

Radiação Solar em Cultivos ConSORCIADOS de Milho e Feijão



**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Clima Temperado
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**

**BOLETIM DE PESQUISA
E DESENVOLVIMENTO
304**

**Radiação Solar em Cultivos
Consortiados de Milho e Feijão**

*Liliane Novelini
Eberson Diedrich Eicholz
Amanda da Fonseca Borges
Carlos Gustavo Raasch
Edgar Ricardo Schöffel
Roberto Trentin*

**Embrapa Clima Temperado
Pelotas, RS
2018**

Embrapa Clima Temperado
BR 392 km 78 - Caixa Postal 403
CEP 96010-971, Pelotas, RS
Fone: (53) 3275-8100
www.embrapa.br/clima-temperado
www.embrapa.br/fale-conosco

Comitê Local de Publicações

Presidente
Ana Cristina Richter Krolow

Vice-Presidente
Enio Egon Sosinski

Secretário-Executivo
Bárbara Chevallier Cosenza

Membros
*Ana Luiza B. Viegas, Fernando Jackson,
Marilaine Schaun Pelufê, Sonia Desimon*

Revisão de texto
Bárbara Chevallier Cosenza

Normalização bibliográfica
Marilaine Schaun Pelufê

Editoração eletrônica
Fernando Jackson

Foto capa
Eberson Diedrich Eicholz

1ª edição
Obra digitalizada (2018)

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Embrapa Clima Temperado

R129 Radiação solar em cultivos consorciados de milho e
feijão / Liliane Novelini... [et al.]. – Pelotas: Embrapa
Clima Temperado, 2018.
26 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento /
Embrapa Clima Temperado, ISSN 1678-2518 ; 304)

1. Milho. 2. Feijão. 3. Radiação solar. 4. Sistema de
cultivo. I. Novelini, Liliane. II. Série.

CDD 631

Sumário

Introdução.....8

Material e métodos10

Resultados e discussão.....13

Conclusões.....24

Referências25

Radiação Solar em Cultivos ConSORCIADOS de Milho e Feijão

Liliane Novelini¹

Eberson Diedrich Eicholz²

Amanda da Fonseca Borges³

Carlos Gustavo Raasch⁴

Edgar Ricardo Schöffel⁵

Roberto Trentin⁶

Resumo - O consórcio milho e feijão é o mais comum no Brasil, sendo utilizado para melhorar o aproveitamento da propriedade, sendo necessário desenvolver estratégias para melhoria da eficiência desse sistema de cultivo. As avaliações dos sistemas de consorciação restringem-se geralmente ao emprego do uso eficiente da terra (UET) e a análises agronômicas de rendimento das culturas. Dessa forma, justifica-se o emprego de outros parâmetros para análise dos componentes que interferem no sistema de consorciação. Este experimento foi desenvolvido com o objetivo de verificar a interferência dos diferentes espaçamentos sob o aproveitamento de radiação solar global incidente (R_s) e a radiação refletida pelas culturas do milho e do feijão em cultivo consorciado. Foram avaliadas duas cultivares de milho, uma da coleção CPACT ('Tupi Laranja') e outra melhorada ('BRS Missões'), e a cultivar de feijão 'BRS Expedito', as quais foram analisados em monocultivo e em cultivo consorciado em três arranjos de plantas. O experimento foi realizado na Embrapa Clima Temperado, onde foram conduzidos nove tratamentos no delineamento blocos ao acaso, com quatro repetições. Cada parcela mediu 5,60 m de comprimento por 4,80 m de largura. Evidenciou-se que os tratamentos com maior espaçamento entre plantas de milho proporciona maior

¹ Engenheira-agrônoma, doutora em Agronomia, bolsista da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS.

² Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, pesquisador da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS.

³ Engenheira-agrônoma, mestre em Agronomia, doutoranda em Sistemas de Produção Agrícola Família, Faem/UFPeL, Pelotas, RS.

⁴ Engenheiro-agrônomo, bolsista da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS.

⁵ Engenheiro-agrônomo, professor da Faem/UFPeL, Pelotas, RS.

⁶ Engenheiro-agrônomo, professor da Faem/UFPeL, Pelotas, RS.

penetração de radiação solar para o cultivo do feijão, e que a produção por metro linear (por planta) é pouco afetada no consórcio, sendo a redução da produtividade efeito da área ocupada por cada espécie.

Termos para indexação: estágio, disponibilidade de radiação, arranjos de plantas, produção.

Solar Radiation in Corn and Beans Consortium Crops

Abstract - The corn and beans consortium is the most common in Brazil, being used to improve the use of the rural property; it is necessary to seek strategies to improve the efficiency of this cultivation system. Evaluations of intercropping systems are usually restricted only to land use (UET) efficiency and agronomic crop yield analyzes. Therefore, other parameters are needed to analyze the components that interfere in the consortium system. This experiment was carried out in order to verify the interference of the different spacings under the use of incident global solar radiation (R_s) and the radiation reflected by the corn and bean cultures in intercropping. Two maize cultivars were used, one from the CPACT collection ('Tupi Laranja') and another one improved ('BRS Missões'), as well as BRS Expedito bean cultivar, both evaluated in monoculture and intercropping in three plant arrangements. The experiment was carried out at Embrapa Temperate Agriculture, where nine treatments were conducted in a randomized complete block design, with four replications. Each plot measured 5.60 m long by 4.80 m wide. Among the treatments, it was evidenced that the treatments with greater spacing between corn plants provided greater penetration of solar radiation for the bean cultivation. Also, the production per linear meter (per plant) is little affected in the consortium and the productivity reduction is the effect of the area occupied by each species.

Index terms: plant stage, plant arrangement, incident solar radiation, production

Introdução

No Brasil, a maior parte da produção de alimentos básicos é oriunda de propriedades agrícolas familiares. A busca de práticas culturais eficientes, que possam assegurar incrementos na produção de forma prática e econômica, constitui uma importante ação (Komuro, 2014). A prática de cultivar duas ou mais culturas simultaneamente numa mesma área, a fim de atender suas necessidades básicas, é bastante difundida entre os agricultores das regiões tropicais do mundo. Essa prática tem resistido ao longo dos anos, não somente pela tradição, mas também por vantagens econômicas, pela venda da produção excedente, associadas ao suprimento de alimentos por um maior período do ano (Calvino; Monzon, 2009).

O consórcio de culturas é caracterizado pela maximização de espaço mediante o cultivo simultâneo, num mesmo local, de duas ou mais espécies com diferentes características quanto à sua arquitetura vegetal, hábitos de crescimento e fisiologia. As plantas podem ser semeadas ao mesmo tempo ou não, mas compartilham dos mesmos recursos ambientais durante grande parte de seus ciclos de vida, fato que leva a forte interatividade entre as espécies consorciadas, e entre elas e o ambiente (Hernani et al., 2017).

