

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel
Departamento de Fitotecnia
Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar



Tese

Disponibilidade da radiação solar e eficiência de cultivos consorciados de milho safrinha e feijão

Liliane Novelini

Pelotas, 2018

Liliane Novelini

Engenheira Agrônoma

Disponibilidade da radiação solar e eficiência de cultivos consorciados de milho safrinha e feijão

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: Edgar Ricardo Schöffel

Co-orientador: Eberson Diedrich Eicholz

Pelotas, 2018.

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas
Catalogação na Publicação

N937d Novelini, Liliâne

Disponibilidade da Radiação Solar e Eficiência de Cultivos Consorciados de Milho Safrinha e Feijão' / Liliâne Novelini ; Edgar Ricardo Schöffel, orientador ; Eberson Diedrich Eicholz, coorientador. — Pelotas, 2018.

70 f. : il.

Tese (Doutorado) — Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2018.

1. Consórcio de culturas. 2. Uso eficiente da terra - UET. 3. Produção. 4. Luz. I. Schöffel, Edgar Ricardo, orient. II. Eicholz, Eberson Diedrich, coorient. III. Título.

CDD : 630

Liliane Novelini

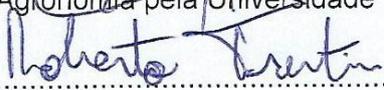
Disponibilidade da radiação solar e eficiência de cultivos consorciados de milho safrinha e feijão

Tese aprovada, como requisito parcial, para a 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.

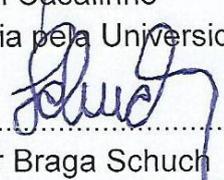
Data da Defesa: 20 de Julho de 2018.

Banca Examinadora:


.....
Prof. Dr. Edgar Ricardo Schöffel (Orientador)
Doutor em Agronomia pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho


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


.....
Prof. Dr. Hélio Debli Casalinho
Doutor em Agronomia pela Universidade Federal de Pelotas


.....
Prof. Dr. Luis Osmar Braga Schuch
Doutor em Agronomia pela Universidade Federal de Pelotas

A todos que colaboraram para que esse trabalho se realizasse e em especial a minha mãe Elizabeth e ao meu pai Diomar.

Dedico.

Agradecimentos

A Deus por sempre guiar meus passos e iluminar o meu caminho.

Ao meu pai Diomar Novelini e minha mãe Elizabeth Souza Novelini por serem exemplos de amor, companheirismo e humildade.

Ao professor Dr. Edgar Ricardo Schöffel, pela orientação, amizade e apoio sempre que preciso.

Ao pesquisador e co-orientador Dr. Eberson Diedrich Eicholz pela orientação, amizade, incentivo e principalmente pela oportunidade de trabalhar na Embrapa.

A toda minha família, pois sem eles eu não seria tudo que sou.

Ao meu companheiro José Dione Hoffman pela compreensão, dedicação e carinho em todos os momentos.

A minha amiga Amanda Da Fonseca Borges por todo apoio e ajuda durante esses três anos de Doutorado.

Aos colegas e amigos pelos momentos de descontração e troca de experiências.

A toda equipe da Embrapa, pela união, amizade e trabalho desenvolvido, em especial aos amigos Vilmar, Marcel, Vanilton e Carlos.

A instituição Embrapa Clima Temperado por todo apoio durante o desenvolvimento do trabalho.

Ao Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, pela oportunidade de adquirir novos conhecimentos, através de professores qualificados.

A CAPES, pela bolsa de Doutorado.

RESUMO

NOVELINI, LILIANE. **Disponibilidade da radiação solar e eficiência de cultivos consorciados de milho safrinha e feijão.** 70 f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em sistemas de Produção Agrícola Familiar. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS.

O consórcio de culturas é uma prática comum em muitas propriedades familiares do Brasil, o consórcio milho e feijão é o mais comum no Brasil, sendo utilizado para melhorar o aproveitamento da área de cultivo da propriedade, sendo necessário a busca de novas estratégias para melhoria da eficiência desse sistema de cultivo. As avaliações dos sistemas de consorciação restringem-se apenas ao emprego do uso eficiente da terra (UET) e análises agrônômicas de rendimento das culturas. Desta forma, justifica-se o emprego de outros parâmetros para análise dos componentes que interferem no sistema de consorciação. Objetivou-se com este trabalho, no período da safrinha, avaliar o uso eficiente da terra e o desempenho biológico de sistemas consorciados de milho e feijão, e verificar o arranjo de plantas consorciadas de milho e feijão eficientes no aproveitamento da radiação solar incidente e na produtividade. Foram avaliadas duas cultivares de milho, da coleção CPACT (Tupi Laranja) e (BRS Missões), e a cultivar de feijão BRS Expedito, os quais foram analisados em monocultivo e em cultivo consorciado em três arranjos de plantas, totalizando nove tratamentos no delineamento blocos ao acaso, com quatro repetições. Cada parcela mediu 5,60 m de comprimento por 4,80 m de largura. Para avaliação dos componentes da produção e da produtividade das culturas foram colhidas as plantas de duas linhas centrais da parcela para cada cultura. Foram determinadas, para o milho, as variáveis produtividade de grãos (kg ha^{-1}), número de espigas, de grãos/espiga e peso de 100 grãos e para o feijão produtividade de grãos (kg ha^{-1}), número de grãos por vagem, número vagens por planta, número de vagens chochas e peso de 100 grãos. Para medir a radiação solar incidente foram instalados tubos solarímetros, em cada sistema de consórcio, a distância de 1,00 m acima do dossel da cultura do feijão. Os dados de radiação solar foram armazenados em um sistema de aquisição de dados instalado na área experimental. Posteriormente os dados foram coletados, agrupados, analisados e interpretados. Os dados de produtividade foram submetidos a análise de variância e, quando significativo pelo teste de F a 5% de probabilidade, as médias foram comparadas utilizando o teste de Duncan ao nível de 5% de significância. Entre os tratamentos, evidenciou-se que o feijão semeado na entre linha do milho (1:1), foi o que obteve melhor resultado quanto ao uso eficiente da terra e índice de eficiência biológica, não afetando a produtividade do milho quando comparado ao monocultivo. Os tratamentos com maior espaçamento (3F:2M) entre plantas de milho proporcionaram maior penetração de radiação solar para o cultivo do feijão. As populações de feijoeiro no tratamento 1 (1F:1M) não interferiram na quantidade de radiação solar disponível para a cultura do milho e nem na sua produtividade.

Palavras-chave: consórcio; uso eficiente da terra; produção, luz.

ABSTRACT

NOVELINI, LILIANE. **Availability of solar radiation and efficiency of intercropped crops of safflower and bean maize.** 70 f. Thesis (Doctorate) - Postgraduate Program in Family Agricultural Production systems. Federal University of Pelotas, Pelotas, RS.

The intercropping consortium is a common practice in many Brazilian family farms, the maize and beans consortium is the most common in Brazil, being used to improve the use of the property cultivation area, and it is necessary to search for new strategies to improve the efficiency of this cropping system. Evaluations of intercropping systems are restricted only to the use of efficient land use (UET) and agronomic crop yield analyzes. There fore, it is justified the use of other parameters to analyze the components that interfere in the consortium system. The objective of this work was to evaluate the efficient use of land and the biological performance of intercropped systems of maize and beans, and to verify the arrangement of intercropping plants of corn and beans, efficient in the use of incoming solar radiation and productivity. Two maize cultivars from the CPACT (Tupi Laranja) and (BRS Missões) collection and the BRS Expedito bean cultivar were evaluated, which were analyzed in monoculture and intercropping in three plant arrangements, totaling nine treatments in the block design at random, with four replicates. Each plot measured 5.60 m long by 4.80 m wide. For the evaluation of the components of crop production and yield, the plants of two plot lines were harvested for each crop. The variables grain yield (kg ha⁻¹), number of ears, grain / spike and weight of 100 grains were determined for maize, and for grain yield (kg ha⁻¹), number of grains per pod, number pods per plant, number of pods pods and weight of 100 grains. To measure the incident solar radiation, solarimeters were installed in each consortium system, the distance of 1.00 m above the canopy of the bean crop. The solar radiation data were stored in a data acquisition system installed in the experimental area. Subsequently the data were collected, grouped, analyzed and interpreted. The treatments with greater spacing (3F: 2M) among maize plants provided greater penetration of solar radiation for bean cultivation. Bean populations in treatment 1 (1F: 1M) did not interfere in the amount of solar radiation available for maize or in their productivity.

Keywords: consortium; efficient use of land; production, light.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Representação do espaçamento de entrelinhas dos arranjos avaliados no consórcio entre milho e feijão, e de monocultivo de milho e do feijão, localizado na Embrapa Clima Temperado (CPACT), Pelotas, RS.....	25
Figura 2	Ilustração da distribuição dos sistemas de consórcio realizado no experimento.....	26
Figura 3	Fenologia do milho. Fonte: (Fenologia do milho: estádios de desenvolvimento). (FANCELLI, 1986).....	29
Figura 4	Ilustração de Estágios de Desenvolvimento da Fenologia do Feijão. (Fonte: CAMPOS, 2000).....	30
Figura 5	Representação do espaçamento de entrelinhas dos arranjos avaliados no consórcio entre milho e feijão, e de monocultivo de milho e do feijão, localizado na Embrapa Clima Temperado (CPACT), Pelotas, RS.....	36
Figura 6	Representação do espaçamento de entrelinhas dos arranjos avaliados no consórcio entre milho e feijão, e de monocultivo de milho e do feijão, localizado na Embrapa Clima Temperado (CPACT), Pelotas, RS.....	50
Figura 7	Temperaturas médias (°C) e precipitação (mm) semanal de janeiro a maio para os anos de 2015 e 2016 em Pelotas, RS.....	52
Figura 8	Radiação solar média diária de acordo com o estágio de desenvolvimento do feijão nos diferentes arranjos de plantas para os anos de 2015 e 2016.....	54

Figura 9 Radiação Solar (RS) incidente sobre cultivo de feijoeiro solteiro (FS) e em consórcio com milho (1F:1M; 2F:2M; 3F:2M), em diferentes horários de um dia ensolarado, no ano de 2016, em Pelotas (RS).....

56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Composição dos tratamentos utilizados no experimento de consórcio milho e feijão, localizado na Embrapa Clima Temperado (CPACT), Pelotas, RS.....	24
Tabela 2	Esquema de distribuição das parcelas de cada tratamento nos blocos, localizado na Embrapa Clima Temperado (CPACT), Pelotas, RS.....	26
Tabela 3	Análise de variância com os graus de liberdade (GL) e quadrados médios das variáveis, número de espigas por planta (NEP), número de linhas por espiga (NLE), número de grãos por espiga (NGes), altura de planta (Altpl), peso de cem sementes (P100) e produtividade (Prod.) do milho “BRS Missões” e “Tupi Laranja” nas safras 2014/15 e 2015/16 em Pelotas, RS.....	39
Tabela 4	Análise de variância com os graus de liberdade (GL) e quadrados médios das variáveis para as variáveis de altura de plantas (Alpl), vagem por planta (Vpl), grãos por plantas (Gpl), vagens chochas por planta (VCpl), peso de cem sementes (P100) e produtividade do feijoeiro nas safras 2014/15 e 2015/16 em Pelotas, RS.....	40
Tabela 5	Produtividade dos milhos(M) “BRS Missões” e “Tupi Laranja” e do feijão (F) “BRS Expedito” nas safras 2014/15 e 2015/16 em Pelotas, RS.....	42
Tabela 6	Análise de variância com os graus de liberdade (GL) para as variáveis de eficiência biológica, coeficiente equivalente da terra (CET), razão de área equivalente no tempo (REAT) e índice de produtividade do sistema (IPS) nas safras 2014/15 e 2015/16 em Pelotas, RS.....	43

Tabela 7	Uso eficiente da terra (UET), coeficiente equivalente da terra (CET), razão de área equivalente no tempo (REAT) e índice de produtividade do sistema (IPS) nas safras 2014/15 e 2015/16 em Pelotas, RS.....	45
Tabela 8	Produtividade dos milhos(M) “BRS Missões” e “Tupi Laranja” e do feijão (F) “BRS Expedito” nas safras 2014/15 e 2015/16 em Pelotas, RS.....	58

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL	13
2. REVISÃO DE LITERATURA	17
2.1 RELEVÂNCIA DA CULTURA DO MILHO.....	17
2.2 RELEVÂNCIA DA CULTURA DO FEIJÃO.....	18
2.3 SISTEMA DE CONSÓRCIO.....	19
2.4 CULTIVOS CONSORCIADOS NA AGRICULTURA FAMILIAR.....	20
2.5 RADIAÇÃO SOLAR.....	21
2.6 CULTIVARES UTILIZADAS NO EXPERIMENTO.....	22
3. METODOLOGIA GERAL.....	23
4. CAPÍTULO 1. AVALIAÇÃO AGRONÔMICA E DE EFICIÊNCIA BIOLÓGICA DO CULTIVO CONSORCIADO DE MILHO E FEIJÃO.....	33
4.1 INTRODUÇÃO.....	33
4.2 MATERIAIS E MÉTODOS.....	35
4.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	38
4.4 CONCLUSÃO.....	46
5. CAPÍTULO 2. DISPONIBILIDADE DE RADIAÇÃO SOLAR EM CULTIVOS CONSORCIADOS DE MILHO E FEIJÃO.....	47
5.1 INTRODUÇÃO.....	47
5.2 MATERIAIS E MÉTODOS.....	49
5.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	51
5.4 CONCLUSÃO.....	59
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	60
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61

1. Introdução Geral

A agricultura familiar é um segmento da atividade agrícola com ampla relevância, em âmbito nacional, na produção de alimentos básicos consumidos pela população brasileira, sendo responsável por 49% do milho (*Zeamays L*) e 67% do feijão (*Phaseolusvulgaris L.*) produzidos no País (Lisita, 2009).

O consórcio de culturas é uma prática comum em muitas propriedades familiares do Brasil, sendo utilizado para reduzir riscos de perdas, melhorar o aproveitamento da propriedade e obter maior retorno econômico, além de constituir alternativa altamente viável para aumentar a oferta de alimentos (ANDRADE et al., 2001). Nos sistemas de consorciação é comum a associação de gramíneas com leguminosas pelo fato de apresentarem complementaridade no uso dos fatores de produção (RESENDE, 1997). A melhor utilização dos recursos disponíveis de água, nutrientes e luz é considerada a vantagem dos cultivos associados em relação aos isolados.

O milho (*Zeamays L.*) é um dos cereais mais cultivados e consumidos no mundo. A importância econômica do milho é caracterizada pelas diversas formas de sua utilização, que vai desde a alimentação humana e animal até a indústria de alta tecnologia. O uso do milho em grão como alimentação animal representa a maior parte do consumo desse cereal, isto é, cerca de 70% no mundo. Nos Estados Unidos, cerca de 50% da produção é destinada a esse fim, enquanto que no Brasil varia de 60 a 80% (SOUZA & BRAGA 2004; IBGE, 2005). 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 (2105) e a CONAB (2015), que recentemente o denominam de “Milho da Segunda Safra” e não mais de “Milho Safrinha”. O Brasil cultiva aproximadamente 8 milhões de hectares de milho safrinha, que é praticamente a mesma área do milho verão.

Na agricultura familiar sua grande importância está ligada a diversidade do uso dentro da propriedade, seja para processos de sucessão de culturas, quando a mesma área é utilizada para cultivares que produzem em épocas diferentes do ano; para rotação de culturas, em geral revezando seu cultivo com o de uma leguminosa, promovendo assim a nitrogação do solo ou em consorciação com outra cultura

otimizando o uso de área, ou ainda simplesmente, mas não menos importante, como fonte de alimento humano e animal (CRUZ, 2011).

