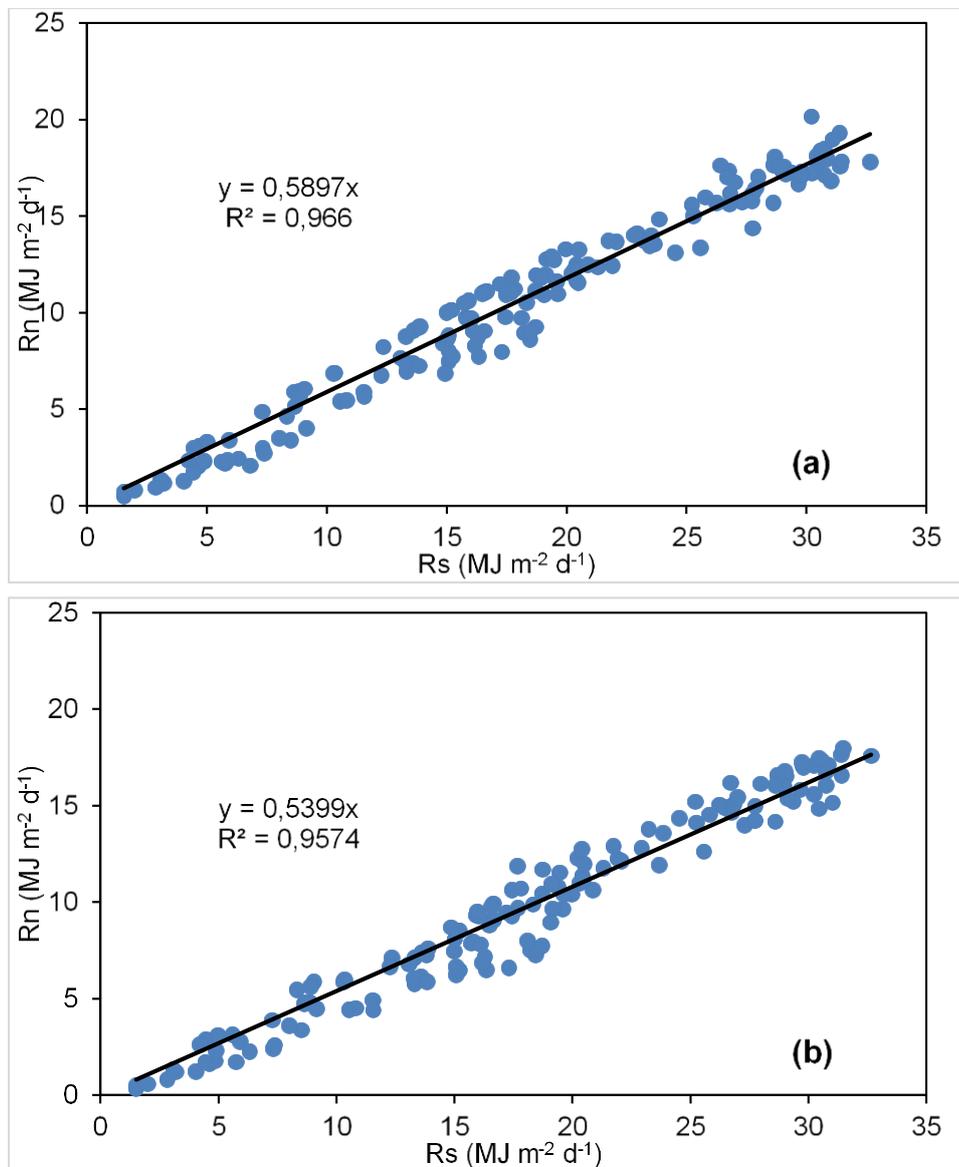


Figura 5 - Relação entre a radiação solar global (R_s) e o saldo de radiação (R_n) sobre superfície cultivada com amora-preta 'Tupy' podadas em época precoce (a) e tardia (b). Morro Redondo, 2016.



CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em termos de disponibilidade de energia radiante as plantas de amora-preta que recebem poda a partir de meados de julho até o início de setembro, na região de Morro Redondo, RS, encontram condições suficientes e favoráveis para completar o ciclo de produção. As fases do ciclo fenológico em que são acumuladas as maiores quantidades de radiação solar global e de saldo de radiação são as fases de baga verde à baga rosa e de botão floral à flor aberta. O adiantamento da poda não trouxe prejuízos ao acúmulo em energia radiante, totalizando $1392,1 \text{ MJ m}^{-2}$ (precoce), 1327 MJ m^{-2} (convencional) e $1408,7 \text{ MJ m}^{-2}$ (tardia) de radiação solar global recebida desde a brotação até a maturação dos frutos.

Plantas da cultivar 'Tupy' podadas precocemente (julho) e em época convencional (agosto) obtiveram produtividades semelhantes, $15.830 \text{ Kg ha}^{-1}$ e $15.944 \text{ Kg ha}^{-1}$, respectivamente, enquanto as plantas podadas tardiamente (setembro) apresentaram menor produtividade, $11.715 \text{ Kg ha}^{-1}$, indicando que a restrição à produtividade dessa cultivar não é atribuída a disponibilidade de energia radiante nessa época do ano e nessa localidade.

A nebulosidade reduz consideravelmente os valores instantâneos de radiação solar global, radiação refletida pela cultura e saldo de radiação, podendo ocasionar redução da ordem de 85% no balanço de radiação de ondas curtas sobre o cultivo de amora-preta, em relação a um dia ensolarado, enquanto para o balanço de radiação de ondas longas essa redução pode representar 50% (poda convencional e precoce) ou 60% (tardia).

Em cultivos de amora-preta conduzidas em sistema em espaldeira, com entre-linhas totalmente cobertas por vegetação, o albedo da cultivar Tupy é de 0,24 e 59% da radiação solar global diária é disponibilizada o ambiente como saldo de radiação.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) por concessão de bolsa de pós-graduação do segundo e terceiro autores.

REFERÊNCIAS

- ANDRÉ, R. G. B.; MENDONÇA, J. C.; MARQUES, V. S.; PINHEIRO, F. M. A.; MARQUES, J. Aspectos energéticos do desenvolvimento da cana-de-açúcar. Parte 1: balanço de radiação e parâmetros derivados. **Revista Brasileira de Meteorologia**, Santa Maria, v. 25, n. 3, p. 375-382, 2010. <https://doi.org/10.1590/S0102-77862010000300009>
- ANTUNES, L. E. C. Amora-preta: nova opção de cultivo no Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.32, n. 1, p. 151-158, 2002. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782002000100026>
- ANTUNES, L. E. C.; PEREIRA, I. S.; PICOLOTTO, L.; VIGNOLO, G. K.; GONÇALVES, M. A. Produção de amoreira-preta no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 36, n. 1, p.100-111, 2014. <https://doi.org/10.1590/0100-2945-450/13>
- ANTUNES, L.E.C.; RASSEIRA, M.C.B. **Aspectos técnicos da cultura da amora-preta**. Pelotas: Embrapa-CPACT, 2004. 54p. (Embrapa, documentos 122).
- ANTUNES, Luís Eduardo Corrêa; GONÇALVES, Emerson Dias; TREVISAN, Renato. Fenologia e produção de cultivares de amoreira-preta em sistema agroecológico. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 9, p.1929-1933, set. 2010. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782010000900012>
- ATTILIO, L. B.; BOLIANI, A. C.; APARECIDA, M.; TARSITANO, A. Custo de produção de amora-preta em região tropical. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 31, n. 4, p. 1042-1047, 2009. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452009000400017>
- AZEVEDO, P. V. de.; TEIXEIRA, A. H. de C.; SILVA, B. B.; SOARES, J. M.; SARAIVA, F. A. M. Avaliação da reflectância e do saldo de radiação sobre um cultivo de videira europeia. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 5, n. 1, p. 1-7, 1997.
- BERGAMASCHI, H.; BERGONCI, J. I. **As Plantas e o Clima: Princípios e aplicações**. Guaíba: Agrolivros, 2017. 352 p.
- BLAD, B. L.; BACKER, D. G. Reflected radiation from a soybean crop. **Agronomy Journal**, Madison, v. 64, p. 277-280, 1972. <https://doi.org/10.2134/agronj1972.00021962006400030006x>
- CAMPAGNOLO, M. A.; PIO, R. Produção da amoreira-preta 'Tupy' sob diferentes épocas de poda. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 2, p. 225-231, 2012. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782012005000007>
- CORREIA, F. W. S.; ALVALÁ, R. C. S.; GIELOW, R.; MANZI, A. O.; SOUZA, A. 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.
- 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. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662009000400012>