No sistema de cultivo em consórcio, são semeadas duas ou mais espécies numa mesma área, de modo que uma das culturas conviva com a outra, em todo ou, pelo menos, em parte de seu ciclo. O feijão é o preferido nos consórcios culturais, em razão do ciclo vegetativo curto e pouca competição, podendo ser semeado em mais de uma época (safra e safrinha). Também é relativamente tolerante à competição com milho, que normalmente é a outra planta usada no consórcio (Vieira, 2006). De acordo com Maschio et al. (2007), o consórcio milho e feijão é o mais comum no Brasil, justificando que se busquem estratégias para melhoria da eficiência desse sistema de cultivo.

O milho (*Zea mays* L.), produzindo matéria-prima para a alimentação humana, animal e industrial, é um dos principais cereais cultivados no mundo. Considerando-se a sua importância econômica, em consonância do valor da produção agropecuária, da área cultivada e do volume produzido, a avaliação de cultivares visando a produção de grãos secos e especialmente do milho verde é interessante, pois agrega valor ao produto e melhora a renda dos produtores, principalmente em pequenas propriedades (Shiferaw et al., 2011).

Entretanto, as cultivares podem apresentar comportamentos distintos no que se refere à população de plantas e em sistema de cultivo consorciado. O uso de espaçamento e densidade corretos constitui uma prática de baixo custo e fácil entendimento por parte dos agricultores, justificando estudos desse tipo para cultivares disponíveis no mercado (Komuro, 2014).

Atualmente, o milho safrinha tem se mostrado de grande importância econômica em todo o País de modo que, devido a sua relevância para o agronegócio, o IBGE (2005) e a Conab (2017) classificaram-no de “milho da segunda safra”, e não mais de “milho safrinha”. O Brasil cultiva aproximadamente 8 milhões de hectares de milho safrinha, o que é praticamente a mesma área da primeira safra. Motivados pelo preço de comercialização, os produtores gradativamente substituem o cultivo do milho pela soja na primeira safra (Conab, 2017), mantendo o milho na segunda safra, sucedendo a soja.

Nesses sistemas de cultivos consorciados, ocorre competição por energia radiante, nutrientes, água e outros fatores envolvidos no crescimento e produção das culturas. A competição depende das espécies envolvidas, dos seus sistemas radiculares e da disponibilidade de água, nutrientes e oxigênio (Costa, Silva, 2008). A definição de arranjos ideais de consórcio para essas culturas faz-se necessária, tendo em vista que atualmente os agricultores usam os mais diferentes arranjos espaciais, em busca do melhor aproveitamento dos fatores abióticos disponíveis.

A disponibilidade de radiação solar é um dos fatores que mais limitam o crescimento e desenvolvimento das plantas. Toda energia necessária para a realização da fotossíntese, processo que transforma o CO₂ atmosférico em energia metabólica, é proveniente da radiação solar (Taiz; Zieger, 2004). Quando as plantas recebem adequado suprimento de água e nutrientes, a produção de fitomassa é controlada pela radiação solar disponível.

Em face da importância da cultura do milho e do feijão, bem como da necessidade de melhoria e do desenvolvimento de sistemas consorciados eficientes e produtivos, este experimento foi desenvolvido com o objetivo de verificar a interferência dos diferentes espaçamentos e arranjo de plantas sob o aproveitamento de radiação solar incidente e a radiação refletida pelas culturas do milho e do feijão em cultivo solteiro e consorciado.

Material e métodos

O experimento foi realizado em área experimental localizada na Embrapa Clima Temperado (CPACT), Pelotas, RS, latitude 31° 42' S, longitude 52° 24' O, na safra 2014/2015 e 2015/2016, no período de segunda safra. Foram testados nove tratamentos. O experimento foi constituído por blocos ao acaso, com quatro repetições, cada bloco formado por nove parcelas experimentais. Cada parcela mediu 5,60 m de comprimento por 4,80 m de largura.

Foram avaliadas duas variedades de milho, sendo uma variedade da coleção da CPACT, 'Tupi Laranja' (registrada no Mapa com o nome 'BRS 019TL') e a cultivar 'BRS Missões', e uma cultivar de feijão, 'BRS Expedito', as quais foram avaliadas em monocultivo e em cultivo consorciado. O monocultivo de milho deu-se no espaçamento de 0,80 m entre linhas e quatro plantas no metro linear, enquanto que monocultivo de feijão no espaçamento de 0,40 m entre linha com dez plantas no metro linear (Figura 1). A composição dos tratamentos consta na Tabela 1 e Figura 2.

Tabela 1. Composição dos tratamentos utilizados no experimento de consórcio milho e feijão, localizado na Embrapa Clima Temperado (CPACT), Pelotas, RS.

TRATAMENTO	COMPOSIÇÃO
1	Feijão 1 linha X Cultivar de Milho 1 (Tupi)
2	Feijão 2 linha X Cultivar de Milho 1 (Tupi)
3	Feijão 3 linha X Cultivar de Milho 1 (Tupi)
4	Feijão 1 linha X Cultivar de Milho 2 (Missões)
5	Feijão 2 linha X Cultivar de Milho 2 (Missões)
6	Feijão 3 linha X Cultivar de Milho 2 (Missões)
7	Feijão Solteiro (Expedito)
8	Milho Solteiro Cultivar 1 (Tupi)
9	Milho Solteiro Cultivar 2 (Missões)



Foto: Eberson Dieckrich Eicholz

Figura 1. Cultivo solteiro do milho e do feijão. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, 2018.