O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) é cultivado em todo território nacional, em cultivo solteiro ou consorciado, o plantio do feijão em consórcio com outras culturas é procedimento comum no Brasil, e esta preferência deve-se ao ciclo vegetativo curto e pouca competição, podendo ser semeado em diferentes épocas, sendo esta prática realizada principalmente por agricultores familiares. A produtividade do feijão no País ainda é baixa e varia muito entre regiões e anos agrícolas, tornando o feijão uma cultura de risco. A adoção de sistemas consorciados pelos produtores visa com frequência à redução dos riscos econômicos e maior aproveitamento da área. (BRAGANTINI, 1996). Além disso, o feijoeiro é relativamente tolerante à competição movida pela cultura do milho, que normalmente é a outra planta usada no consórcio (VIEIRA, 2006).

Segundo Santos (2008), o sistema de policultivo pode ajudar a reverter o quadro de degradação ambiental e humana que atinge boa parte dos municípios do nosso país, que é caracterizado por escassez de água e vulnerabilidade dos recursos naturais, afetadas pela variabilidade climática.

A eficiência e a vantagem de um sistema consorciado dependem fundamentalmente da complementaridade entre as culturas componentes. Vários fatores podem ter impacto significativo no rendimento e na taxa de crescimento das culturas componentes em consorciação. Entre eles estão a competição entre as culturas, o tipo de cultivar semeado, o arranjo espacial de plantio, entre outros (DIMA et al., 2007). Diversos resultados de pesquisa têm sido obtidos com o consórcio milho-feijão, abrangendo diversos aspectos como o sistema e épocas de semeadura, porte das plantas, espaçamento, população de plantas, adubação, retorno econômico e outros, que têm permitido aumentar a eficiência do sistema (COSTA, 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. De acordo com Maschio et al. (2007), o consórcio milho e feijão é o mais comum e antigo no Brasil, justificando que se busquem estratégias para melhoria da eficiência desse sistema de cultivo.

A maioria das cultivares de milho e feijão disponíveis no mercado foi selecionada em condições de monocultivo, com o uso de tecnologia diferente das usadas no consórcio. O uso dessas cultivares em consórcio tem gerado resultados desiguais não havendo informações conclusivas sobre a interação das cultivares e sistemas de cultivo (KRONKA et al., 2000; VIEIRA, 2006).

No cultivo consorciado, as espécies normalmente diferem em altura e em distribuição das folhas no espaço, entre outras características morfológicas, que podem levar as plantas a competir por energia luminosa, água e nutrientes. A divisão 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. 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 (Flesch, 2002).

O fator luz é importante no crescimento das plantas, não só por fornecer energia para a fotossíntese, mas também por prover sinais que regulam seu desenvolvimento através de receptores de luz sensíveis a diferentes intensidades (ATROCH et al., 2001). Assim, a capacidade de plantas crescerem em condições de maior ou menor luminosidade vai depender das estruturas morfológicas e fisiológicas, ou seja, das estratégias adaptativas.

A competição depende das espécies envolvidas, dos seus sistemas radiculares e da disponibilidade de água, nutrientes e oxigênio (COSTA, 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. Contudo, é importante salientar que o crescimento e desenvolvimento das plantas são influenciados pelos espaçamentos e arranjos utilizados no plantio (SOUZA, 2000), por isso, o que muitas vezes parece ser benéfico para a exploração agrícola pode resultar em prejuízo, caso não haja critério na implantação do sistema.

Através da revisão de literatura desenvolvida, buscou-se uma abordagem histórico-geográfica da aplicação e importância do consórcio de culturas para a agricultura familiar. Prossegue conceituando temas como a influência dos arranjos de plantas adotados nos consórcios e de que forma fatores agrometeorológicos como

a radiação solar podem interferir na produção, os quais serão utilizados na construção dos capítulos.

O objetivo geral do experimento foi avaliar a disponibilidade da radiação solar e a eficiência de cultivos consorciados de milho safrinha e feijão na região de Pelotas, RS.

Foram desenvolvidos dois capítulos, no primeiro, analisa-se a avaliação agrônômica e de eficiência biológica do cultivo consorciado de milho e feijão, através de avaliações a campo e em laboratório, nos ambientes de instalação do experimento da Embrapa Clima Temperado. No segundo, amplia-se o estudo através da avaliação da disponibilidade de radiação solar em cultivos consorciados de milho e feijão.

Para que isto fosse alcançado, foram propostos os seguintes objetivos específicos:

- Determinar a evolução do crescimento e do desenvolvimento de plantas de feijão em sistemas de cultivo consorciado e solteiro.
- Determinar entre cultivar de milho melhorada e crioula aquela que melhor se adapta ao sistema de consórcio com o feijão.
- Determinar o potencial produtivo, das culturas do milho e do feijão sob os diferentes arranjos adotados no experimento.
- Verificar a interferência dos diferentes arranjos de plantas sobre o aproveitamento de radiação solar pelo cultivo de feijão.

2. Revisão de Literatura

Esta revisão é uma contextualização de pontos básicos que compõem este trabalho. Desta forma, destacam-se o consórcio milho - feijão e sua importância para a agricultura de base familiar, além de pontos importantes sobre o uso de cultivos consorciados.

No Brasil a maior parte da produção de alimentos básicos é oriunda de propriedades familiares e a busca de práticas culturais eficientes que possam

assegurar incrementos na produção de forma prática e econômica constitui uma importante ação (IBGE, 2005).

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 e justificam estudos desse tipo para cada cultivar lançada no mercado (VIEIRA, 2003).

Variáveis meteorológicas, como a disponibilidade de radiação solar, além de aspectos da fisiologia da planta, que podem apresentar alterações dependendo do ambiente de cultivo das plantas, também são abordados a seguir.

2.1 Relevância da cultura do milho

O milho (*Zeamays* L.) produzindo matéria prima para a alimentação humana, animal e industrial é um dos principais cereais cultivados no Mundo. Considerando a sua importância econômica, em decorrência do valor da produção agropecuária, da área cultivada e do volume produzido, a avaliação de cultivares visando produção de grãos secos é interessante, pois agrega valor ao produto e melhora a renda dos produtores, principalmente em pequenas propriedades (CONAB, 2012).

O milho (*Zeamays*L) é atualmente produzido em cerca de 100 milhões de hectares em 125 países em desenvolvimento e está entre as três culturas mais cultivadas em 75 destes países. A cultura do milho supre mais de 20% do total de calorias de dietas humanas em 21 países e mais de 30% das calorias em 12 países que são a morada de 310 milhões de pessoas (SHIFERAW et al., 2011). Globalmente, 765 milhões de toneladas de milho foram colhidas em 2010, de uma área de cerca de 153 milhões de hectares. O milho é a cultura ou alimento preferido para 900 milhões de agricultores e consumidores dos países de média a baixa renda. A previsão de crescimento da demanda de milho para consumo humano nos países em desenvolvimento é de 1,3% ao ano até 2020. O aumento da renda per capita esperado pode resultar num consumo dobrado de carne no mundo em desenvolvimento, levando a uma previsão de crescimento de demanda por milho, como ração, de cerca de 2,9 % por ano (NAYLOR et al., 2005).

Várias culturas tem sido empregadas em sistema de consórcio, porém o milho tem sido a preferida, devido a sua tradição de cultivo, ao grande número de cultivares comerciais adaptados a diversas regiões ecológicas do Brasil e à excelente adaptação (JAKELAITIS et al., 2005).

No Brasil o milho grão é cultivado em todas as unidades da federação, sendo o terceiro produtor mundial após os Estados Unidos e a China. Do total produzido, cerca de 18% são destinados ao consumo humano. A produtividade do milho em grãos no Brasil é relativamente baixa, quando comparada a de outros países como Estados Unidos e Argentina. A média brasileira é cerca de 4050 kg ha⁻¹. Na safra de verão 2013/2014 a área de cultivo foi de 7,30 milhões de hectares, com produção estimada de 38,42 milhões de toneladas e produtividade média de 5.258 kg ha⁻¹. Na segunda safra, a área de cultivo foi de 8,52 milhões de hectares, a produção foi de 46,70 milhões de toneladas e a produtividade média de 5.479 kg ha⁻¹ (ABIMILHO, 2013). O milho safrinha é o milho plantado após a safra de verão, semeado de janeiro a abril, posterior ao plantio de outras culturas como, por exemplo, a soja precoce na grande maioria das vezes. O nome “safrinha” surgiu pelas baixas produtividades dos primeiros cultivos e os menores investimentos em insumos, “safrinha” era sinônimo de risco e baixa tecnologia, porém o milho safrinha está deixando de ser uma oportunidade de negócio para se apresentar, cada vez mais, como uma cultura essencial na vida financeira de muitas propriedades brasileiras. Desde a safra 2011/12, a área de milho safrinha é maior do que a área de milho verão, deixando assim de ser considerada “Safrinha” para ser a “Segunda Safra”, sendo desta forma responsável direta pela renda dos produtores tanto empresariais quanto familiares (EMBRAPA, 2016).

2.2 Relevância da cultura do feijão

O feijão comum é um dos mais importantes constituintes da dieta da população brasileira, por ser reconhecido como uma excelente fonte de proteína além de possuir bom conteúdo de carboidratos.

O gênero *Phaseolus* originou-se das Américas e possui cerca de 55 espécies das quais cinco são cultivadas: *P. vulgaris*., *P. lunatus*, *P. coccinius*, *P. acutifolius*.

Destes o feijão comum, *Phaseolus vulgaris*, é o mais importante por ser a espécie mais antiga e mais utilizada nos cinco continentes (VIEIRA, 2006). Considerando os diversos gêneros e espécies, o feijão é cultivado em 117 países em todo o Mundo. O feijão comum (*PhaseolusvulgarisL.*) é a espécie mais cultivada entre as demais e o Brasil em 2006 foi o maior produtor, respondendo com 18,2% da produção mundial (POSSE, 2010).

Como uma das principais culturas produzidas no Brasil e no Mundo, sua importância extrapola o aspecto econômico, dadas sua relevância enquanto fator de segurança alimentar e nutricional e sua importância cultural na culinária de diversos países e culturas. Características agronômicas e culturais credenciam a cultura do feijão como excelente alternativa de exploração agrícola para pequenas propriedades. No Brasil, dados do Censo Agropecuário de 2006 indicam que a agricultura familiar é responsável por 53% da produção, 70% da área colhida e 89% das propriedades que produzem feijão de cor, o que reforça a vocação dessa cultura para produção em pequena escala (POSSE, 2010).

O feijão é o preferido nos consórcios culturais pela razão do ciclo vegetativo curto e pouca competição, podendo ser semeado em diferentes épocas. Também é relativamente tolerante à competição movida pela cultura do milho, que normalmente é a outra planta usada no consorcio (VIEIRA, 2006).

2.3 Sistema de Consórcio

O consórcio de culturas é baseado na ocupação de uma mesma área por mais de uma cultura simultaneamente ou em algum tipo de rotação (SUDO et al., 1998; BELTRÃO et al., 2010). Para Vieira (1998), nesses sistemas duas ou mais culturas, com diferentes ciclos e arquiteturas vegetativas, podem ser exploradas concomitantemente na mesma área, de tal forma que não é necessário semear as culturas ao mesmo tempo, mas durante apreciável parte de seus períodos vegetativos, forçando uma interação entre elas (TEIXEIRA et al., 2005).

Diversos são os sistemas de consórcio, por exemplo, os cultivos mistos, onde nenhuma das culturas é organizada em fileiras distintas, enquanto nos cultivos intercalares pelo menos uma delas é plantada em fileiras. Nos cultivos em faixa, as

culturas são plantadas em faixas suficientemente amplas para permitir o manejo independente de cada cultura, mas bastante estreitas para possibilitar a interação entre elas. A atividade agrícola muitas vezes implica na substituição da diversidade natural por pequeno número de espécies cultivadas em sucessão e poucas vezes consorciadas, que requerem constante intervenção humana. Os cultivos consorciados são mais estáveis que os monocultivos por restabelecerem parte da diversidade perdida sob monocultivo e permitem intensificar a produção agrícola mediante o uso mais eficiente dos fatores de crescimento, do espaço e do tempo, através da semeadura das espécies consecutivamente (LI et al., 2003).

Para Vieira (1998), nesses sistemas duas ou mais culturas, com diferentes ciclos e arquiteturas vegetativas, podem ser exploradas concomitantemente na mesma área, de tal forma que não é necessário semear as culturas ao mesmo tempo, mas durante apreciável parte de seus períodos vegetativos, forçando uma interação entre elas (TEIXEIRA et al., 2005).

A consorciação de culturas também está sendo empregada como método para reduzir danos ao ambiente, pelo fato de que com um maior número de plantas por área, tem-se maior e mais rápida cobertura do solo e, portanto, menor erosão e maior aproveitamento de água, nutrientes, radiação solar, fertilizantes e defensivos (COSTA et al., 2007).

2.4 Cultivos consorciados na Agricultura Familiar

De acordo com Beltrão et al. (2006), o consorciamento de culturas é empregado, sobretudo, pelos agricultores familiares que possuem pouca extensão territorial, mão de obra abundante para a área de que dispõem e pouco capital. O sistema é interessante pelos seguintes motivos: Permite uso mais intensivo da limitada área que possuem; pelo simples expediente de cultivar conjuntamente duas ou mais plantas, o agricultor familiar eleva a produção de alimentos sem a necessidade de insumos dispendiosos; além de ser um meio de diminuir o risco de insucesso cultural. Se uma cultura falha ou produz pobremente, por causa de problemas climáticos ou ataque de parasitas, a outra ou outras culturas componentes podem compensá-la. Tal compensação pode não ocorrer se as

culturas são exploradas separadamente e também aumenta a proteção vegetativa do solo contra a erosão.

A prática de cultivarem-se numa mesma área, e no mesmo período, duas ou mais culturas, a fim de atender suas necessidades básicas, é bastante difundida entre os agricultores familiares nas diversas regiões do país. Esta tem resistido ao longo dos anos, não somente pela tradição, mas também por vantagens associadas à preservação do meio ambiente. No Brasil, este sistema de cultivo é usado há bastante tempo, entretanto, apenas recentemente, os pesquisadores lhe têm dedicado maior atenção aos estudos que fundamentam a consorciação de culturas (Flesch, 2002). Trabalhos publicados revelam que os sistemas consorciados apresentam níveis mais elevados de produtividade da terra e maior estabilidade da produção em relação ao sistema em monocultivo (Resende et al., 1992; Carvalho, 1993; Resende, 1997).

2.5 Radiação Solar

Em sistemas de policultivos, em função da natureza heterogênea de seus componentes, diferentes organismos compartilham o mesmo espaço, o ambiente físico afeta e interage de modo complexo ao longo das fases de seu ciclo, com reflexos no crescimento, no manejo e nas interações entre seus componentes. A radiação solar é um dos principais elementos meteorológicos modificados na consorciação de cultivos (ALVIN, 1962).