- HUSSAIN, I.; ROBERTO, S. R.; FONSECA, I. C. B.; ASSIS, A. M.; KOYAMA, R.; ANTUNES, L. E. C. Phenology of 'Tupy' and 'Xavante' blackberries grown in a subtropical area. **Scientia Horticulturae**, v. 201, p. 78-83, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.01.036>
- JACQUES, A. C.; PERTUZATTI, M. T. B.; RUI, C. Z.; CHIM, J. F. Estabilidade de compostos bioativos em polpa congelada de amora-preta (*Rubus fruticosus*) cv. 'Tupy'. **Química Nova**, São Paulo, v. 33, n. 8, p. 1720-1725, 2010. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422010000800019>
- KUSHARI, B.; KANITPONG, K. Surface Albedo of Bangkok Roads. **Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies**, Toquio, v. 8, p.181-186, 2011.
- LEONEL, S.; SEGANTINI, D. M. Épocas de poda para a amoreira-preta cultivada em região subtropical. **Irriga: Brazilian journal of irrigation and drainage**, Botucatu, v. 1, n. 1, p.248-256, 2015. <https://doi.org/10.15809/irriga.2015v1n1p248>
- 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**, Bom Jesus, v. 6, n. 3, p.326-333, 2015. <https://doi.org/10.14295/cs.v6i3.670>
- PEDRO JÚNIOR, M. J., HERNANDES, J. L., BARDIN-CAMPAROTTO, L., BLAIN, G. C. Balanço de energia e consumo hídrico de vinhedo de 'Cabernet Franc'. **Bragantia**, Campinas, v. 74, n. 2, p. 234-238. 2015. <https://doi.org/10.1590/1678-4499.0310>
- PEREIRA, A.R.; ANGELOCCI, L.R.; SENTELHAS, P.C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba: Agropecuária, 2002. 478 p.
- 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. <https://doi.org/10.1590/S0102-77862013000400006>
- 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. <https://doi.org/10.1590/brag.2013.048>
- RASEIRA, M. do C. B.; FRANZON, R. C. Melhoramento genético e cultivares de amora-preta e mirtilo. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 33, n. 268, p.11-20, 2012.
- SCHAKER, P. D. C.; ANTONIOLLI, L. R. Aspectos econômicos e tecnológicos em pós-colheita de amoras-pretas (*Rubus* spp). **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.15, n.14, p.11-15, 2009.
- SEGANTINI, D. M.; LEONEL, S.; CUNHA, A. R. da; 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, 2014. <https://doi.org/10.1590/0100-2945-295/13>
- SOUZA, J. L.; ESCOBEDO, J. F.; TORNERO, M. T. T. Albedo e estimativas do saldo de radiação em feijão-vagem sob cobertura de plástico e ambiente externo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 10, p.1763-1774, out. 1999. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X1999001000002>
- SOUZA, P. J. O. P.; RIBEIRO, A.; ROCHA, E. J. P.; LOUREIRO, R. S.; BISPO, C. J. C.; SOUSA, A. M. L. Albedo da cultura da soja em área de avanço da fronteira agrícola na Amazônia. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 1, p.65-73, 2010. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662010000100009>
- 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. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.48.1.4>

Recebido em: 16/05/2020

Aceito para publicação em: 19/10/2020