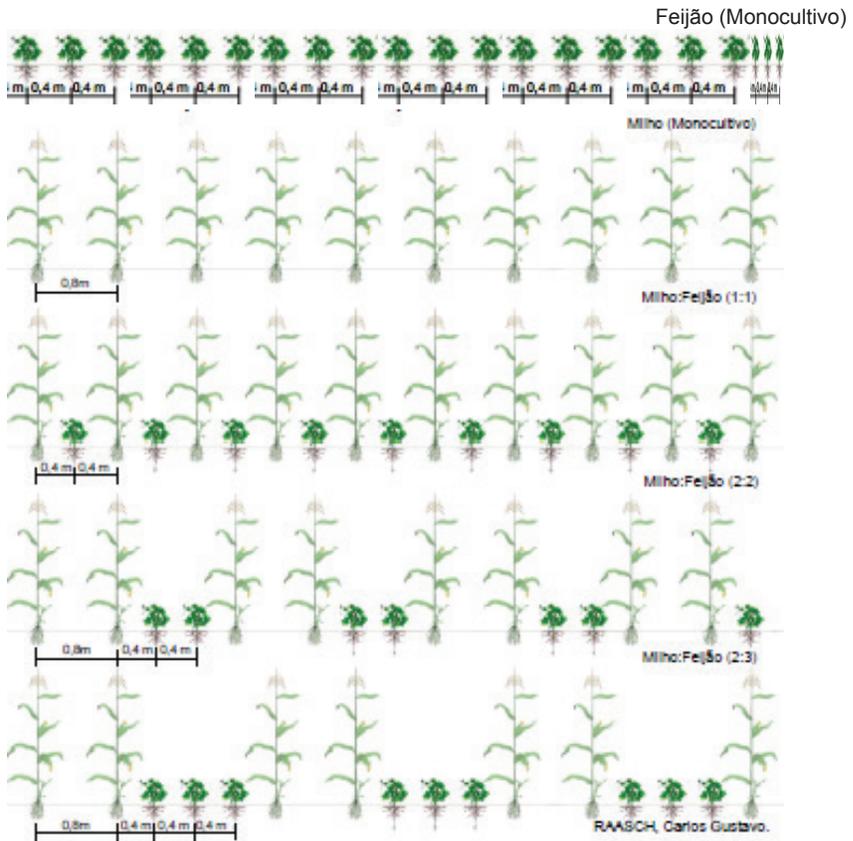


Figura 2. Representação do espaçamento de entrelinhas dos arranjos avaliados no consórcio entre milho e feijão, e de monocultivo de milho e de feijão. Safra 2014/2015 em Pelotas, RS.

Foram instalados tubos solarímetros (radiômetros) em cada sistema de consórcio, a uma altura de 1 m acima da cultura do feijão. Os dados de radiação solar foram armazenados em um sistema de aquisição de dados (*data logger*) instalado na área experimental. Posteriormente, os dados foram coletados, agrupados e interpretados (Figura 3).

As medidas feitas pelo integrador de área foliar foram realizadas em um aparelho da marca Li-cor, modelo LI 3100. As amostras foram coletadas e levadas ao laboratório, e, em seguida, numeradas com etiquetas coladas no centro das folhas de milho e no centro dos folíolos (feijão). Os folíolos e as folhas foram passados pelo aparelho, um a um, em ordem numérica, e os valores de área foliar retornados foram anotados em uma tabela. Eventualmente, foram realizados ajustes e limpeza na superfície do aparelho que entrou em contato com as amostras.

Foto: Ebersson Diedrich Eichholz



Figura 3. Instalação dos solarímetros na área do experimento. Safra 2014/2015 em Pelotas, RS.

As avaliações de rendimento e altura de plantas foram realizadas na área útil, sendo composta das duas linhas centrais de cada tratamento, por cultu-

ra. Os dados de rendimento obtidos foram transformados em kg ha^{-1} . O feijão foi colhido antes do milho, aos 77 dias após a emergência (DAE); e o milho aos 124 DAE.

Para avaliação da proporção da radiação solar e do rendimento por cultura, foi realizado o cálculo da porcentagem do tratamento em relação à testemunha (cultivo solteiro).

O delineamento experimental utilizado foi de blocos completos casualizados com quatro repetições em esquema fatorial 2×5 (milho \times consórcio). Para a obtenção dos coeficientes de correlação de Pearson, empregou-se o programa SAS®, com 5% de probabilidade. Os dados relacionados à porcentagem da produção por metro linear e por área em relação ao cultivo solteiro foram submetidos à análise de variância e, quando significativo pelo teste de F a 5%, procedeu-se ao teste de médias (Duncan a 5% de probabilidade).

Resultados e discussão

Na Figura 4, estão representadas a radiação solar (RS) média diária, incidente sobre o cultivo do feijão solteiro (F) e em consórcio (2M2F; 2M3F), nos diferentes estádios de desenvolvimento da cultura (crescimento, florescimento e maturação) e a porcentagem de radiação solar incidente em cada estágio de desenvolvimento, na safra 2014/2015 em Pelotas (RS). Pode-se observar diferenças na radiação média por período que chega a cada estágio de desenvolvimento da cultura, crescimento, florescimento e maturação do feijão nos diferentes tratamentos, ocorrendo diminuição na radiação solar global incidente nas plantas de feijão nos sistemas consorciados (2F:2M e 3F:2M), proporcionada pelo sombreamento das plantas de milho sobre as de feijão.

Durante o estágio de florescimento, o tratamento 2M:2F foi o que recebeu menos radiação solar, quando comparado ao tratamento F e 2M:3F. Esse fato pode ser atribuído ao arranjo de plantas adotado, em que o maior espaçamento entre linhas de milho (tratamento 3F2M) proporcionou maior incidência da radiação solar. No estágio de enchimento de grãos, a radiação solar incidente nos tratamentos 2F:2M e 3F:2M foi praticamente a mesma, sendo inferior apenas à radiação solar incidente no cultivo de feijão solteiro (F). Já durante o estágio de maturação dos grãos do feijão, o tratamento 3F:2M foi o que recebeu mais radiação, quando comparado ao tratamento

2F:2M. Provavelmente, pode-se inferir que esse aumento esteja relacionado com a inclinação dos raios solares que, nesse local e época do ano, apresentam menor ângulo zenital, fazendo com que a posição do sombreamento vá mudando de posição. Porém, de modo geral, verificou-se que, ao final do período analisado, no arranjo mais espaçado entre as espécies, com três linhas de feijão e duas linhas de milho (3F:2M), a radiação solar incidente nas plantas do feijão é a que mais se aproxima da radiação solar incidente sobre o cultivo solteiro (F), proporcionando, assim, o arranjo de consórcio que menos compromete a chegada da radiação solar à cultura do feijão. Nesse sentido, Mahallati et al. (2015) relatam que, em cultivos consorciados, dentre outros fatores, o sombreamento da cultura de menor porte e a transmissividade da radiação solar estão relacionados com a época do ano, arquitetura da planta sombreadora e o arranjo espacial utilizado.