A radiação solar atinge a superfície terrestre de duas formas, direta e difusa. O acúmulo destes dois componentes denomina-se radiação global. A quantidade e a intensidade da radiação difusa dependem, basicamente, da latitude, altitude, declinação solar e da nebulosidade. O aproveitamento da radiação solar pela planta depende da sua capacidade de interceptar e utilizar a luz, ou seja, a capacidade fotossintética. Por sua vez, a taxa fotossintética de uma cultura depende da distribuição da radiação solar nas diferentes camadas de folhas e do total absorvido em cada camada. O total de radiação solar interceptado e, eventualmente, absorvido por uma camada de folhas está diretamente relacionado ao ângulo foliar, à declinação solar, à distribuição espectral da radiação e à estruturação das folhas no

dossel. Desta forma, estudos agrometeorológicos sobre radiação solar em uma comunidade vegetal devem considerar não apenas o processo fotossintético como também a estrutura do dossel (EMBRAPA, 2016).

A radiação solar é um dos principais elementos meteorológicos modificados na consorciação de cultivos. Os estudos microclimáticos realizados em sistemas consorciados necessitam enfocar medidas de radiação solar global, uma vez que medidas como esta, determinam a disponibilidade de energia para processos como evapotranspiração, aquecimento do ar e solo e fotossíntese (PORTES, 1983).

O feijoeiro caracteriza-se por ser uma leguminosa de metabolismo fotossintético C_3 , ou seja, mostra-se menos eficiente na fixação do CO_2 em relação ao milho, que é uma gramínea e apresenta metabolismo fotossintético C_4 . O sucesso desse consórcio está basicamente nas diferenças apresentadas por ambas quanto às exigências e tolerâncias. Neste 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, 1999).

O sombreamento reduz tanto a quantidade de radiação solar à cultura mais baixa como a sua área foliar, o que implica na redução do desenvolvimento das culturas (TEIXEIRA et al., 2005), o pesquisador destaca, ainda, que a escolha do melhor arranjo e da época ideal de semeadura dos vegetais é crucial no desempenho da consorciação por maximizar a produção.

2.6 Cultivares utilizadas no experimento

O mercado nacional de sementes de milho e de feijão dispõe hoje de inúmeras cultivares, para a realização deste experimento selecionamos cultivares compatíveis com nossa região agrícola e de fácil acesso para os produtores da agricultura familiar.

Para atender à demanda por cultivares de milho de polinização aberta, com elevado potencial produtivo, adaptadas às condições de clima temperado do Sul do Brasil, a Embrapa Trigo, em parceria com a Embrapa Milho e Sorgo, desenvolveu a cultivar BRS Missões, de ciclo precoce, o período da emergência à maturação é de 150 dias e do plantio ao pendoamento é de 72 dias. Apresenta estatura média de

235 cm, podendo variar de 219 a 254 cm, dependendo do ambiente e da época de semeadura. A altura média de inserção da espiga principal é de 136 cm, com variação de 125 a 146 cm, com grãos do tipo amarelo dentado e de excelente potencial produtivo. Apresenta resistência moderada à ferrugem comum (*Puccinia sorghi*), ferrugem polysora (*Puccinia polysora*), mancha por exserohilum (*Exserohilum turcicum*) e pinta-branca (*Phaeosporia maydis*). É indicada para cultivo no Rio Grande do Sul, Santa Catarina e sul do Paraná (EMYGDIO, 2006).

A variedade tupi laranja, resultou da seleção realizada dentro dos 21 melhores milhos cultivados por agricultores familiares, identificados pela coleta e avaliação de 235 cultivares nos Estados de Santa Catarina e do Rio Grande do Sul realizada em 1986, seguidas de 18 ciclos de seleção e melhoramento genético. Foram selecionadas via seleção massal plantas superiores com espigas com grãos laranjas. O ciclo é precoce, com altura média de planta de 2,7m e inserção de espigas a 1,4m, os grãos são do tipo semi-dentado de coloração alaranjada (EMBRAPA, 2016).

A cultivar de feijão BRS Expedito, obtida do cruzamento CNF 5491 x FT Tarumã, é uma cultivar de feijão (*Phaseolus vulgaris L.*), de grãos pretos, ciclo de 88 dias, indicada para o Rio Grande do Sul. A produtividade média de 1997/1998 a 2004/2005, de 2.359,3 kg ha⁻¹, foi 11,18% superior à média das testemunhas, tendo apresentado resistência à antracnose. Cem sementes pesaram em média 28,2 g, e o teor de proteína foi de 29%, o maior valor observado entre as cultivares recomendadas para o Estado. Seu teor de fibras assemelha-se ao das cultivares com maiores percentuais. Possui hábito de crescimento indeterminado, planta tipo II, resistência ao acamamento, e é apta à colheita mecanizada (ANTUNES, 2007).

3. METODOLOGIA GERAL

O experimento foi realizado nas safras 2014/2015 e 2015/2016, em uma área experimental localizada na Embrapa Clima Temperado (CPACT), Pelotas, RS, latitude 31° 42' S, longitude 52° 24' O. Para avaliação do experimento foram conduzidos nove tratamentos. O experimento foi constituído por blocos ao acaso,

com quatro repetições, cada bloco foi formado por nove parcelas experimentais totalizando nove tratamentos. Cada parcela mediu 5,60m de comprimento por 4,80m de largura.

Foram avaliadas duas cultivares de milho, Tupi Laranja e BRS Missões, e uma cultivar de feijão, BRS Expedito, os quais foram avaliados em monocultivo e em cultivo consorciado. O monocultivo de milho foi semeado no espaçamento de 0,80cm entre linhas com quatro plantas no metro linear, enquanto que o monocultivo de feijão foi semeado no espaçamento de 0,40cm entre linha e cinco plantas no metro linear. Conforme exposto na tabela 1, os tratamentos resultam na seguinte composição:

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)

Na figura 1, encontram-se exemplificados os esquemas de distribuição das plantas de milho e feijão, em monocultivo e consorciado.

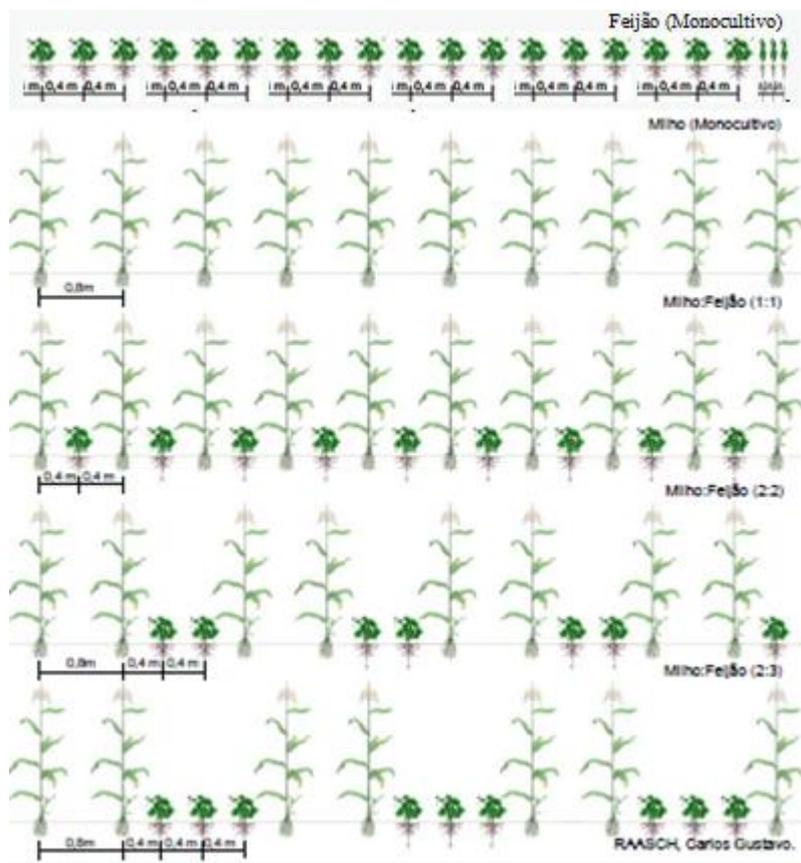


Figura 1- Representação do espaçamento de entrelinhas dos arranjos avaliados no consórcio entre milho e feijão, e de monocultivo de milho e do feijão, localizado na Embrapa Clima Temperado (CPACT), Pelotas, RS.

Nas imagens abaixo estão ilustradas as imagens reais do experimento com o objetivo de reproduzir a área experimental.



Figura 2- Ilustração da distribuição dos sistemas de consórcio realizado no experimento.

Na Tabela 2, encontram-se os esquemas de distribuição das parcelas de cada tratamento nos blocos:

Tabela 2 - Esquema de distribuição das parcelas de cada tratamento nos blocos, localizado na Embrapa Clima Temperado (CPACT), Pelotas, RS.

T1	T4	T2	T5	T3	T6	T7	T8	T9
C	O	R	R	E	D	O	R	
T2	T5	T1	T4	T7	T8	T9	T3	T6
C	O	R	R	E	D	O	R	
T7	T8	T9	T3	T6	T1	T4	T2	T5
C	O	R	R	E	D	O	R	
T1	T4	T3	T6	T2	T5	T8	T9	T7

A adubação foi feita com base em análise química do solo, seguindo a recomendação técnica para a cultura do milho. Na adubação de cobertura, foi aplicado em média 200 kg/ha de uréia (45%N) quando as plantas apresentaram entre seis a sete folhas.

A estimativa da participação de cada cultura agrícola no rendimento combinado em consórcio foi efetuada pelo índice de uso eficiente da terra (UET). Esse índice é definido como a área relativa da terra em condições de plantio isolado, que é requerida para proporcionar os rendimentos alcançados no consórcio. É um indicador muito utilizado para avaliação de sistemas policulturais (WILLEY, 1979). A comparação entre os sistemas de cultivo consorciado e de monocultivo é procedida mediante o Uso Eficiente de Terra (UET) conforme a fórmula proposta (WILLEY & OSIRU, 1972; MEAD & WILLEY, 1980).

$$UET = (Yab/Yaa) + (Yba/Ybb) = UETa + UETb \quad (1)$$

Onde:

Yab e Yba representam a produtividade das culturas 'a' e 'b' em consórcio,

Yaa e Ybb representama produção do monocultivo,

O UETa e UETb representam o uso eficiente de terra parcial da espécie 'a' e da espécie 'b',

Se $UET > 1$ então ocorre vantagem produtiva, se $UET = 1$ não ocorre vantagem produtiva, se $UET < 1$ então ocorre desvantagem produtiva.

Os dados meteorológicos da temperatura média, máxima e mínima do ar, da chuva e da umidade do ar durante a condução do experimento foram fornecidos pela Estação Meteorológica da Embrapa Clima Temperado. Além da radiação solar global e da radiação solar refletida pelos cultivos, foram realizados acompanhamentos semanais do crescimento das plantas, quando também foram selecionadas cinco plantas por tratamento e nessas realizadas medições de comprimento das plantas e a contagem do número de folhas nas plantas selecionadas. As avaliações referentes ao desenvolvimento das plantas foram realizadas a cada três dias, cujo acompanhado foi de acordo com a escala fenológica de cada cultura. As avaliações fenológicas e fenométricas seguiram os seguintes critérios:

a) Avaliação da Área Foliar:

O método utilizado para quantificar a área foliar (AF) foi destrutivo, utilizando-

se o integrador de área foliar modelo LI-3000, Licor ®. Foram selecionadas e coletadas cinco folhas por plantas de milho e de feijão previamente selecionadas, estas folhas foram retiradas das plantas e posteriormente identificadas de acordo com cada tratamento para posteriormente serem levadas ao laboratório para realização da avaliação. O índice de área foliar foi calculado conforme a equação a seguir, citada por Comiran (2009):

$$IAF = NF \cdot AF/S \quad (2)$$

Onde:

NF = número de folhas por planta;

S = área de solo ocupada por planta (cm²);

AF = área média de folhas por planta (cm²).

b) Fenologia:

A escala fenológica contemplou os principais estádios fenológicos de ocorrência no milho e no feijoeiro.

Utilizando como base a escala estabelecida para o milho de acordo com (FANCELLI, 2000):

Estádio 0 – Germinação/emergência.

Estádio 1 – Planta com 4 folhas totalmente desdobradas.

Estádio 2 – Planta apresentando 8 folhas totalmente desdobradas.

Estádio 3 – Plantas com 12 folhas totalmente desdobradas.

Estádio 4 – Emissão do pendão.

Estádio 5 – Florescimento e polinização.

Estádio 6 – Grãos leitosos.

Estádio 7 – Grãos pastosos.

Estádio 8 – Grãos farináceos (início da formação de "dentes").

Estádio 9 – Grãos duros.

Estádio 10 – Grãos maduros fisiologicamente.

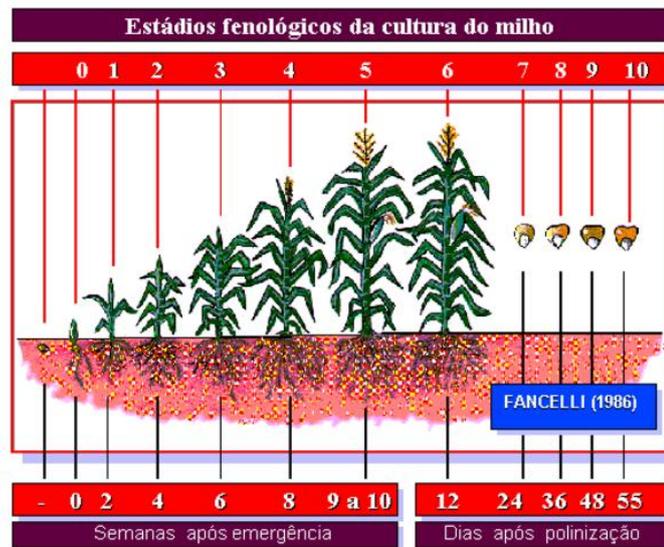


Figura 3 - Fenologia do milho. Fonte: (Fenologia do milho: estádios de desenvolvimento). (FANCELLI, 1986).

A escala fenológica adotada para o feijão foi de acordo com FERNÁNDEZ et. al. 1986, e está exposta a seguir:

Estágio V0- Germinação: absorção de água pela semente; emergência da radícula e sua transformação em raiz primária.

Estágio V1 - Emergência: os cotilédones aparecem ao nível do solo e começam a separar-se. O epicótilo começa o seu desenvolvimento.

Estágio V2- Folhas primárias: folhas primárias completamente abertas.

Estágio V3 - Primeira folha trifoliolada: abertura da primeira folha trifoliolada e o aparecimento da segunda folha trifoliolada.

Estágio V4 - Terceira folha trifoliolada: abertura da terceira folha trifoliolada, as gemas e os nós inferiores produzem ramos.

Estágio R5 - Pré-floração: aparece o primeiro botão floral e o primeiro rácimo.

Estágio R6 - Floração: abre-se a primeira flor.

Estágio R7 - Formação das vagens: aparece a primeira vagem.

Estágio R8- Enchimento das vagens: começa o enchimento da primeira vagem (crescimento das sementes). Ao final desta etapa, as sementes perdem a cor verde e começam a mostrar as características da cultivar. Inicia-se o desfolhamento.

Estágio R9 - Maturação fisiológica: As vagens perdem a pigmentação e começam a secar. As sementes adquirem a coloração típica da cultivar.

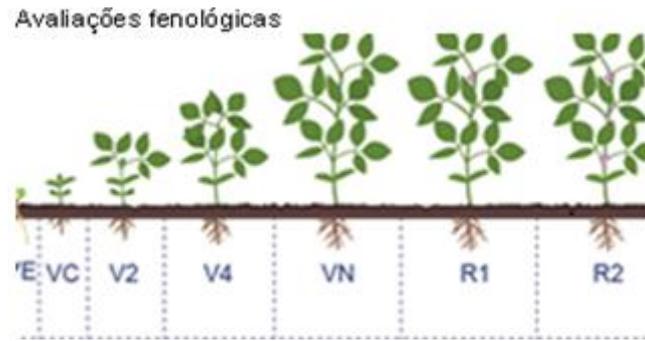


Figura 4 - Ilustração de Estágios de Desenvolvimento da Fenologia do Feijão. (Fonte: CAMPOS, 2000).