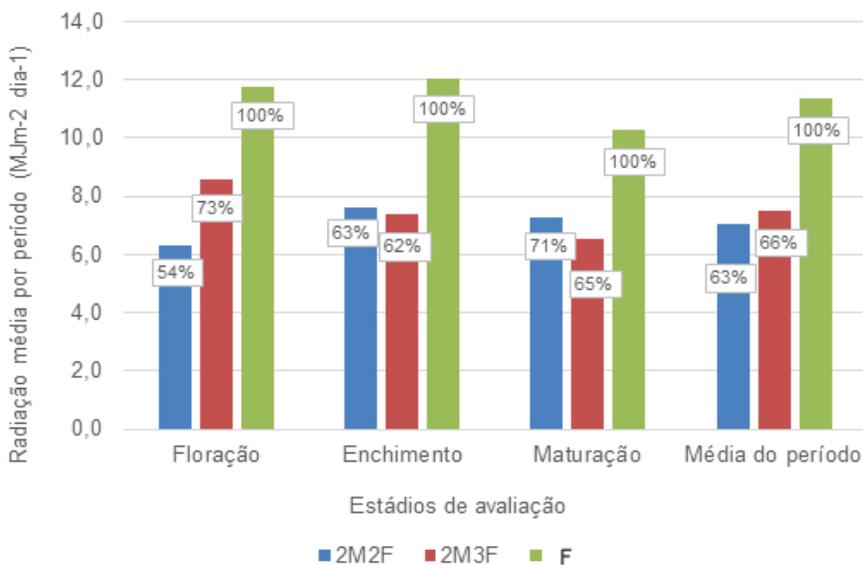


Figura 4. Radiação Solar (RS) média diária ($\text{MJm}^{-2}\text{d}^{-1}$) incidente sobre o cultivo do feijão solteiro (F) e em consórcio (2M2F e 2M3F), nos diferentes estágios de desenvolvimento da cultura, e porcentagem (%) de radiação solar por estágio de desenvolvimento e período, na safra 2014/2015 em Pelotas (RS).

Com base nos dados da Tabela 2, não houve correlações significativas para a maioria das variáveis analisadas na correlação de Pearson, apenas pode-se observar que a área foliar do feijão (AFF) apresentou correlação forte com a radiação solar média diária no estágio de florescimento (RAD 2),

e moderada com a radiação total nos diferentes estádios de desenvolvimento (RADT). De acordo com Gao et al. (2010), em cultivos consorciados, as espécies normalmente diferem em altura e em distribuição das folhas e vagens, entre outras características morfológicas, que podem levar as plantas a competir por energia radiante, água e nutrientes. Uma vez que a radiação afeta o desenvolvimento da cultura de menor porte, a escolha do melhor arranjo e da época de semeadura é crucial no desempenho do sistema, ou seja, na maximização da produção. Segundo Mahallati et al. (2015), a partição da radiação solar incidente sobre as plantas, em um sistema consorciado, será determinada pela altura das plantas e pela eficiência de interceptação e absorção. O sombreamento causado pela cultura mais alta reduz tanto a quantidade de radiação solar à cultura mais baixa como a sua área foliar. Para Santos et al. (2010), a menor produtividade do feijão em consórcio é atribuída à menor população de plantas utilizada para evitar prejuízos na cultura do milho e a competição exercida pelo milho pela redução na quantidade de luz para o feijão, em função da altura das plantas da gramínea.

Tabela 2. Coeficientes de correlação de Pearson entre as variáveis de características agrônômicas do milho e do feijão em monocultivo e consorciado, e variáveis agrometeorológicas. Safra agrícola 2014/2015.

2015	PRODM	PRODF	ALPLM	ALPLF	AFM	AFF
PRODF	0.05540					
	0.94460					
ALPLM	0.31137	0.77878				
	0.68860	0.22120				
ALPLF	0.79807	-0.29958	0.26619			
	0.20190	0.70040	0.73380			
AFM	0.23958	0.79663	0.34880	-0.36174		
	0.76040	0.20340	0.65120	0.63830		
AFF	0.01795	0.53632	-0.06388	-0.58760	0.90758	
	0.98200	0.46370	0.93610	0.41240	0.09240	
RADIA1	-0.97386	0.38898	-0.31753	-0.99356	0.89263	0.99733
	0.14590	0.74570	0.79430	0.07230	0.29770	0.04660

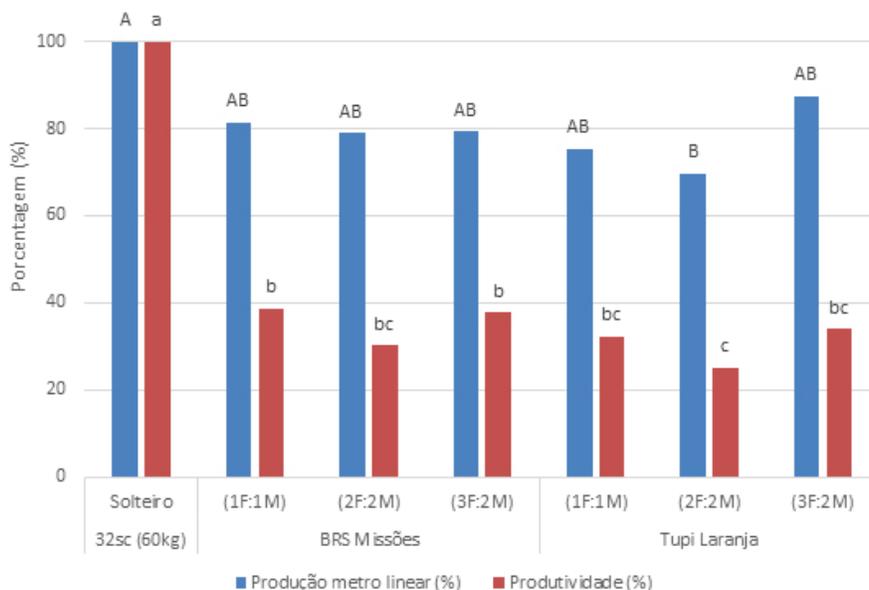
continua...

... continuação Tabela 2.

2015	PRODM	PRODF	ALPLM	ALPLF	AFM	AFF
RADIA2	-0.90087	0.17867	-0.51672	-0.94492	0.77280	0.98925
	0.28590	0.88560	0.65430	0.21230	0.43770	0.09340
RADIA3	-0.86193	0.09678	-0.58568	-0.91466	0.71774	0.97379
	0.33850	0.93830	0.60170	0.26490	0.49040	0.14610
RADT	0.92730	0.24257	-0.45968	-0.96429	0.81262	0.99669
	0.24420	0.84400	0.69590	0.17060	0.39610	0.05180

Produção do feijão (PRODF); Altura de planta do milho (ALPLM); Altura de planta do feijão (ALPLF); Área foliar do milho (AFM); Área foliar do feijão (AFF); Radiação solar média diária no estádio de florescimento (RAD 1); Radiação solar média diária no estádio de enchimento (RAD 2); Radiação solar média diária no estádio de maturação (RAD 3); Radiação total nos diferentes estádios de desenvolvimento (RADT); Produção do milho (PRODM); Produção do feijão (PRODF); Altura de planta do milho (ALPLM); Altura de planta do feijão (ALPLF); Área foliar do milho (AFM); Área foliar do feijão (AFF).

Conforme a Figura 5, pode-se observar que a produção no metro linear da cultura do feijão foi menos afetada em todos os tratamentos do que a sua produtividade, o que pode ser atribuído ao arranjo adotado em cada tratamento, tendo um maior ou menor número de plantas de feijão na área de acordo com o arranjo. A produção média do metro linear do feijão foi próximo a 80% nos consórcios em relação ao cultivo solteiro. Já a produtividade por área foi inferior a 40% do cultivo solteiro, de 32 sacos por hectare.



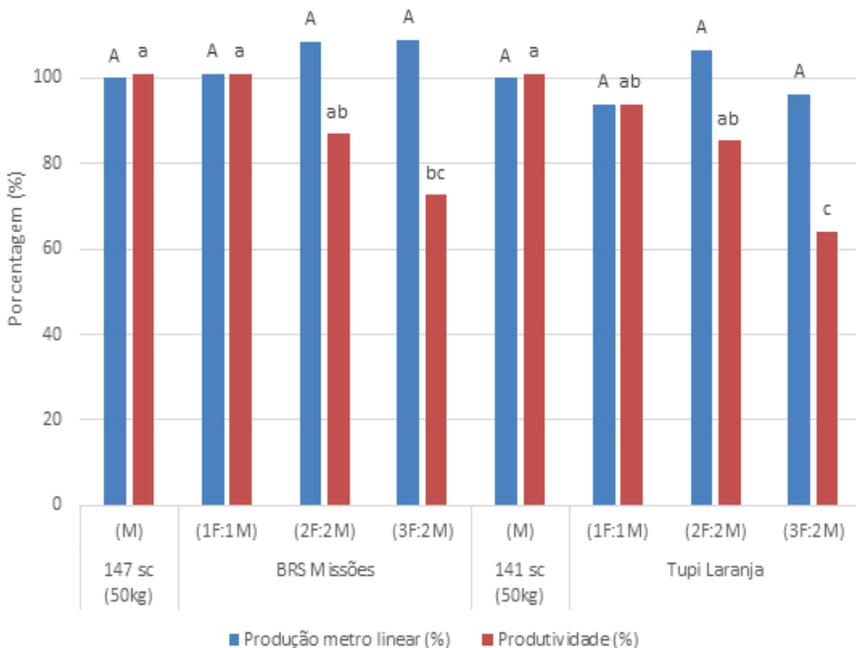
*Médias com mesma letra maiúscula não diferem entre si para porcentagem da produção do metro linear;

**Médias com a mesma letra minúscula não diferem entre si para porcentagem da produção por área.

Figura 5. Porcentagem da produção do feijão no consórcio em relação ao cultivo solteiro em um metro linear e na produção total da área (%) experimental de cada tratamento na safra 2014/2015 em Pelotas (RS).

Na cultura do milho (Figura 6), não houve alterações negativas na produção por metro linear, observando-se até tendência ao aumento de produção com o cultivo consorciado, apesar de não ser significativo. Porém, quando se analisa a produtividade da testemunha, equivalente a 147 sacos por hectare, há variação entre os tratamentos, relacionada com a área ocupada e o número de plantas existentes num hectare, como no arranjo duas linhas de milho e três de feijão. Assim, o milho, devido ao seu porte maior, não sofreu influência da radiação e na produtividade por planta

Os resultados referentes às Figuras 5 e 6 estão de acordo com observações de Portes e Carvalho (2003): quando em consórcio com o milho, há uma redução em torno de 50% na produtividade do feijão comum, em relação ao monocultivo, em qualquer tipo de solo ou , e em qualquer localidade. Já o milho raramente sofre redução significativa na produtividade. Esse fato pode decorrer da menor disponibilidade de luz para as plantas de feijão, quando em consórcio com o milho.



*Médias com mesma letra maiúscula não diferem entre si para porcentagem da produção do metro linear;

**Médias com a mesma letra minúscula não diferem entre si para porcentagem da produção por área.

Figura 6. Porcentagem da produção do milho ('BRS Missões' e 'Tupi Laranja') no consórcio em relação ao cultivo solteiro em um metro linear e na produção total da área (%) experimental de cada tratamento na safra 2014/2015 em Pelotas (RS).

Na Figura 7, estão representadas as médias diárias acumuladas da radiação solar (RS) incidente sobre o cultivo do feijão solteiro (F) e em consórcio (1F1M; 2F2M e 3F2M), nos diferentes estádios de desenvolvimento da cultura, e porcentagem (%) de radiação solar por estádio de desenvolvimento e período, na safra 2015/2016 em Pelotas (RS). A radiação solar global incidente sobre a cultura do feijão é menor no tratamento 1F2M em todos os estádios de desenvolvimento, sendo esse o tratamento que mais recebeu sombreamento da cultura do milho. Os tratamentos 2F2M e 3F2M receberam praticamente a mesma incidência média de radiação solar (RS) durante os três estádios de desenvolvimento, e também no total dos três períodos. Apesar do espaçamento entre linhas ser maior no tratamento 3F2M, a variação da posição solar pode ter influenciado no sombreamento do feijão, o que justifica a proximidade dos valores médios de radiação solar incidente na cultura.

Na maioria dos estudos de consórcio milho e feijão, tem se verificado que o milho destinado à produção de grãos raramente sofre redução significativa na produtividade, quando consorciado; porém, o feijão apresenta menor produtividade em relação ao monocultivo. Outros benefícios também são observados quando se adota esse sistema de produção, comparado ao cultivo solteiro, como a proteção vegetativa do solo contra a erosão e controle das plantas daninhas (Devides et al., 2009), e a diversificação das fontes de renda do produtor (Alves et al., 2009). Segundo Costa e Silva (2008), vários trabalhos foram feitos, objetivando identificar cultivares de milho que oferecessem melhores condições de desenvolvimento e produtividade de grãos. Atualmente, as cultivares de milho possuem folhas mais eretas e estreitas, que podem proporcionar ao feijão melhor aproveitamento da luz solar. Para Santos et al. (2010), as cultivares de milho são as mesmas recomendadas pelas empresas produtoras de semente, podendo ser híbridos ou variedades de diferentes tipos e cor do grão. A maioria das cultivares utilizadas no consórcio foi selecionada para condições específicas de ambiente da cultura exclusiva, bem diferente das condições encontradas no consórcio. As cultivares diferem quanto à habilidade em responder às mudanças ambientais. Assim, a identificação daquelas que apresentem menor interação com o sistema de cultivo é fundamental para obtenção das mais adequadas ao consórcio.

A menor produtividade do feijão em consórcio pode ser atribuída à menor população de plantas utilizadas para evitar prejuízos na cultura do milho, e à competição exercida pelo milho pela redução na quantidade de luz para o feijão, em função da altura das plantas da gramínea.