Por ocasião da colheita para a avaliação de rendimentos das culturas do milho e do feijoeiro foram avaliados os seguintes parâmetros:

Para a cultura do milho:

c) Número de espigas por planta

Foram contabilizadas quantas espigas cada planta selecionada foi capaz de produzir.

d) Peso de cem sementes

Foram contadas cem sementes das espigas das plantas selecionadas e posteriormente pesadas.

e) Produtividade

Foram coletadas de cada planta selecionada toda sua totalidade de espigas produzidas, para que posteriormente seja extraído a sua totalidade de grãos produzidos e posteriormente pesada essa produção e então calculado o que produziu cada planta, após será estimado a produção que se teria na parcela útil em (kg ha^{-1}).

f) Número de sementes por espiga

Foram contadas todas as sementes que cada espiga selecionada foi capaz de produzir, para que se possa estimar sua produção.

Para a cultura do Feijoeiro:**g) Número de vagens por planta**

Foram contabilizadas quantas vagens cada planta selecionada foi capaz de produzir.

h) Peso de cem sementes

Foram contadas cem sementes das plantas selecionadas e posteriormente pesadas.

i) Número de Sementes por planta

Foram contadas todas as sementes que cada planta selecionada foi capaz de produzir, para que se possa estimar sua produção.

j) Produtividade

Foram coletadas de cada planta selecionada toda sua totalidade de grãos produzidos, para que posteriormente seja pesada essa produção e então calculado o que produziu cada planta, após será estimado a produção que se teria na parcela útil em (kg ha^{-1}).

Foram consideradas as mesmas parcelas úteis para colheita das amostras de milho e de feijão, a parcela será selecionada ao acaso sendo considerado o metro quadrado para a retirada das amostras de produtividade das culturas.

Estatística:

Os dados de radiação solar foram armazenados em um sistema de aquisição de dados (*data logger*) instalado na área experimental. A precipitação e temperaturas médias do ar foram coletados da Estação Meteorológica Automática instalada no Posto Meteorológico da Sede da Embrapa Clima Temperado. Posteriormente todos os dados foram coletados, agrupados, analisados e interpretados.

Os dados de produtividade foram submetidos a análise de variância e, quando significativo pelo teste de F a 5% de probabilidade, as médias foram comparadas utilizando o teste de Duncan ao nível de 5% de significância.

4. CAPÍTULO 1. AVALIAÇÃO AGRONÔMICA E DE EFICIÊNCIA BIOLÓGICA DO CULTIVO CONSORCIADO DE MILHO E FEIJÃO

4.1 Introdução

O cultivo de duas ou mais culturas numa mesma área no mesmo período, justifica-se por atender as necessidades básicas de agricultores familiares e também por vantagens econômicas, pela venda da produção excedente (KOMURO, 2014). A eficiência e a vantagem de um sistema consorciado dependem fundamentalmente da complementaridade entre as culturas componentes. A modernização dos sistemas de produção de culturas já explorou muitos métodos para obter altos rendimentos. O sistema de consórcio de culturas é considerado como um método no qual os recursos naturais podem ser utilizados de forma mais eficiente conseqüentemente melhorando o aproveitamento dos insumos utilizados na produção vegetal. Além disso, este sistema é um método promissor para combinar produtividade e benefícios ecológicos que podem contribuir para reduzir os impactos de agroecossistemas no meio ambiente, como por exemplo, as mudanças climáticas (MAHALLATI, et al., 2015). Vários fatores podem ter impacto significativo no rendimento e na taxa de crescimento das culturas componentes em consorciação. Entre eles estão a competição entre as culturas, o tipo de cultivar semeado, o arranjo espacial de plantio, entre outros (DIMA et al., 2007).

Nos sistemas de consorciação é comum a associação de gramíneas com leguminosas pelo fato de apresentarem complementaridade no uso dos fatores de produção (ARAÚJO, 2008). A melhor utilização dos recursos disponíveis de água, nutrientes e luz é considerada a vantagem dos cultivos associados em relação aos isolados. De acordo com Maschio et al. (2007), o consórcio milho e feijão é o mais comum no Brasil. O milho (*Zea mays L.*) é um dos cereais mais cultivados e consumidos no mundo. A importância econômica do milho é caracterizada pelas diversas formas de sua utilização, que vai desde a alimentação humana e animal até a indústria de alta tecnologia (IBGE, 2015). 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 (2105) e a CONAB (2015), que recentemente o denominam de “Milho da Segunda Safra” e não mais de “Milho Safrinha”. O Brasil cultiva aproximadamente 8 milhões de hectares de milho safrinha, que é praticamente a mesma área do milho verão. Já o feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) é uma das principais culturas produzidas no Brasil e no mundo. Sua importância extrapola o aspecto econômico, dada sua relevância enquanto fator de segurança alimentar e nutricional, sendo que a semeadura do feijão em consórcio com outras culturas é procedimento comum no Brasil (FAO, 2010).

A maioria das cultivares de milho e feijão disponíveis no mercado foi selecionada em condições de monocultivo, com o uso de tecnologia diferente das usadas no consórcio (BRITO, 2012). Muitos agricultores utilizam os mais variados arranjos espaciais e populações de plantas, procurando diversificar a exploração agrícola. Contudo, é importante salientar que o crescimento e desenvolvimento das plantas são influenciados pelos espaçamentos e arranjos utilizados no plantio (SOUZA, 2000), por isso, o que muitas vezes parece ser benéfico para a exploração agrícola pode resultar em prejuízo, caso não haja critério na implantação do sistema.

O uso eficiente da terra (UET) possibilita comparar os rendimentos das culturas no consórcio em relação ao cultivo solteiro, sendo representado pela área de terra necessária com as culturas em monocultivo para proporcionar rendimento equivalente ao obtido com as culturas consorciadas (DUTRA, 2012). Segundo Liebman (2012), um consórcio tem maior produção que as monoculturas de suas espécies componentes sempre que o índice de eficiência de uso da terra (UET) > 1 .

As avaliações dos sistemas de consorciação publicados nas revistas brasileiras restringem-se apenas ao emprego do UET, “A”, CAR. Desta forma, justifica-se o emprego de outros índices para análise da eficiência biológica e habilidade competitiva dos componentes do sistema de consorciação. A avaliação da produtividade dos sistemas de consorciação é realizada por mediante índices, os quais medem a eficiência biológica e habilidade competitiva entre as espécies sativas associadas. Nessa avaliação leva-se em consideração dados como a produtividade relativa, a proporção de área ocupada pelas espécies, o tempo de colheita das espécies e o maior tempo levando por umas espécies constituintes do sistema. Dentre esses, índices destacam-se o uso eficiente de terra, UET, razão equivalente de área no tempo, RAET, média aritmética do UET e RAET, índice de

produtividade do sistema, IPS, razão de compensação, RCo, coeficiente equivalente de terra, CET (VALE et al., 2011).

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, a pesquisa foi desenvolvida com o objetivo de avaliar, durante a safra, o desempenho produtivo de milho crioulo e uma cultivar comercial em monocultivo e em sistema consorciado com feijoeiro, para com isso identificar o consorte mais produtivo.

4.2 Material e Métodos

O experimento foi realizado em uma área experimental localizada na Embrapa Clima Temperado (CPACT), Pelotas, RS, latitude 31°42' S, longitude 52°24' O, na safra 2014/15 e 2015/16. O experimento foi constituído por blocos ao acaso, com 4 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, da coleção da CPACT, “Tupi Laranja” e “BRS Missões”, e uma cultivar de feijão, BRS Expedito, os quais foram avaliados em monocultivo e em cultivo consorciado. O monocultivo de milho foi no espaçamento de 0,80 m entre linhas e 4 plantas no metro linear, enquanto que monocultivo de feijão no espaçamento de 0,40 m entre linha com 10 plantas no metro linear, conforme ilustra a Figura 5.

Os tratamentos foram: tratamento 1- uma linha de feijão e uma linha de milho (1F:1M), tratamento 2 – duas linhas de feijão e duas linhas de milho (2F:2M), tratamento 3 – três linhas de feijão e uma duas linhas de milho (3F:2M), tratamento 4- milho solteiro (M) e tratamento 5 – feijão solteiro (F). Os arranjos avaliados foram: milho “Tupi Laranja” e “BRS Missões em monocultivo, os consórcios 1F:1M, 2F:2M e 3F:2M e o monocultivo do feijão “BRS Expedito”.

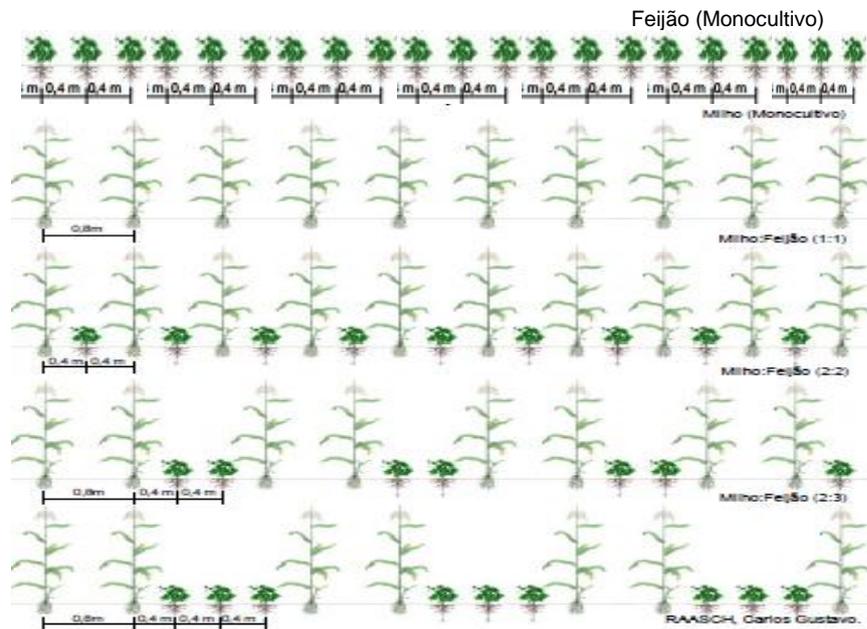


Figura 5 - Representação do espaçamento entrelinhas dos arranjos avaliados no consórcio entre milho e feijão, e dos monocultivos de milho e de feijão. Safra 2014/15 em Pelotas, RS.

Para avaliação dos componentes da produção e da produtividade das culturas foram colhidas as plantas de duas linhas centrais da parcela para cada cultura. O feijão foi colhido antes do milho, aos 77 DAS (dias após semeadura) e o milho aos 124 DAS.

Foram determinadas, para o milho, as variáveis produtividade de grãos (kg ha^{-1}), número de espigas, de grãos/espiga e peso de 100 grãos e para o feijão produtividade de grãos (kg ha^{-1}), número de grãos por vagem, número vagens por planta, número de vagens chochas e peso de 100 grãos. O milho e o feijão maturaram fisiologicamente no campo e foram colhidos quando estavam com teor de umidade entre 12 e 14%, que é ideal para seu armazenamento e análise de rendimento.

A estimativa da participação de cada cultura agrícola na produção combinada em consórcio foi efetuada pelo índice de uso eficiente da terra (UET) utilizado por FURTADO (2012) e SANTIAGO (2014). Este índice é definido como a área relativa da terra em condições de semeadura isolada, que é requerida para proporcionar a produtividade alcançada no consórcio. É um indicador mais utilizado para avaliação de sistemas policulturais (WILLEY, 1979). A comparação entre os sistemas de cultivo consorciado e de monocultivo é procedida mediante o Uso Eficiente de Terra

(UET) conforme a fórmula proposta (WILLEY & OSIRU, 1972; MEAD & WILLEY, 1980).

$$UET = (Y_{ab}/Y_{aa}) + (Y_{ba}/Y_{bb}) = UET_a + UET_b \quad (4)$$

em que Y_{ab} e Y_{ba} representa a produtividade das culturas 'a' e 'b' em consórcio, Y_{aa} e Y_{bb} é produção do monocultivo. O UET_a e UET_b representam o uso eficiente de terra parcial da espécie 'a' (milho) e da espécie 'b' (feijão). Se $UET > 1$ então ocorre vantagem produtiva, se $UET = 1$ não ocorre vantagem produtiva, se $UET < 1$ então ocorre desvantagem produtiva.

A Razão de Área Equivalente no Tempo foi obtida conforme metodologia utilizada por PINTO (2012) e DUTRA (2012).

$$RAET = \{(UET_a * t_a)/T_{ab}\} + \{(UET_b * t_b)/T_{ab}\} \quad (5)$$

em que, Razão de Área Equivalente no Tempo (RAET), t_a representa o número de dias da sementeira até a maturação da espécie 'a' e t_b representa o número de dias da sementeira até a colheita da espécie 'b'. O T_{ab} representa a duração do sistema de consorciação. Para $RAET > 1$ ocorre vantagem produtiva, para $RAET = 1$ não ocorre vantagem produtiva e para $RAET < 1$ ocorre desvantagem produtiva.

O índice de produtividade do sistema (IPS) foi obtido conforme metodologia utilizada por PINTO (2012) e DUTRA (2012).

$$IPS = (Y_{aa}/Y_{bb}) * Y_{ba} + Y_{ab} \quad (6)$$

em que Y_{ab} e Y_{ba} representam a produção das culturas 'a' e 'b' em consórcio, Y_{aa} e Y_{bb} é produção do monocultivo. A principal vantagem do IPS é que esse índice uniformiza a produtividade da cultura consorte em termos da cultura principal.

O Coeficiente Equivalente de Terra (CET) foi calculado conforme metodologia utilizada por PINTO (2012) e DUTRA (2012).

$$CET = UET_a * UET_b \quad (7)$$

em que UET_a e UET_b representam o uso eficiente de terra parcial da espécie 'a' e da espécie 'b'. Para um consórcio entre duas cultivares, o coeficiente de

produtividade mínimo esperado é de 25%, ou seja, a vantagem de rendimento se torna viável se o valor do CET for superior a 0,25 (EGBE et al., 2010).

O delineamento experimental utilizado foi de blocos completos casualizados com quatro repetições em esquema fatorial 2 X 5 (milho X consórcio). Os dados de produtividade foram submetidos a análise de variância e quando significativo pelo teste de F a 5% de probabilidade às médias foram comparadas utilizando o teste de Duncan ao nível de 5% de significância.

4.3 Resultados e Discussões

Para as variáveis de número de espigas por planta (NEpl), número de linhas por espiga (NLes), número de grãos por espiga (NGes), altura de planta (Alt.pl) e peso de cem sementes (P100), observou-se apenas efeito simples de cultivar e de consórcio, sem efeito da safra, como pode ser observado na Tabela 3. Os diferentes arranjos de plantas adotados nos sistemas de consórcio do milho com o feijoeiro não afetaram o desempenho agrônomico das duas cultivares de milho avaliadas neste experimento. As distintas populações de feijoeiro não interferiram nas características agrônomicas do milho. Resultados semelhantes foram encontrados por Santos et al. (2010), que verificaram que o consórcio do milho com o feijoeiro não influenciou o desempenho do milho para produção de espigas e outras variáveis agrônomicas, havendo diferenças apenas entre as cultivares de milho e variedade, já Hamd Alla et al. (2014) observaram maior produtividade de grãos de milho em consórcio com feijão-caupi, quando comparado ao cultivo solteiro, porém Souza et al. (2011) constatou redução na produtividade do milho e do feijão consorciados, quando comparados ao seus desempenhos em monocultivo.

Tabela 3- Análise de variância com os graus de liberdade (GL) e quadrados médios das variáveis, número de espigas por planta (NEP), número de linhas por espiga (NLE), número de grãos por espiga (NGes), altura de planta (Altpl), peso de cem sementes (P100) e produtividade (Prod.) do milho “BRS Missões” e “Tupi Laranja” nas safras 2014/15 e 2015/16 em Pelotas, RS.

Fonte	GL	Quadrado Médio					
		NEP	NLE	NGes	Altpl	P100	Prod
Safra 2014/15							
Bloco	3	0,008	0,424	83,79	0,0024	14,298	204165,6
Consórcio (C)	3	0,009	0,018	24,059	0,0064	5,956	6343557*
Milho(M)	1	0,001	0,583	7,058	0,0001	10,857	2158728*
CXM	3	0,001	0,029	25,784	0,0015	8,917	135163,4
ERRO	17						
Média		1,14	13,44	64,48	2,23	32,88	6439,35
CV%		8,26	2,40	4,79	4,11	9,54	9,02
Safra 2015/16							
Bloco	3	0,0103	0,969	2,951	0,0045	5,209	809933,1
Consórcio (C)	3	0,0028	0,325	4,095	0,0021	16,492	4723276*
Milho(M)	1	0,0003	0,037	2,645	0,0108	4,327	28860,03
CXM	3	0,0003	0,081	0,802	0,008	26,089	66709,6
ERRO	21						
Média		1,03	13,22	29,20	2,22	27,41	3964,21
CV%		4,79	3,70	7,56	2,90	18,56	11,65

* significativo pelo teste de F a 5% de probabilidade.

Os dados de análise de variância para as variáveis de número de vagens por planta (Vpl), número de grãos por planta (Gpl), vagens chochas por planta (VCpl) e peso de cem sementes (P100) não apresentaram interação entre o arranjo de plantas adotado no sistema de consórcio utilizado e a variedade de milho, somente efeito simples de consórcio (Tabela 4). O peso de cem sementes não foi afetado pelos diferentes sistemas de cultivos consorciados, ficando dentro da média esperada (28 g) para a cultivar “BRS Expedito” (ANTUNES,2007). Alguns autores como Bezera et al. (2008), Costa e Silva (2008) e Legwaila et al. (2012), também observaram resultados semelhantes para as variáveis de grãos por planta e peso de cem sementes, não observando a ocorrência de diferenças significativas entre os tratamentos para essas variáveis, os autores relatam ainda que os diferentes sistemas de cultivo não afetaram o processo fisiológico de formação das grãos, tanto do milho quanto do feijão, mantendo desta forma as características morfológicas de cada cultivar.

Tabela 4. Análise de variância com os graus de liberdade (GL) e quadrados médios das variáveis para as variáveis de altura de plantas (Alpl), vagem por planta (Vpl), grãos por plantas (Gpl), vagens chochas por planta (VCpl), peso de cem sementes (P100) e produtividade do feijoeiro nas safras 2014/15 e 2015/16 em Pelotas, RS.

Fonte	GL	Quadrado Médio					
		Vpl	Gpl	VCpl	Alpl	P100	Prod
Safra 2014/15							
Bloco	3	10,9065*	303,78*	0,3512*	2,0875*	16,041*	24199,18*
Consórcio (C)	3	36,2975*	239,37*	1,3557*	5,4391*	8,936*	2479074*
Milho(M)	1	3,8225	13,88	0,275	0,18	2,156	32174,91
CXM	3	1,032	69,29	0,713	1,8503	0,713	5448,22
ERRO	18						
Média		11,42	29,15	1,42	55,57	18,11	900,16
CV%		13,26	18,95	20,95	1,45	7,22	11,29
Safra 2015/16							
Bloco	3	3,752	50,64	0,43	2,3433	0,625	3700,67
Consórcio (C)	3	1,413	22,93	0,288	38,1325*	3,512	353556,35*
Milho(M)	1	0,304	12,32	0,344	0,72000	0,72	2315,4
CXM	3	2,009	25,42	0,593	0,46083	2,595	15897,17*
ERRO	21						
Média		5,56	29,15	1,25	54,32	15,67	503,52
CV%		23,26	18,95	40,71	1,61	9,93	10,26

* significativo pelo teste de f a 5% de probabilidade.

A produtividade média do milho na safra 2014/15 foi superior a média do estado do Rio Grande do Sul ($6,5 \text{ ton ha}^{-1}$) e do município de Pelotas (6 ton ha^{-1}), já para a safra 2015/16, houve decréscimo na produtividade do milho, o que pode ser atribuído ao ano atípico e chuvoso que nosso estado enfrentou, onde a média estadual e municipal de produtividade do milho foi inferiores dos demais anos, segundo dados da CONAB (2016), a colheita de grãos em geral caiu cerca de 50% no estado, estando em conformidade com o que pode ser observado na tabela 3. Houve pequena diferença nos valores médios da produtividade entre as cultivares de milho, sendo que a “BRS Missões” mostrou-se mais produtiva na safra 2014/15 do que a “Tupi Laranja”, no entanto, esses valores de produtividade foram muito similares, o que pode se justificar devido as duas cultivares de milho utilizadas no experimento possuírem potenciais agronômicos semelhantes. Não ocorreu redução da produtividade com a utilização de uma linha de feijão na entre linha do milho (1 F:1M), entendendo-se desta forma, que o feijoeiro não gerou competição suficiente para diminuir significativamente a produção de milho. Observa-se também que conforme se aumentou o número de linhas de feijão na entre linha do milho (tratamentos 2F:2M e 3F:2M), diminuiu-se a produtividade do milho, em relação ao

monocultivo do mesmo, o que pode estar relacionado a área ocupada pela cultura, considerando que, com mais linhas de feijão diminui-se as linhas do milho.

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 (HAND ALLA, 2014). De acordo com Portes (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 adubação e em qualquer localidade. Já o milho raramente sofre redução significativa na produtividade. Este fato decorre da menor disponibilidade de luz para as plantas de feijão quando em consórcio com o milho. Além de o feijoeiro ser uma planta C3, apresenta em relação às plantas C4, como é o caso do milho, baixo ponto de saturação luminosa, elevado ponto de compensação de CO₂ e taxa fotossintética menor (TÁVORA, 2007). Podemos observar que no tratamento 1 (1F:1M) houve uma redução de mais de 50% na produtividade do feijoeiro, quando comparado ao seu cultivo solteiro (tratamento 5).

As produções biológicas e econômicas das culturas dependem diretamente do aproveitamento da energia luminosa, resultante da interceptação pela folhagem e da eficiência com que essa é convertida em energia química dos constituintes vegetais. Vários estudos têm indicado que o sombreamento proporcionado pelo milho é o principal redutor da produtividade do feijão no consórcio (SOUZA et al., 2004). Além disso, o milho é considerado uma espécie fortemente competitiva por CO₂ e luz, e por causa do sistema radicular mais adensado é favorecido em relação à leguminosa na absorção de água e nutrientes (MATOSO, 2011). As diferenças em porte e arquitetura dessas duas espécies consorciadas acabam beneficiando o milho na competição por radiação solar, além disso, o milho por ter sistema radicular mais vigoroso, é favorecido em relação ao feijoeiro na absorção de água e nutrientes (FLESCHE, 2002). Já COSTA (2008) concluiu que a produtividade do milho (grão e silagem) em consórcio foi afetada pela sua distribuição espacial das plantas na área e não pela presença do feijoeiro.

Na tabela 5 verifica-se que houve diminuição na produtividade do feijoeiro submetido ao consórcio, quando comparado ao seu monocultivo. Viegas Neto et al. (2012) e Legwaila et al. (2012), também constataram que o feijão comum cultivado em diferentes arranjos de plantas em sistemas de consórcio com o milho apresentou

em geral menos rendimentos do que em monocultivo. De acordo com estudos de Costa e Silva (2008), o feijoeiro é prejudicado quando cultivado em consórcio com plantas de milho devido, principalmente, a menor disponibilidade da radiação fotossinteticamente ativa, considerando que grande parte dos comprimentos de onda responsáveis pela fotossíntese podem ter sido absorvidas pelo milho. Para Legwaila et al. (2012), as plantas de milho no consórcio sombreiam o feijão, reduzindo desta forma a quantidade de luz necessária que chega ao feijão para estimular a produção de flores, ocasionando efeito na produtividade e conseqüentemente na produção do feijão.

Tabela 5- Produtividade dos milhos(M) “BRS Missões” e “Tupi Laranja” e do feijão (F) “BRS Expedito” nas safras 2014/15 e 2015/16 em Pelotas, RS.

Tratamentos	Safra 2014/15			Safra 2015/16		
	BRS Missões	Tupi Laranja	Médias	BRS Missões	Tupi Laranja	Médias
Produtividade Milho						
4 – (M)	7340	7055	7198 A	4531	4598	4565 A
1 – (1F:1M)	7400	6609	7005 A	4754	4586	4670 A
2 – (2F:2M)	6375	6010	6193 B	3612	3353	3483 B
3 – (3F:2M)	5322	4517	4920 C	3078	3199	3139 B
Médias do milho	6609 A	6048 B		3994	3934	
Produtividade Feijão						
5 – (F)	1925	1925	1925 A	810 aA	810 aA	810
1 – (1F:1M)	745	619	682 B	391 bB	470 bA	431
2 – (2F:2M)	579	481	530 C	335 cA	325 cA	330
3 – (3F:2M)	725	652	689 B	513 bA	376 cB	445
Médias do feijão	994	919		512	495	

*Médias seguidas de mesma letra minúscula, na coluna, não diferem entre si pelo teste Duncan ($p < 0,05$) para tratamentos. **Médias seguidas de mesma letra Maiúscula, na coluna, não diferem entre si pelo teste Duncan ($p < 0,05$) entre as variedades de milho.

Para os índices de competição e de eficiência determinados, não foram observadas interações conforme a análise de variância da Tabela 6, somente efeito simples de cultivar de milho e consórcio em ambas as safras 2014/15 e 2015/16.

Para efeito da variável UET (Milho e Feijão), UET total, CET, READ e IPS detectou-se somente efeito simples de consórcio. As demais variáveis apresentaram efeito simples para variedade de milho e consórcio nas duas safras experimentais. De acordo com Pinto et al. (2011), a avaliação dos dados utilizando o emprego dos índices UET, CET, READ E IPS, no sistema de consorciação tornou possível eleger

entre os tratamentos(mamona + milho e milho + feijão) qual foi o mais vantajoso nas condições analisadas, entretanto para OSENI et al. (2010), é a cultura principal que compete com maior expressão pelos recursos do ambiente, e estes são reportados para a razão de competição, relata o autor em experimento realizado com sorgo + feijão caupi. Já para YILMAZ et al., (2008) é a cultura consorte que domina a principal, sendo mais competitiva no uso dos recursos de produção, como a luz, a água e os nutrientes, a exemplo, tem-se experimento realizado com associações entre milho + feijão caupi, obtendo-se desta forma índices de UET, CET, REAT e IPS positivos.

Tabela 6- Análise de variância com os graus de liberdade (GL) para as variáveis de eficiência biológica, coeficiente equivalente da terra (CET), razão de área equivalente no tempo (REAT) e índice de produtividade do sistema (IPS) nas safras 2014/15 e 2015/16 em Pelotas, RS.

Fonte	GL	UET					
		UET M	UET F	Total	CET	REAT	IPS
Safra 2014/15							
Bloco	3	0,00747	0,00414	0,01589	0,00471	0,01334	362068,82
Consórcio (C)	2	0,16417*	0,01377*	0,16006*	0,02406*	0,16315*	8701750,54*
Milho(M)	1	0,00453	0,01401*	0,03375*	0,01450*	0,02343	7438180,04*
CXM	2	0,00263	0,0007	0,00455	0,00101	0,00376	184012,54
ERRO	15						
Média		0,824	0,331	1,15	0,27	1,08	8410,79
CV		8,50	12,5	6,9	14,0	7,0	7,2
Safra 2015/16							
Bloco	3	0,00402	0,0024	0,00548	0,00228	0,00496	2198287,44*
Consórcio (C)	2	0,23821*	0,04178*	0,31431*	0,09692*	0,29542*	7279203,17*
Milho(M)	1	0,04335	0,04267	0,07706*	0,01306*	0,07041*	19266,67
CXM	2	0,0054	0,03345*	0,01221	0,01135*	0,00515	535156,17
ERRO	15						
Média		0,79	0,47	1,27	0,38	1,16	6132,7
CV		12,3	8,32	8,152	14,0	8,7	8,3

* significativo pelo teste de f a 5% de probabilidade.

Observa-se na Tabela 7 que houve decréscimo do uso eficiente da terra (UET - milho) com o aumento do número de linhas de feijão nas entre linhas do milho, sendo que o milho uma linha de feijão na entrelinha do milho apresentou UET de 0,96 valor próximo a 1, indicando que este sistema não afetou a produtividade do milho.

Para a cultura do feijoeiro, os resultados de UET foram bastante inferiores a 1, porém enfatiza-se que quando se utilizou uma ou três linhas desta cultura em

consórcio os resultados foram melhores quando comparado ao arranjo de consórcio que utilizou duas linhas de feijão e duas de milho (2F:2M), o que pode estar relacionado com a área que é ocupada pela cultura do feijoeiro em relação a área ocupada pela cultura do milho dentro do sistema de consórcio.

Observando o UET total os valores foram superiores a 1 representando efeito positivo do consórcio os valores variaram de 1,03 a 1,50 que corroboram com resultados de Flesch (2002) ao estudar arranjos espaciais de consórcio intercalar de milho e feijão encontrou UET variando de 1,18 a 1,67 e de Dolijanovic et al. (2009), onde em trabalho com consórcios de milho e soja encontraram UET médio do rendimento de grãos na linha e na entrelinha dos consórcios de 1,45 e 1,49, respectivamente.

Convém lembrar que no cultivo uma linha de milho e uma linha de feijão, não houve a utilização de área superior ao solteiro, sendo o feijão uma cultura secundária no sistema testado, pode ser considerado um extra de produção.

O coeficiente equivalente da terra (CET) se mostra vantajoso para todos os tratamentos com valores muito próximos ou superiores a 0,25 e não teve diferenças entre os consórcios. Já para razão de área equivalente no tempo (REAT), apesar da maioria dos tratamentos apresentarem valores superiores a 1, o que é positivo, exceto o tratamento 3 (3F:2M) na safra 2014/15, os tratamentos com uma ou duas linhas de feijão nas entre linhas do milho foram melhores, destaca-se ainda que para ambas safras 2014/15 e 2015/16 o melhor resultado obtido para razão de área equivalente no tempo (REAT) foi o tratamento 1 (1F:1M).

O parâmetro IPS padroniza a produtividade da cultura consorciada no caso o feijão, para produtividade da cultura principal. Esse índice enfatizou que a produtividade do cultivo solteiro foi melhor (Tabela 4) em todos os tratamentos. O melhor resultado foi o de uma linha de milho com uma de feijão. O cultivo de três linhas de feijão nas entre linhas do milho apresentou o menor valor (7497,8 em 2014/15 e 5741,3 em 2015/16), mas mesmo assim, se mostrando positivo quando comparado a média produzida em monocultivo. Mostrando que todos os tratamentos foram melhores que o cultivo solteiro da cultura principal (milho).