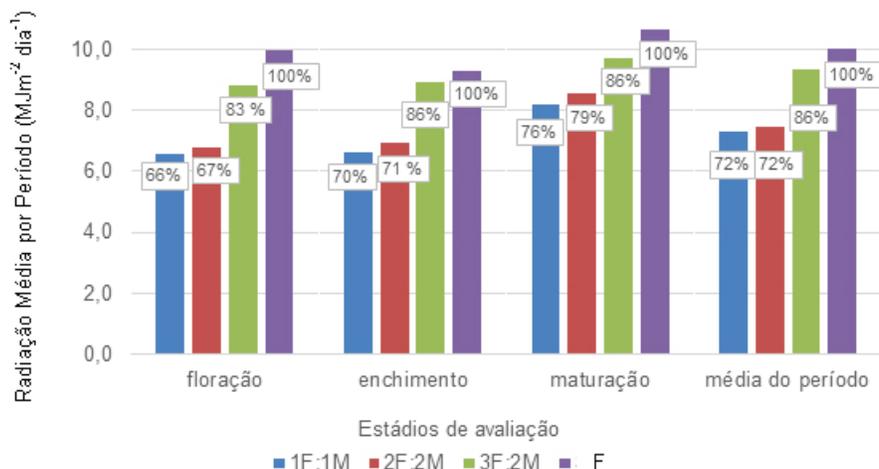


Figura 7. Radiação solar (RS) média incidente sobre o cultivo do feijão solteiro (F) e em consórcio (1F1M; 2M2F; 2M3F), nos diferentes estádios de desenvolvimento da cultura, e porcentagem de radiação solar por estágio de desenvolvimento e período, na safra 2015/2016 em Pelotas (RS).

Os coeficientes de correlação das características agrônômicas do milho e do feijão em monocultivo e consorciado e as variáveis agrometeorológicas são apresentados na Tabela 3. A análise da Tabela 2 mostra que os padrões de correlações obtidos refletem adequadamente a relação conhecida entre as variáveis de características agrônômicas do milho e do feijão em monocultivo e consorciado e variáveis agrometeorológicas. Verificou-se que, estatisticamente, não houve correlação entre as variáveis analisadas. A luz é um elemento fundamental para as plantas no processo de regulação do crescimento e desenvolvimento vegetal, porém os comportamentos morfofisiológicos das plantas não dependem apenas da presença, diminuição, ausência ou sombreamento da luz, mas também da qualidade luminosa que chega até elas (Renes, 2013). De modo geral, as cultivares utilizadas em consórcio têm sido as mesmas indicadas para o monocultivo. Segundo Santos et al. (2010), as cultivares utilizadas no consórcio influem diretamente nas produtividades e têm sido pouco estudadas. Casaroli et al. (2007) relatam que, em condições de sombreamento ou de estresse hídrico moderado, as plantas tendem a aumentar a eficiência do uso de radiação solar.

Tabela 3. Coeficientes de correlação de Pearson entre as variáveis de características agrônômicas do milho e do feijão em monocultivo e consorciado e variáveis agrometeorológicas. Safra agrícola 2015/2016.

2016	PRODM	PRODF	ALPLM	ALPLF	AFM	AFF
PRODF	0.60988					
	0.39010					
ALPLM	0.31140	-0.54040				
	0.68860	0.45960				
ALPLF	0.44416	0.49607	-0.32059			
	0.55580	0.50390	0.67940			
AFM	-0.59473	0.22997	-0.80603	-0.30221		
	0.40530	0.77000	0.19400	0.69780		
AFF	-0.08259	-0.24297	0.42236	-0.92697	0.15238	
	0.91740	0.75700	0.57760	0.07300	0.84760	
RADIA1	0.46519	0.45965	0.13897	-0.45842	0.14208	0.73584
	0.53480	0.54030	0.86100	0.54160	0.85790	0.26420
RADIA2	0.33416	0.45837	0.01349	-0.51320	0.30281	0.75073
	0.66580	0.54160	0.98650	0.48680	0.69720	0.24930
RADIA3	0.18687	0.23377	0.14397	-0.69883	0.28817	0.88599
	0.81310	0.76620	0.85600	0.30120	0.71180	0.11400
RADT	0.35630	0.40168	0.10639	-0.54456	0.22896	0.78866
	0.64370	0.59830	0.89360	0.45540	0.77100	0.21130

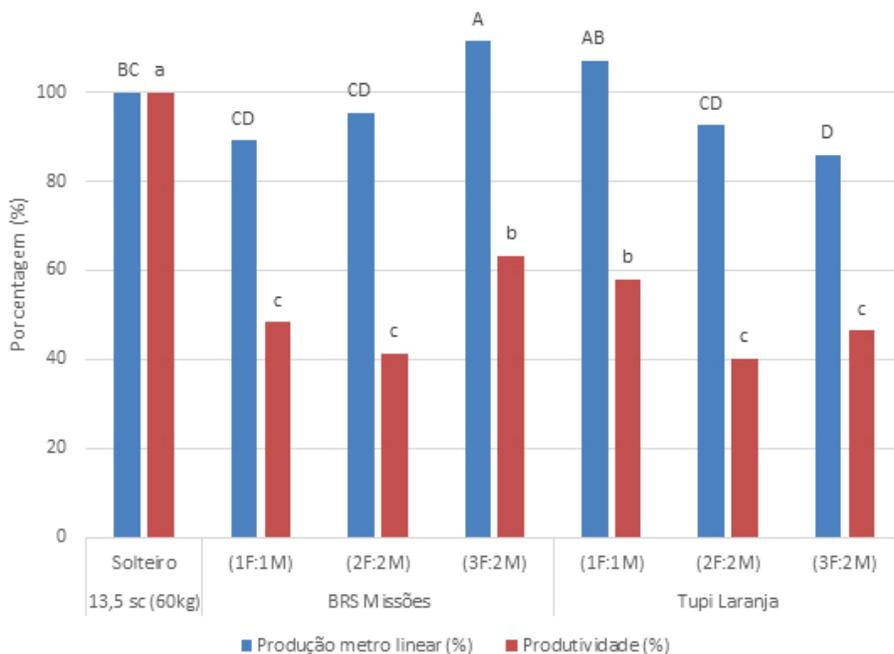
Produção do feijão (PRODF); Altura de planta do milho (ALPLM); Altura de planta do feijão (ALPLF); Área foliar do milho (AFM); Área foliar do feijão (AFF); Radiação solar média diária no estádio de florescimento (RAD 1); Radiação solar média diária no estádio de enchimento (RAD 2); Radiação solar média diária no estádio de maturação (RAD 3); Radiação total nos diferentes estádios de desenvolvimento (RADT); Produção do milho (PRODM); Produção do feijão (PRODF); Altura de planta do milho (ALPLM); Altura de planta do feijão (ALPLF); Área foliar do milho (AFM); Área foliar do feijão (AFF).

O feijão caracteriza-se por ser uma leguminosa de metabolismo fotossintético C3, ou seja, mostra-se menos eficiente na fixação do CO₂ em relação ao milho, que é uma gramínea e apresenta metabolismo fotossintético C4. Assim, o feijão é menos eficiente na utilização de radiação solar e água, encontrando-se em desvantagem, quando comparado com plantas C4, que competem por esses recursos durante o ciclo de desenvolvimento. A cultura do feijão, quando submetida a baixas intensidades luminosas, apresenta menores taxas de fitomassa, de crescimento, de assimilação líquida e, no

entanto, um elevado estiolamento, condicionando o acamamento em condições de campo. Isso demonstra a importância de se conhecer o clima da região de cultivo e a época de semeadura, que poderão ser fatores limitantes quando se almejam altas produtividades nessa cultura (Procópio et al., 2003). O sucesso desse consórcio está basicamente nas diferenças apresentadas por ambas quanto às exigências e tolerâncias. Nesse sistema, nota-se uma competição entre a gramínea e a leguminosa, principalmente em relação à luz, já que a leguminosa apresenta porte bem mais baixo que a gramínea (Vieira, 2006). As cultivares de feijão utilizadas pelos produtores no cultivo consorciado apresentam grande variação quanto ao tipo comercial e hábito de crescimento. Os genótipos de hábito indeterminado têm maior potencial de produtividade de grãos e maior estabilidade de produção que os de hábito determinado (Coscione; Berton, 2009). De acordo com Jesen et al. (2010), o sistema de cultivo consorciado é uma alternativa viável, notadamente em propriedades agrícolas familiares, por otimizar a utilização da terra, particularmente a utilização do feijão, em virtude dessa leguminosa possuir elevado valor socioeconômico para o Brasil, como suprimento alimentar, na fixação de mão de obra no campo e como componente da produção agrícola (Yılmaz et al., 2008). O milho produzido na segunda safra possui maior valor de comercialização que o milho produzido na primeira, enquanto o feijão normalmente é usado na subsistência da família durante o ano. Nesse tipo de consórcio, também há possibilidade de utilização de subprodutos, como as palhadas do milho e do feijão e espigas fora do padrão comercial na alimentação de bovinos (Santos, 2010). Segundo Bezerra et al. (2008), o cultivo dessas culturas em consórcio no período de segunda safra tem sido justificado pela crescente demanda de milho para as indústrias de ração animal e, também, pela época ser apropriada para o feijão, devido à temperatura favorável e menor ataque de pragas e doenças, o que favorece a qualidade do grão.

Na Figura 8, observa-se que a porcentagem da produção por metro linear no cultivo consorciado foi superior a 80% do cultivo solteiro, sendo que em alguns tratamentos foi mais produtivo que o feijão solteiro; esse efeito pode estar relacionado à produção baixa nessa safra (13,5 sacos por hectare), mas demonstra pouco efeito no metro linear cultivado no consórcio.

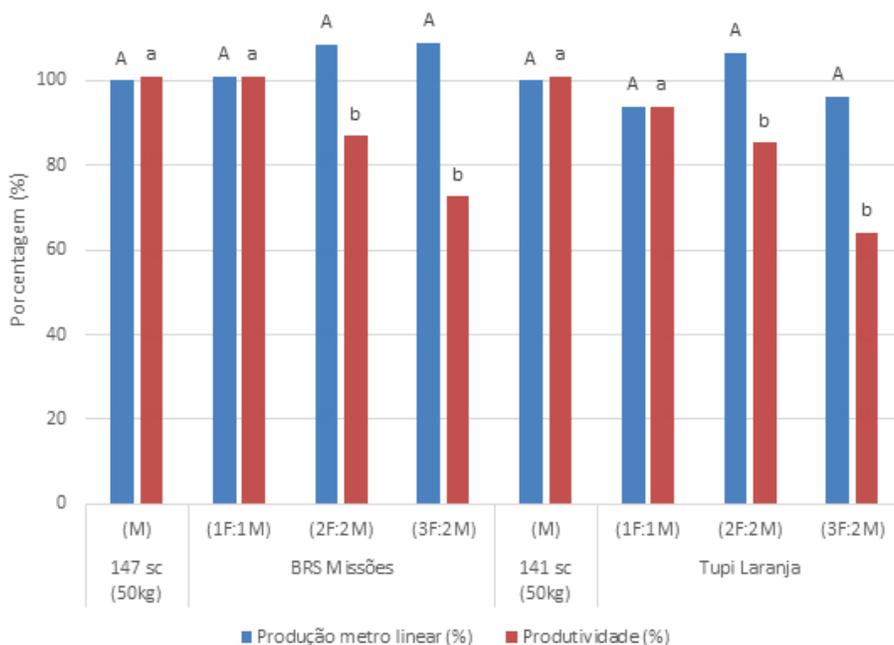
Já na produção por área, verificou-se diferenças entre os arranjos, e também diferenças quanto à cultivar de milho, sendo a redução média de 50%.



*Médias com mesma letra maiúscula não diferem entre si para porcentagem da produção do metro linear;
 **Médias com a mesma letra minúscula não diferem entre si para porcentagem da produção por área.

Figura 8. Porcentagem da produção do feijão no consórcio em relação ao cultivo solteiro em um metro linear e na produção total da área (%) experimental de cada tratamento na safra 2015/2016 em Pelotas (RS).

Na Figura 9, para o milho no consórcio, não houve diferenças para a produção por metro linear, somente efeito da produtividade por área, que reduziu para os tratamentos 2F:2M e 3F:2M. Provavelmente, efeito da menor área ocupada pela cultura, devido ao arranjo utilizado. Isso corrobora com Hand Alla et al. (2014), quando diz que a produtividade de cultivos consorciados depende da densidade populacional, da distribuição espacial das plantas, das cultivares e das complexas relações ecológicas. Quando em consórcio com o feijão, a produtividade do milho na maioria dos casos não é influenciada, entretanto, a da leguminosa é reduzida.



*Médias com mesma letra maiúscula não diferem entre si para porcentagem da produção do metro linear;

**Médias com a mesma letra minúscula não diferem entre si para porcentagem da produção por área.

Figura 9. Porcentagem da produção do milho ('BRS Missões' e 'Tupi Laranja') no consórcio em relação ao cultivo solteiro em um metro linear e na produção total da área (%) experimental de cada tratamento na safra 2014/2015 em Pelotas (RS).

No feijão, o efeito entre as safras, entre os tratamentos de consórcio de culturas e solteiro, foi mais pronunciado; provavelmente as condições ambientais de temperatura e precipitação de cada safra tiveram importância. No milho, não houve tal diferenciação, entretanto houve diferenças na reação das cultivares de milho aos diversos arranjos de plantas.