No caso do milho se pode inferir que houve maior competição interespecífica e menor competição intra-específica devido à sua menor população nos consórcios (SANTOS, 2016), pois o rendimento foi afetado na produção por área e não por planta. O melhor rendimento dos consórcios pode ser explicado pelo princípio da

produção competitiva (PINTO, 2011), visto que duas espécies não ocupam o mesmo nicho e o nível de competição varia conforme a similaridade de necessidades que as espécies têm em seu espaço. Assim, quando houver similaridade de nichos com necessidades distintas pelas espécies, e com fraca competição, ambas podem persistir no ambiente.

Tabela 7- Uso eficiente da terra (UET), coeficiente equivalente da terra (CET), razão de área equivalente no tempo (REAT) e índice de produtividade do sistema (IPS) nas safras 2014/15 e 2015/16 em Pelotas, RS.

Tratamentos	UET M	UET F	UET Total	CET	REAT	IPS
Safra 2014/15						
1 – (1F:1M)	0,96 a	0,35 a	1,30 a	0,34 a	1,23 a	9547,4 a
2 – (2F:2M)	0,85 b	0,28 b	1,14 b	0,24 b	1,07 b	8187,3 b
3 –(3F:2M)	0,67 c	0,36 a	1,03 c	0,24 b	0,95 c	7497,8 c
BRS Missões	0,84 A	0,36 A	1,20 A	0,30 A	1,12 A	8967,5 A
Tupi	0,81 A	0,31 B	1,12 B	0,25 B	1,05 A	7854,1 B
Safra 2015/16						
1 – (1F:1M)	0,99 a	0,51 a	1,50 a	0,50 a	1,38 a	7220,0 a
2 – (2F:2M)	0,74 b	0,39 b	1,13 b	0,29 c	1,04 b	5436,8 b
3 –(3F:2M)	0,66 b	0,52a	1,19 b	0,35 b	1,06 b	5741,3 b
BRS Missões	0,84 A	0,49 A	1,33 A	0,40 A	1,21 A	6161,0 A
Tupi	0,76 A	0,46 A	1,21 B	0,36 B	1,10 B	6104,3 A

*Médias seguidas de mesma letra minúscula, na coluna, não diferem entre si pelo teste Duncan ($p < 0,05$) para consórcio. **Médias seguidas de mesma letra Maiúscula, na coluna, não diferem entre si pelo teste Duncan ($p < 0,05$) entre as variedades de milho.

Apesar de se considerar que muitos agricultores só se convencem das vantagens dos consórcios quando se obtém vantagem financeira, são os agricultores familiares os principais praticantes dos consórcios e escolhem culturas para minimizar riscos de perda total de safra, obter diferentes produtos para a sua família, renda, etc. (BRINTHA & SERAN, 2009; SERAN & BRINTHA, 2010). Convém salientar ainda que, os consórcios afetam o crescimento das plantas espontâneas pela rápida cobertura do solo devido à elevada população de plantas e/ou pelo rápido crescimento de alguma das espécies (TAKIN et al., 2012).

O consórcio proporciona também benefícios agrônômicos, como a diminuição dos riscos de perda de safra, o que respalda a persistência de cultivos consorciados no Brasil e em muitos países em desenvolvimento (MATOSO 2011). O cultivo consorciado possibilita além da diversificação maior rentabilidade ao produtor. Lima et al. (2005) verificaram em sua pesquisa que o consórcio entre bananeira ‘Terra’ e

“feijão-caupi” e de “feijão-caupi” e milho, proporcionou índice de rentabilidade (receita total ÷ custos) maior do que o monocultivo das culturas, resultando em efeitos altamente positivos em decorrência das tecnologias e insumos utilizados, como também diversificação da produção e, conseqüentemente, uma boa remuneração ao produtor. A seleção de culturas compatíveis nos sistemas consorciados apresenta importância capital no que concerne a: hábito de crescimento, utilização do espaço, luz, água e nutrientes (SERAN & BRINTHA, 2010). Além disso, devem-se analisar a uso complementar dos recursos do ambiente no espaço e no tempo, espaçamento e densidade de plantio, épocas relativas de plantio e a configuração de fileiras nos sistemas consorciados.

4.4 Conclusões

O desempenho produtivo da cultivar de milho “BRS Missões” mostra-se promissor para uso em consórcio com feijão.

O Sistema de consórcio com uma linha de cultivo de feijão na entrelinha do milho mantém a produção média do milho, gerando uma produção extra de feijão na mesma área de cultivo do milho.

O consórcio milho e feijão proporciona maior uso eficiente da terra do que os cultivos isolados.

5. CAPÍTULO 2. DISPONIBILIDADE DE RADIAÇÃO SOLAR EM CULTIVOS CONSORCIADOS DE MILHO E FEIJÃO

5.1 Introdução

No Brasil a maior parte da produção de alimentos básicos é oriunda de propriedades agrícolas familiares e 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 numa mesma área, e no mesmo período, a fim de atender suas necessidades básicas, é bastante difundida entre os agricultores das regiões tropicais do mundo. Esta tem resistido ao longo dos anos, não somente pela tradição, mas também por vantagens econômicas pela venda da produção excedente e associadas ao suprimento de alimentos por um maior período do ano (CALVINO, 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 terem época de implantação levemente defasada, 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, 2017).

No sistema de cultivo de culturas em consórcio são semeadas duas ou mais espécies numa mesma área de terreno, 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 pela razão do ciclo vegetativo curto e pouca competição, podendo ser semeado em diferentes épocas. Também é relativamente tolerante à competição movida pela cultura do milho, que normalmente é a outra planta usada no consórcio (VIEIRA, 2006). De acordo com Maschioet 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 (*Zeamays L.*) produzindo matéria prima para a alimentação humana, animal e industrial, é um dos principais cereais cultivados no Mundo. Considerando a sua importância econômica, em decorrência do valor da produção agropecuária, da área cultivada e do volume produzido, a avaliação de cultivares visando 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).

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 e justificam estudos desse tipo para cada cultivar lançada 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 (2105) e a CONAB (2015), que recentemente o denominam de “Milho da Segunda Safra” e não mais de “Milho Safrinha”. O Brasil cultiva aproximadamente 8 milhões de hectares de milho safrinha, que é praticamente a mesma área do milho verão. Motivados pelo preço de comercialização, os produtores rurais gradativamente substituem o cultivo do milho pela soja nas safras de verão (CONAB, 2015), assim, o milho passou a ser implantado preferencialmente como a segunda cultura anual, depois da 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, 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, especialmente durante cultivos de safrinha quando, nessa época do ano, a disponibilidade de radiação solar vai naturalmente diminuindo. 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 seca é regulada pela radiação solar disponível.

Em face da importância das culturas do milho e do feijão, bem como, da necessidade de melhoria e do desenvolvimento de sistemas consorciados eficientes e produtivos, objetivou-se com o este trabalho verificar, no período da safrinha, o arranjo de plantas consorciadas de milho e feijão eficientes no aproveitamento da radiação solar incidente e na produtividade.

5.2 Material e Métodos

O experimento foi realizado em uma área experimental localizada na Embrapa Clima Temperado, Pelotas (31°42' S, 52°24' O), RS, durante as safras 2014/15 e 2015/16, no período de 2ª safra. Foram avaliados dois materiais de milho: a variedade “Tupi Laranja”, e a cultivar “BRS Missões”; e uma cultivar de feijão, BRS Expedito, todas da coleção da CPACT, os quais foram avaliados em monocultivo e em cultivo consorciado. O milho foi conduzido no espaçamento de 0,25 m entre plantas por 0,80 m entre linhas, enquanto que o feijão foi utilizado o espaçamento 0,20 m entre plantas e 0,40 m entre linhas, independente do tratamento. As linhas foram dispostas na orientação NE-SW.

Na Figura 6 está representado o esquema de distribuição das plantas em monocultivo e consórcio.

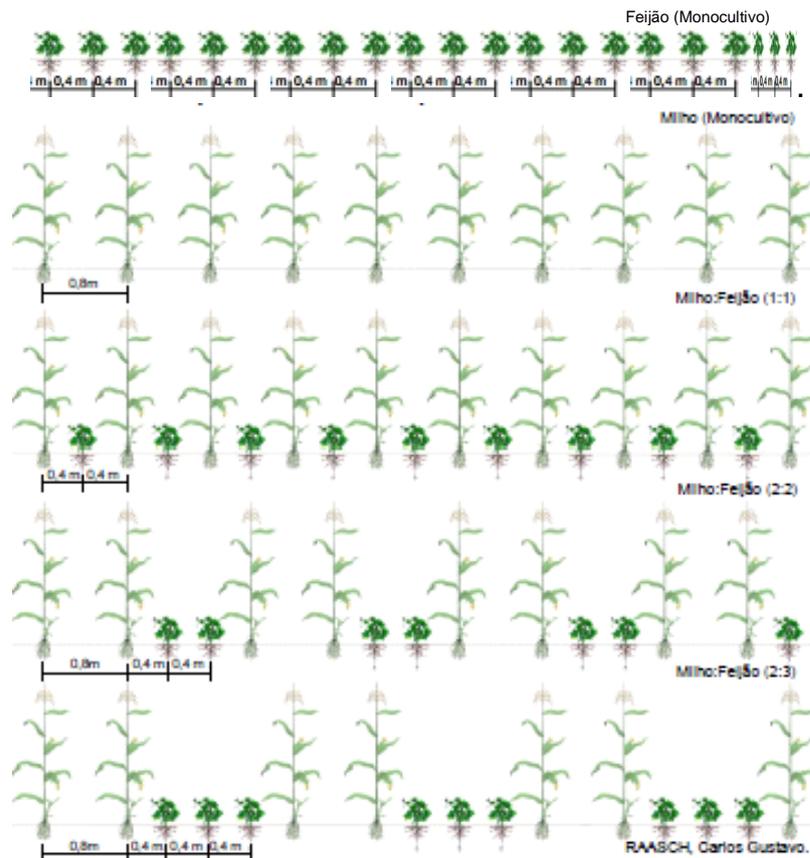


Figura 6 - Representação dos arranjos de plantas em consórcio e em monocultivo de milho e do feijão. Pelotas, RS.

O delineamento experimental utilizado foi de blocos completos casualizados com quatro repetições em esquema fatorial 2 X 5 (milho X consórcio). O experimento foi constituído por blocos ao acaso, com 4 repetições, cada bloco formado por nove parcelas experimentais. Cada parcela mediu 5,60 m de comprimento por 4,80 m de largura.

Para medir a radiação solar incidente foram instalados tubos solarímetros (radiômetros), em cada sistema de consórcio, a distância de 1,00 m acima do dossel da cultura do feijão. Os dados de radiação solar foram armazenados em um sistema de aquisição de dados (*datalogger*) instalado na área experimental. Posteriormente os dados foram coletados, agrupados, analisados e interpretados.

Os dados de precipitação e temperaturas médias do ar foram coletados da Estação Meteorológica Automática instalada no Posto Meteorológico da Sede da Embrapa Clima Temperado. Posteriormente os dados foram agrupados, analisados e interpretados.

Para avaliação dos componentes da produção e da produtividade das culturas foram colhidas as plantas de duas linhas centrais da parcela para cada cultura. O feijão foi colhido antes do milho, aos 77 DAS (dias após semeadura) e o milho aos 124 DAS. O milho e o feijão maturaram fisiologicamente no campo e foram colhidos quando estavam com teor de umidade entre 12 e 14. Os dados de produtividade foram submetidos a análise de variância e, quando significativo pelo teste de F a 5% de probabilidade, as médias foram comparadas utilizando o teste de Duncan ao nível de 5% de significância.

5.3 Resultados e Discussões

Durante o período de cultivo do milho e do feijão nos anos de 2015 e de 2016 as temperaturas médias mantiveram-se acima dos 22 °C nos meses de janeiro e fevereiro, com reduções em torno de 2 °C a cada mês subsequente. Na Figura 7 é possível observar que na safra 2016 as temperaturas médias semanais apresentaram maior oscilação e maior amplitude do que na safra 2015. Além disso, no mês de abril de 2016 as temperaturas médias mostraram-se um pouco superiores (em torno de 2,5 °C) aquelas observadas em abril de 2015, não sendo verificado grandes discrepâncias nos demais meses analisados. Já para a os dados de precipitação, ressaltar-se que houve grande diferença no mesmo período para os anos de 2015 e 2016. Nos meses de março e abril de 2016, choveu cerca de 290 mm e 265 mm, respectivamente, cerca de 3 vezes mais que no mesmo período em 2015, justamente quando as culturas do milho e do feijão encontravam-se em floração (março) e enchimento de grão (abril). Essas chuvas excessivas se devem a um intenso episódio de El Niño que atuou desde meados de 2015 até o final do verão de 2016. Este longo período de chuvas excessivas pode ter influenciado diretamente no desempenho do experimento, com redução da produtividade tanto do milho como do feijão, quando comparados a safra 2015, como é constatado na tabela 8, interferindo desta forma também a análise dos dados agrometeorológicos, como os de radiação solar, devido a ocorrência de muitos dias nublados, principalmente nos estágios de floração e maturação como podemos observar na figura 7.

O estudo e conhecimento das safras agrícolas é uma questão estratégica para os produtores, pois possibilita o entendimento da interferência dos fatores meteorológicos na produção. O El Niño de 2015-2016 foi comparado ao episódio forte de atuação do fenômeno (El Niño) que ocorreu nos anos de 1997-1998 considerados os de maior impacto no século passado até então (RUIZ, 2016).

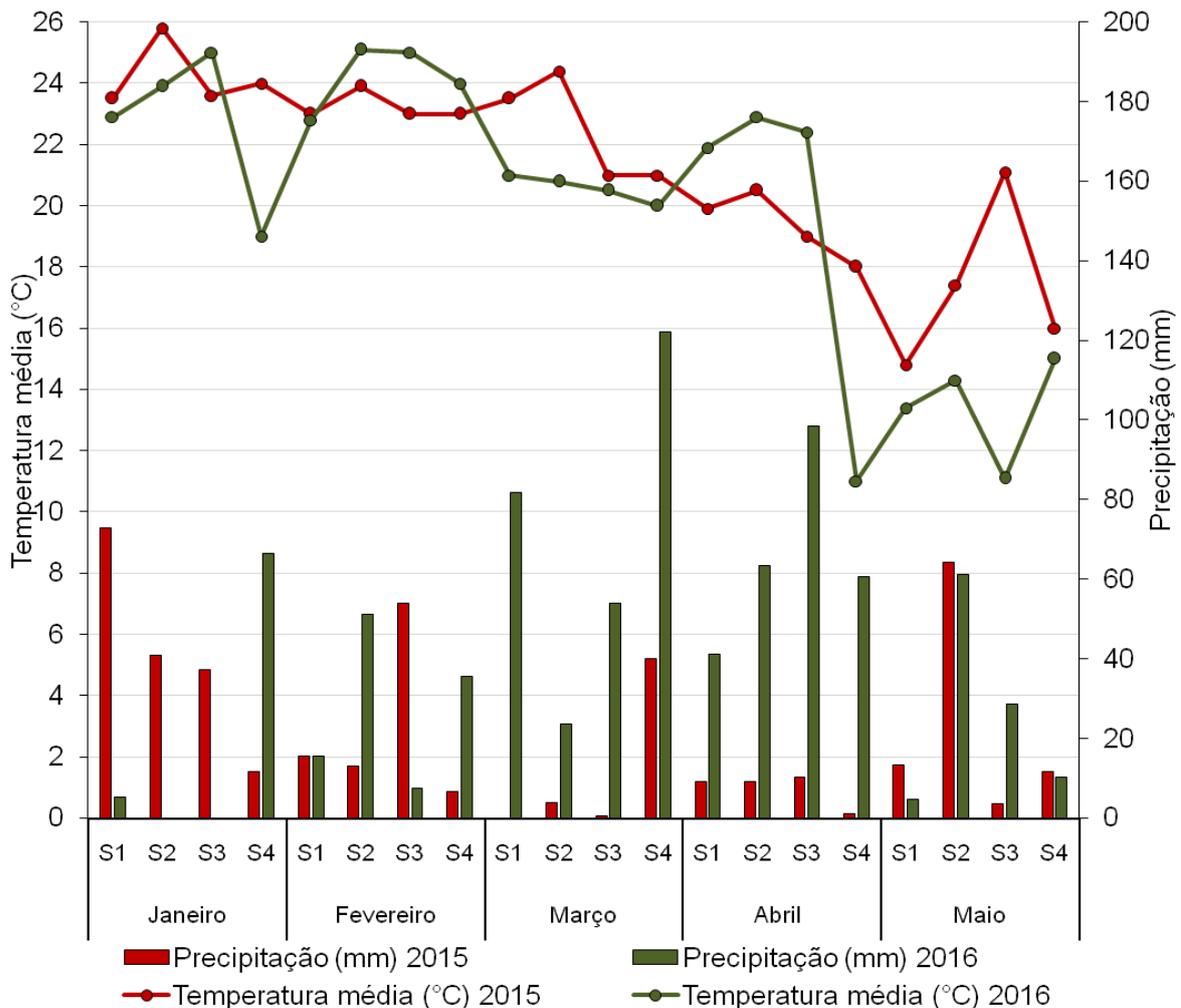


Figura 7 – Temperaturas médias (°C) e precipitação (mm) semanal de janeiro a maio para os anos de 2015 e 2016 em Pelotas, RS.

Na figura 8 está representada a radiação solar média diária de acordo com o estágio de desenvolvimento do feijão para os anos de 2015 e 2016, é possível observar que durante o estágio de crescimento para o ano de 2015 a radiação solar (Rs) que chega ao cultivo do feijão solteiro é sempre maior que nos demais sistemas consorciados, já no ano de 2016 para o mesmo período e estágio de desenvolvimento próximo a fase final de crescimento constata-se que a radiação

solar (Rs) foi mais intensa que no ano de 2015, e houve também uma maior incidência de Rs no consórcio composto por 2 linhas de milho e 3 de feijão (feijão III).

No estágio de maturação, é possível observar-se que para o ano de 2015, durante todo período de maturação, o cultivo do feijoeiro solteiro foi o que recebeu a maior quantidade de radiação solar, seguido pelo consórcio composto de 3 linhas de feijão e 2 de milho, a menor disponibilidade de radiação solar recebida foi verificada no consórcio com duas linhas de feijão e duas linhas de milho. Já para o ano de 2016, observa-se que as quantidades de radiação solar recebidas pelo feijão solteiro e pelo consórcio composto por 3 linhas de feijão e 2 de milho foram semelhantes, os consórcios com menores espaçamentos receberam menores quantidades de radiação solar, isso se deve ao fato de que a redução no espaçamento entre linhas tendem a diminuir a penetração da radiação solar que atinge o feijoeiro.

A luz é um elemento fundamental para as plantas no processo de regulação do crescimento e desenvolvimento vegetal (RENES, 2013). De modo geral, as cultivares utilizadas em consórcio tem sido as mesmas indicadas para o monocultivo onde não há redução ou concorrência na quantidade de radiação solar que chega até elas. Segundo Santos et al. (2010), as cultivares utilizadas no consórcio influem diretamente nas produtividades e têm sido pouco estudadas. As cultivares diferem quanto à habilidade em responder às mudanças ambientais; portanto, a identificação daquelas que apresentem menor interação com o sistema de cultivo é fundamental para obtenção das mais adequadas ao consórcio. Casaroli et al. (2007) relata em suas pesquisas que, em condições de sombreamento ou de estresse hídrico moderado, as plantas tendem a aumentar a eficiência do uso de radiação solar, isso graças a mecanismos de adaptação que as plantas possuem, a adaptação das espécies à sombra depende de sua capacidade em desenvolver ajustes morfológicos e fisiológicos para aproveitar os baixos níveis de irradiação disponível.

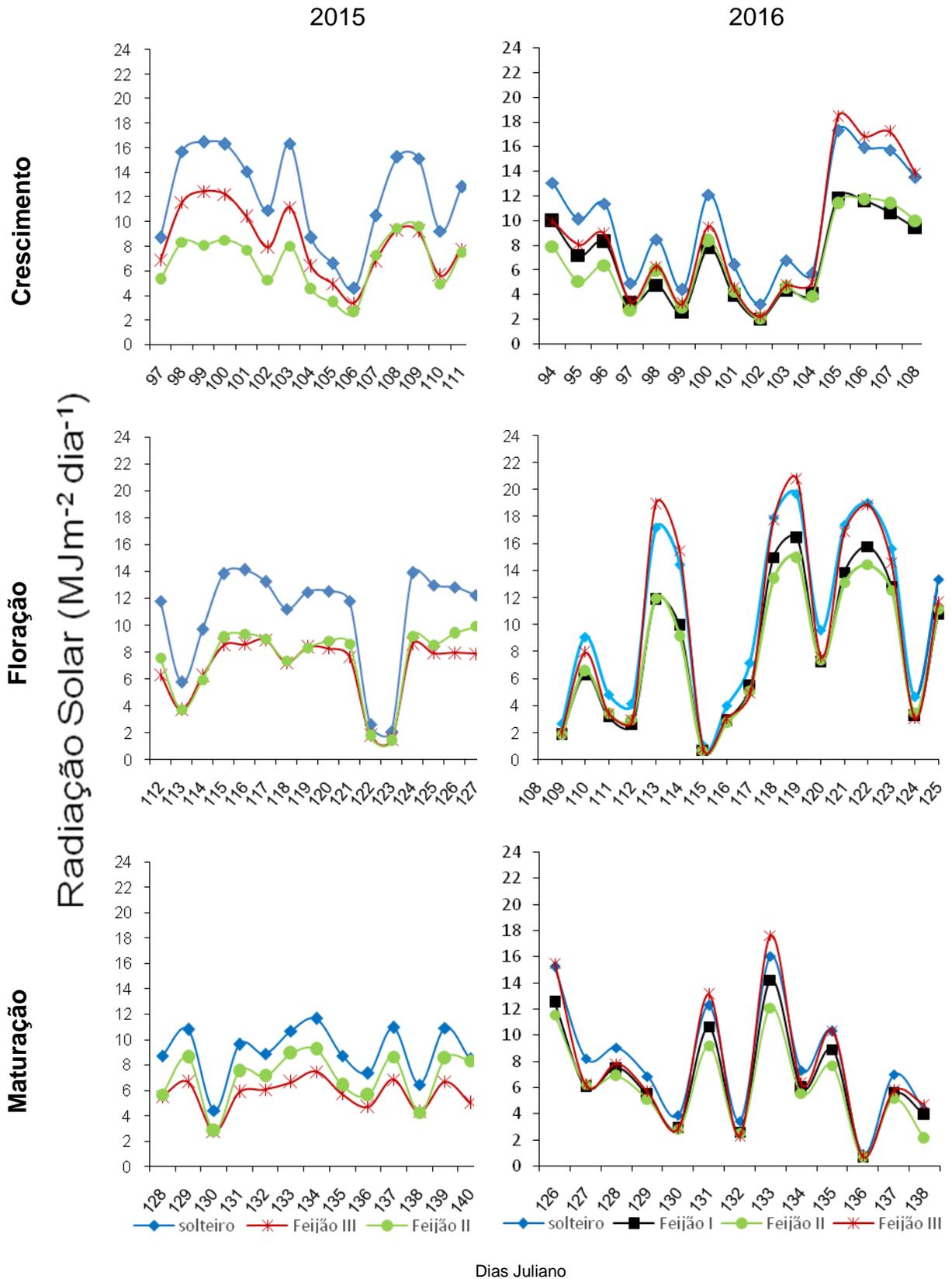


Figura 8 - Radiação solar média diária de acordo com o estágio de desenvolvimento do feijão nos diferentes arranjos de plantas para os anos de 2015 e 2016.

Na Figura 9 estão representadas as média horárias da radiação solar global ($W m^{-2}$), para um dia sem nebulosidade, aos 70 dias após semeadura, quando o milho estava em pleno pendoamento e o feijão em floração. É possível observar que, pela localização da área experimental, independente do arranjo de plantas, até aproximadamente às 9 horas (horário que o sol começa a incidir sobre as parcelas do experimento), a radiação solar global que atinge a cultura do feijoeiro não sofreu efeito importante dos tratamentos. Porém, após as 9 horas nota-se os efeitos de cada tratamento e isso se deve ao fato que após esse horário os raios solares começam a incidir sobre as parcelas, evidenciando desta forma o efeito do sombreamento do milho sobre a cultura do feijoeiro.

A maior atenuação da radiação solar para o tratamento com 3 linhas de feijão e 2 de milho (2M:3F), observada no período próximo ao meio dia e vespertino, pode estar relacionada com a exposição da parcela consorciada, orientada na face Nordeste. A variação da incidência de radiação solar entre os diferentes pontos amostrais distribuídos nos tratamentos, verificados na Figura 4, podem ser explicados pela variação da trajetória aparente do sol.

Cabe ressaltar que o feijoeiro, por ser uma planta C3 é menos eficiente na utilização de radiação solar, encontrando-se em desvantagem, quando comparada com plantas do tipo C4, como o milho, que competem por esses recursos durante o ciclo. O sucesso desse consórcio está basicamente nas diferenças apresentadas por ambas quanto às exigências e tolerâncias. Neste sistema, nota-se uma competição entre a gramínea e a leguminosa, principalmente em relação à radiação solar, 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, por isso a necessidade de se estudar cultivares disponíveis e de fácil acesso aos produtores familiares.

Segundo Costa et al. (2008), muitas pesquisas são feitas objetivando selecionar cultivares de milho com melhores condições de desenvolvimento e maior produtividade de grãos, por isso as cultivares de milho disponíveis no mercado possuem folhas mais eretas e estreitas que podem proporcionar ao feijoeiro melhor aproveitamento da radiação solar, o autor relata ainda que a cultura do feijão, quando submetida a baixas intensidades luminosas, pode apresentar menores taxas de fitomassa, de crescimento, de assimilação líquida e um elevado estiolamento.

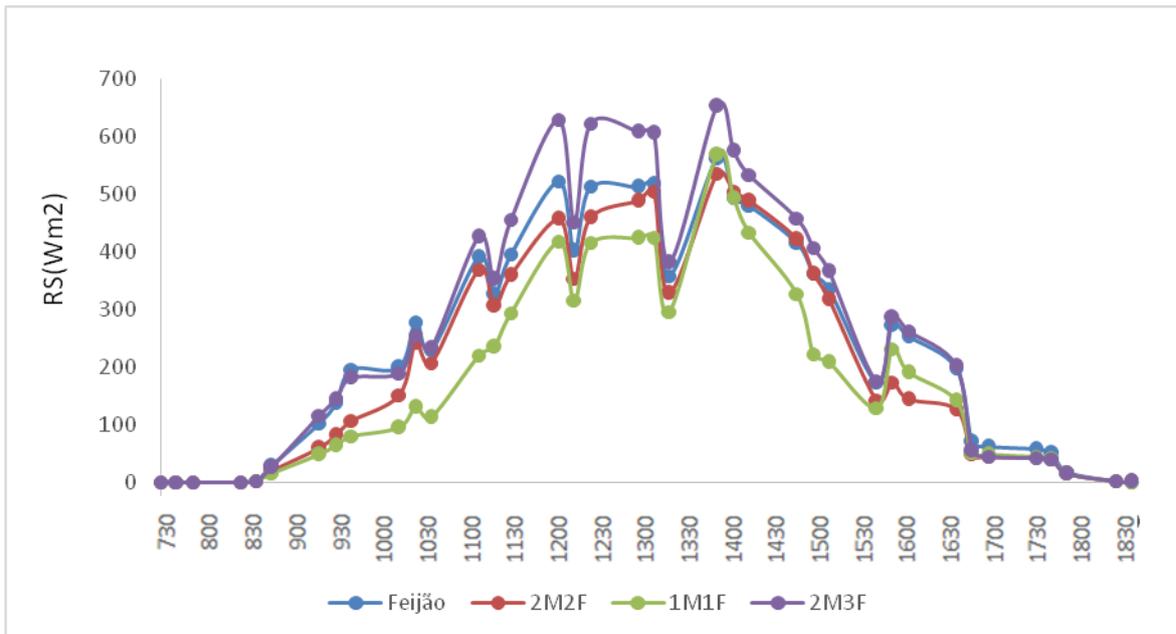


Figura 9 - Radiação Solar (RS) incidente sobre cultivo de feijoeiro solteiro (FS) e em consórcio com milho (1F: 1M; 2F: 2M; 3F: 2M), em diferentes horários de um dia ensolarado, no ano de 2016, em Pelotas (RS).

Verifica-se ainda que houve uma diminuição na radiação solar global que chegou as plantas de feijão nos sistemas consorciados (1F:1M; 2F:2M; 3F:2M), principalmente para o ano de 2015, proporcionadas pelo sombreamento das plantas de milho em relação as do feijoeiro ao longo do período horário do dia. Porém de acordo com as figuras 8 e 9 observa-se ainda que os consórcio com uma linha intercalada de cada espécie (1F:1M), proporciona maior sombreamento da cultura do milho sobre a cultura do feijoeiro, independente da hora do dia. Verifica-se também que nos arranjos mais espaçados entre as espécies, com 3 linhas de feijão e duas de milho (3F:2M), a radiação solar que chega até as plantas do feijoeiro é a que mais se aproxima da radiação solar que chega ao cultivo solteiro, proporcionando desta forma, o arranjo de consórcio que menos compromete a chegada da radiação solar a cultura do feijoeiro. Ao encontro do exposto, FARFAN-VALENCIA et al. (2003), relatam que em cultivos consorciados, o sombreamento da cultura de menor porte, a transmissividade da radiação solar está relacionada com a época do ano, arquitetura da planta sombreadora e o arranjo espacial utilizado. Segundo REIS (2014), 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. De

acordo com PINTO (2012), em cultivos consorciados, as espécies normalmente diferem em altura e em distribuição das folhas, 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.

Na tabela 8 observa-se que houve diminuição na produtividade do feijoeiro submetido ao consórcio, quando comparado ao seu monocultivo. Viegas Neto et al. (2012) e Legwaila et al. (2012), também constataram que o feijão comum cultivado em diferentes arranjos de plantas em sistemas de consórcio com o milho apresentou em geral menor produtividade do que em monocultivo. De acordo com estudos de Costa et. al (2008), o feijoeiro é prejudicado quando cultivado em consórcio com plantas de milho devido, principalmente, a menor disponibilidade da radiação fotossinteticamente ativa, considerando que grande parte dos comprimentos de onda responsáveis pela fotossíntese podem ter sido absorvidas pelo milho. Para Legwaila et al. (2012), as plantas de milho no consórcio sombreiam o feijão, reduzindo desta forma a quantidade de luz necessária que chega ao feijão para estimular a produção de flores, ocasionando efeito na produtividade e conseqüentemente na produção do feijão.