Conclusões

Arranjos com maior espaçamento entre plantas de milho e feijão proporcionam maior penetração de radiação solar para o cultivo do feijão.

A produtividade do feijão e do milho em consórcio é afetada pela distribuição espacial das plantas na área, não havendo correlação entre as variáveis analisadas.

As populações de feijão não interferem no desempenho e características agronômicas do milho.

A produção por metro linear (por planta) é pouco afetada no consórcio, sendo a redução da produtividade efeito da área ocupada por cada espécie.

Os cultivos consorciados propiciam mais vantagens agronômicas e econômicas do que os cultivos solteiros.

Referências

ALVES, J. M. A.; ARAÚJO, N. P.; UCHÔA, S. C. P.; ALBUQUERQUE, J. A. A.; SILVA, A. J.; RODRIGUES, G. S.; SILVA, D. C. O. Avaliação agroeconômica da produção de cultivares de feijão-caupi em consórcio com cultivares de mandioca em Roraima. **Revista Agro@ambiente**, v. 03, n. 01, p. 15-30, 2009.

BEZERRA, A. A. de C.; TÁVORA, F. J. A. F.; FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q. Morfologia e produção de grãos em linhagens modernas de feijão-caupi submetidas a diferentes densidades populacionais. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 8, p. 85-93, 2008.

CALVINO, P.; MONZON, J. P. Farming systems of Argentina: yield constraints and risk management. In: SADRAS, V. O.; CALDERINI, D. (Ed.). **Crop physiology: applications for genetic improvement and agronomy**. Amsterdam: Academic Press: Elsevier, 2009. p. 55–67.

CASAROLI, D.; FAGAN, E. B.; SIMON, J.; MEDEIROS, S. P.; MANFRON, P. A.; NETO, D. D.; LIER, Q. J. L.; MÜLLER, L.; MARTIN, T. N. Radiação solar e aspectos fisiológicos na cultura de soja - uma revisão. **Revista da FZVA**, Uruguiana, v. 14, n. 2, p. 102-120. 2007.

CONAB. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1253&t=>. Acesso em: 20 jun. 2017.

COSCIONE, A. R.; BERTON, R. S. Barium extraction potential by mustard, sunflower and castor bean. **Scientia Agricola**, v. 66, p. 59-63, 2009.

COSTA, A. S. da; SILVA, M. B. da. Sistemas de consórcio milho feijão para a região do vale do rio doce, Minas Gerais. **Ciência Agrotecnica**, v. 32, n. 02, p. 663-667, 2008.

DEVIDE, A. C. P.; RIBEIRO, R. L. D.; VALLE, T. L.; ALMEIDA, D. L.; CASTRO, C. M.; FELTRAN, J. C. Produtividade de raízes de mandioca consorciada com milho e caupi em sistema orgânico. **Bragantia**, v. 68, n. 1, p. 145-153, 2009.

GAO, Y.; DUANA, A.; QIUA, X.; LIUA, Z.; SUNA, J.; ZHANG, J.; WANGA, H., Distribution of roots and root length density in a maize/soybean strip intercropping system. **Agricultural Water Management**, v. 98, p.199-212, 2010.

HAND ALLA, W. A.; SHALABY, E. M.; DAWOOD, R. A.; ZOHRY, A. A. Effect of Cowpea (*Vigna sinensis* L.) with Maize (*Zea mays* L.) Intercropping on Yield and Its Components. **International Journal of Biological, Biomolecular, Agricultural, Food and Biotechnological Engineering**, v. 8, n. 11, p. 1240-1246, 2014.

HERNANI, L. C.; SOUZA, L. C. F.; CECCON, G. **Consortiação de Culturas**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2017. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/sistema_plantio_direto/arvore/CONT000fx4zsnby02wyiv80u5vcsvyqcqraq.html>. Acesso em: 10 fev. 2017.

IBGE. **Produção Agrícola Municipal (PAM)**. 2005. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: jul. 2017.

JESEN, E. S.; PEOPLES, M. B.; HAUGGAARD-NIELSEN, H. Faba bean in cropping systems. **Field Crops Research**, v. 115, p. 203-216, 2010.

KOMURO, L. K. **Desempenho agrônômico de feijão e milho em cultivo solteiro e consorciado, em função da população de plantas de feijão**. 2014. 61 f. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira.

MAHALLATI, M. N.; KOOCHKEI, A.; MONDANI, F.; FEIZI, H.; AMIRMORADI, S. Determination of optimal strip width in strip intercropping of maize (*Zea mays* L.) and bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in Northeast Iran. **Journal of Cleaner Production**, v. 106, p. 343-350, 2015.

MASCHIO, R.; ANDRADE JÚNIOR, A. S. de; FERREIRA, V. M.; BASTOS, E. A.; SILVA, C. R.; MORAIS, E. L. C. Coeficientes de cultivo do feijão-caupi em sistemas monocultivo e consorciado com milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 15., 2007, Aracaju. **Efeito das mudanças climáticas na agricultura**: anais. Campinas: SBA, 2007. 1 CD-ROM.

PORTES, T. A.; CARVALHO, J. R. P. Área foliar, radiação solar, temperatura do ar e rendimento em consorciação e em monocultivo de diferentes cultivares de milho e feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 18, n. 7, p. 755-762, 2003.

PROCÓPIO, S. O.; SANTOS, J. B.; SILVA, A. A. COSTA, L. C. Desenvolvimento folhar das culturas da soja e do feijão e de planta daninhas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n.2, p. 207-211, 2003.

RENES, R. R. **Malhas de sombreamento fotoseletivas no crescimento e produção de alface hidropônico**. 2013. 87 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia: Agricultura e Ambiente, Universidade Federal de Santa Maria, Campus Frederico Westphalen.

SANTOS, N. C. B.; ARF, O.; KOMURO, L. K. Consórcio de feijoeiro e milho-verde na entressafra: I comportamento das cultivares de feijão. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 26, n. 6, p. 865-872, nov./dez. 2010.

SHIFERAW, B.; PRASANNA, B. M.; HELLIN, J.; BANZIGER, M. Crops that feed the world 6. Past successes and future challenges to the role played by maize I global food security. **Food Security**, Dordrecht, v. 3, p. 307-327, 2011.

TAIZ, L.; ZIEGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.

VIEIRA, C. Cultivos consorciados. In: VIEIRA, C.; PAULA JUNIOR, T. J.; BORÉM, A. **Feijão**. 2. ed. Viçosa, MG: UFV, 2006. p. 493-528.

YILMAZ, Ş.; ATAĞ, M.; ERAYMAN, M. Identification of advantages of maize-legume intercropping over solitary cropping through competition indices in the East Mediterranean Region. **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**, v. 32, n. 2, p. 111-119, 2008.

Embrapa

Clima Temperado

CGPE 15005