Para o ano de 2015 é possível observar-se (figura 8) que a radiação média que chegou até a cultura do feijão solteiro no estágio de crescimento foi de $11,8 \text{ MJm}^{-2} \text{ dia}^{-1}$, enquanto que para o tratamento 3F:2M foi de $8,6 \text{ MJm}^{-2} \text{ dia}^{-1}$, uma redução de aproximadamente 26% de radiação que chega a cultura do feijão quando comparado ao feijão solteiro, já para o tratamento 2F:2M essa redução é ainda maior, a radiação média para o período de crescimento foi de $6,8 \text{ MJm}^{-2} \text{ dia}^{-1}$, uma redução de 45%. Durante os estádios de maturação e crescimento o feijão solteiro prevalece recebendo as maiores médias de radiação solar quando comparado aos tratamentos 3F:2M e 2F:2M (12 e $11,3 \text{ MJm}^{-2} \text{ dia}^{-1}$, respectivamente).

Na safra 2016, a radiação média por período, foi menor quando comparada a safra 2015, em todos os estágios de desenvolvimento do feijão, a radiação média não ultrapassou $10,2 \text{ MJm}^{-2} \text{ dia}^{-1}$, e novamente o tratamento que recebeu a radiação mais próxima do cultivo solteiro do feijão foi o 3F:2M ($9,5 \text{ MJm}^{-2} \text{ dia}^{-1}$), uma redução de cerca de 15% a menos.

Verifica-se ainda que nas duas safras a produtividade do milho solteiro não apresentou diferença ao milho consorciado com uma linha de feijão (1F:1M), visualiza-se também que as variações quanto à produtividade do feijão no tratamento 3 (3F:3M) e no tratamento 2 (2F:2M), podem ser atribuídas à menor população de plantas utilizadas e a competição exercida pelo milho pela redução na quantidade de energia solar para o feijão em função da altura das plantas da gramínea.

Tabela 8- Produtividade dos milhos(M) “BRS Missões” e “Tupi Laranja” e do feijão (F) “BRS Expedito” nas safras 2014/15 e 2015/16 em Pelotas, RS.

Tratamentos	Safr 2014/15			Safr 2015/16		
	BRS Missões	Tupi Laranja	Médias	BRS Missões	Tupi Laranja	Médias
Produtividade Milho						
(M)	7340	7055	7198 a	4531	4598	4565 a
(1F:1M)	7400	6609	7005 a	4754	4586	4670 a
(2F:2M)	6375	6010	6193 b	3612	3353	3483 b
(3F:2M)	5322	4517	4920 c	3078	3199	3139 b
Médias do milho	6609 A	6048 B		3994	3934	
Produtividade Feijão						
(F)	1925	1925	1925 a	810 aA	810 aA	810
(1F:1M)	745	619	682 b	391 bB	470 bA	431
(2F:2M)	579	481	530 c	335 cA	325 cA	330
(3F:2M)	725	652	689 b	513 bA	376 cB	445
Médias do feijão	994	919		512	495	

*Médias seguidas de mesma letra minúscula, na coluna, não diferem entre si pelo teste Duncan ($p < 0,05$). **Médias seguidas de mesma letra Maiúscula, na linha, não diferem entre si pelo teste Duncan ($p < 0,05$).

Na maioria dos estudos de consórcio milho e feijão têm se verificado que o milho destinado à produção de grãos raramente sofre redução significativa na produtividade quando consorciado, porém o feijoeiro 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 (DEVIDE et al., 2009) e a diversificação das fontes de renda do produtor (ALVES et al., 2009).

5.4 Conclusões

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

As populações de feijoeiro no tratamento 1 (1F:1M) não interferem na quantidade de radiação solar disponível para a cultura do milho e nem na sua produtividade.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A avaliação dos sistemas de consorciação com o auxílio do uso de índices (UET, CET, READ e IPS) para mensurar a eficiência biológica, pode auxiliar ao produtor um novo suporte na tomada de decisão adequada sobre qual configuração de plantio utilizar.

As populações de feijoeiro dispostas nas entrelinhas de milho (1F: 2M), mostram-se uma alternativa eficiente na produção extra de feijão na mesma área sem prejudicar a produtividade da cultura do milho.

Após o fechamento das linhas de milho, independente da cultivar de milho utilizada, não houve diferença no sombreamento sobre o feijoeiro.

Evidenciou-se que os tratamentos com maior espaçamento entre plantas de milho proporcionaram maior penetração de radiação solar para o cultivo do feijão após o fechamento das linhas pela cultura do milho.

Houve diminuição na produtividade do feijoeiro submetido ao consórcio, quando comparado ao seu rendimento em monocultivo.

As populações de plantas de milho e de feijão adotadas nos diferentes sistemas de consórcio interferem diretamente na produção final das culturas, e deve ser fator determinante na hora da tomada de decisão de qual espaçamento adotar-se.

O plantio consorciado passa a ser uma opção tecnológica para a agricultura familiar, uma vez que o segundo cultivo pode tornar-se uma nova fonte de renda, podendo fortalecer desta forma a estabilidade financeira do agricultor.

Os consórcios afetam o crescimento das plantas espontâneas pela rápida cobertura do solo devido à elevada população de plantas e/ou pelo rápido crescimento de alguma das espécies.

7. Referências Bibliográficas

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.

ALTIERI, M. Agroecologia: a dinâmica produtiva da agricultura **sustentável**. 5. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.

ANTUNES, I. F.; SILVEIRA, E. P.; SILVA, H. T. **Novas Cultivares: BRS Exedito: nova cultivar de feijão de grãos pretos.** Pesq. agropec. bras., Brasília, v.42, n.1, p.135-136, jan. 2007.

ALVIM, P.T. **Los factores de laproductividad agrícola.** Lima: INSTITUTO INTERAMERICANO DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, Curso Internacional de bases fisiológicas de laproducción agrícola, 1962. 127p.

ANDRADE, M. J. B. et al. **Avaliação de sistemas de consórcio de feijão com milho pipoca.** Ciência e Agrotecnologia, Lavras, v. 25, n. 2, p. 242-250, 2001.

ARAÚJO, A. C.; BELTRÃO, N. E. de M.; MORAES, M. dos S.; ARAÚJO, J. de L. O.; CUNHA, J. L. X. L.; PAIXÃO, S. L. **Indicadores agroeconômicos na avaliação do consórcio algodão herbáceo + amendoim.** Ciência Agrotécnica. V.32, n. 1472, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS PRODUTORES DE MILHO - ABIMILHO. **O cereal que enriquece a alimentação humana.** Disponível em:<www.abimilho.com.br/ocereal.htm>. Acesso em: 26 jun. 2016.

ATROCH, E. M. A. C. et al. Crescimento, **teor de clorofilas, distribuição de biomassa e características anatômicas de plantas jovens de Bauhiniaforticata** Link. submetidas a diferentes condições de sombreamento. Ciência e Agrotecnologia, Lavras, v. 25, n. 4, p. 853-862, jul./ago. 2001.

BELTRÃO, N. E. M.; VALE, L. S.; MARQUES, L. F. CARDOSO, G. D.; SOUTO, J. S. **Consórcio mamona e amendoim: opção para a agricultura familiar.** Revista Verde, v. 5, n. 4, p. 222-227, 2010.

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.

BRAGANTINI, C. Produção de sementes. In: ARAÚJO, R. S.; RAVA, C. A.; STONE, L. F.; ZIMERMANN, M. J. de O. (Coord.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil.** Piracicaba: POTAFOS, 1996. p.639-667.

BRITO, L. T. de L.; CAVALCANTE, N. de B.; SILVA, A de S.; PEREIRA, L. A. **Produtividade de água de chuva em culturas de subsistência no semiárido pernambucano.** Engenharia Agrícola, v.32, n. 1, p. 102-109, 2012.

BRINTHA, I.; SERAN, T.H. **Effect of paired row planting of Radish (*Raphanus sativus L.*) intercropped with vegetable amaranthus (*Amaranthus tricolor L.*) on yield components of radish in sandy regosol.** The Journal of Agricultural Sciences, v.4, n.1, p.19-28, 2009.

CALVINO, P., MONZON, J.P. Farming systems of Argentina: yield constraints and risk management. In: Sadras, V.O., Calderini, D. (Eds.), **Crop physiology: applications for genetic improvement and agronomy.** Academic Press, Elsevier. Pg. 55–67. 2009.

CAMPOS, F. L. et al. **Ciclo fenológico em caupi (*Vigna unguiculata L. Walp.*): Uma proposta de escala de desenvolvimento.** Revista Científica Rural, v. 5, n. 2, p. 110-116, 2000.

CARVALHO, A. J. C. de **Comportamento de cultivares e linhagem de soja (*Glycine Max (L.) Merrill*) em consórcio com milho (*Zeamays L.*) de ciclos e portes diferentes.** 1993.70 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia).- Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras.

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, **Companhia Nacional de Abastecimento.** Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1253&t=>. Acesso em 20 de junho de 2017.

CONAB - **Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira: 4º levantamento de grãos - safra 2010/2011 - janeiro/2012.** 2012.

Disponível

em:<http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/12_01_10_10_53_02_bol_etim_graos_4o_levantamento.pdf>. Acesso em: 10 de Jun. 2016.

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

COSTA, C.C.; CECILIO FILHO, A.B.; REZENDE, B. L. A.; BARBOSA, J. C.; GRANGEIRO, L. C. **Viabilidade agrônômica do consórcio de alface e rúcula, em duas épocas de cultivo.** Horticultura brasileira, Brasília, v.25, n.1, 2007.

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.

CRUZ, José Carlos; et. al. **Produção de Milho na agricultura Familiar.** Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG. Setembro, 2011, 42pg. Circular Técnica (Documento 164).

CURI HALLAL, M. O. **Análise e comparação de métodos de estimativa da evapotranspiração de referência para a região de Pelotas (RS).** 2012. 75f. Tese (Doutorado em Sistemas de Produção Agrícola Familiar) – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

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.

DIMA, K. V.; LITHOURGIDIS, A. S.; VASILAKOGLU, I. B. & DORDAS, C. A. **Competition indices of common vetch and cereal intercrops in two seeding ratios.** Field Crops Research Vol. 100, p. 249-256, 2007.

DOLIJANOVIĆ, Z. et al. **Types of interactions in intercropping of maize and soya bean.** Journal of Agricultural Sciences, v.54, n.3, p.179-187, 2009.

DUTRA, A.; F. **“Eficiência agroeconômica do consórcio mamona e amendoim em área do semiárido paraibano.”** Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias),

Centro de Ciências Humanas e Agrárias, Universidade Estadual da Paraíba,
CAMPINA GRANDE – PB. 85 f. 2012.

EGBE, O. M.; ALIBO, S. E.; NWUEZE, I. **Evaluation of some extra-early and earlymaturing cowpea varieties for intercropping with maize in southern Guinea Savana of Nigeria.** Agriculture and Biology Journal of North America, v. 1, n. 5, p. 845-858, 2010.

EMBRAPA – **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Cultivo do Feijão Irrigado na Região Noroeste de Minas Gerais.** Disponível em:
<https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Feijao/FeijaoIrrigadoNoroesteMG/clima.htm>. Acesso em 08 de junho de 2016.

EMYGDIO, B. M.; PEREIRA, L. R. **Novas Cultivares: BRS Missões: nova cultivar de milho para a região Sul do Brasil.** Pesq. agropec. bras., Brasília, v.41, n.3, p.545-547, mar. 2006.

FAO. **Faostat.** Disponível em:
<http://www.fao.org/publications/search/en/?querystring=ZmVpasOjw==>. Acesso em: 10 de fev. 2017.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Ecofisiologia e fenologia.** In: FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. Produção de milho. Guaíba: Agropecuária, 2000. p. 21-54.

FERNÁNDEZ, F.; GEPTS, P.; LOPEZ, M. **Etapas de desarrollo de la planta de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.).** Cali: CIAT, 1986. 34p.

FURTADO, G.; F.; JUNIOR, J.; R.; S.; SOUSA, J.; R.; M.; LACERDA, R.; R.; A.; SOUZA, S.; A. **“Produtividade e uso eficiente da terra no consórcio de mamona com gergelim e feijão-caupi no semiárido paraibano”.** Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável. Revista Verde (Mossoró – RN), v. 7, n. 2, p 156-162, abr-jun, 2012.

FLESCH, R.D. **Efeitos temporais e espaciais no consórcio intercalar de milho e feijão.** Pesq. Agropecu. Bras., Brasília, DF, v.37, n.1, p.51-56, 2002.

GLIESSMAN, S. R. **Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável.** Porto Alegre: UFRGS, 2000. 653 p.
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.** Agric. Water Manag. 98, 2010, p.199-212.

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. 2017. **Consortiação de Culturas**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA, 2017.
Disponível:http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/sistema_plantio_direto/arvore. Acesso em 10 de Fevereiro de 2017.

HIEBSCH, C.K. Comparing intercrops with monoculture. In: **Agronomic economic research on soils of the tropics, Annual Report 1976-1977**. Soil Science Department, North Carolina State University, Raleigh, North Carolina, pp. 187-200, 1978.

IBGE. **Produção Agrícola Municipal (PAM)**. 2005. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br>. Acesso em: Junho de 2015.

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

JAKELAITIS, A.; SILVA, A. F.; SILVA, A. A.; FERREIRA, L. R.; FREITAS, F. C. L. ; VIVIAN, R. **Influência de herbicidas e de sistemas de semeadura de *Brachiariabrizantha* consorciada com milho**. Planta Daninha, Viçosa, v. 23, n. 1, p. 59-67, 2005.

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”**. Tese (doutorado) – Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, UNESP/SP. Especialidade: Agronomia, 2014. 61pg.

KRONKA, A. Z. ; OSUNA, J. T. A.; KONKA, S. N. **Comportamento de cultivares de milho em consórcio com feijão**. Revista Ceres, Viçosa, v. 46, n. 273, p. 543-553, 2000.

LEGWAILA, G. M.; MAROKAN, T.K.; MOJEREMANE, W. **Effects of Intercropping on the Performace of Maize and Cowpeas in Botswana**. International Journal of Agriculture and Florestry. V.2, p.307-310, 2012.

LI L. et al. **Chickpea facilitates phosphorus uptake by intercropped wheat from an organic phosphorus source.** *Plant and Soil*, v.248, n.1- 2, p.297-303. 2003.

LIEBMAN, M. **Sistemas de policultivos.** In: ALTIERI, M. **Agroecologia: bases científicas para uma agricultura sustentável.** 3.ed. São Paulo, Rio de Janeiro: Expressão Popular, AS-PTA 2012. p. 221-40.

LIMA, S. F.; VIEIRA, C.; VIEIRA, R. F.; CARDOSO, A. A.; ARAUJO, G. A. de A. **Cultura associada de feijão e milho. XIV-Populações de plantas nos consórcios de plantio simultâneo e de substituição.** *Revista Ceres*, Viçosa, MG, v. 49, n. 49, p. 586-601, 2002.

LIMA, M. B. et al. **Efeitos das culturas de milho (*Zea mays*), feijão (*Phaseolus vulgaris*) e caupi (*Vigna unguiculata*) na agregação de valor ao cultivo da bananeira ‘terra’, em Teolândia, litoral sul da Bahia.** *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v. 27, n. 1, p. 55-59, 2005.

LISITA, F.O. **Agricultura familiar.** 2009. Disponível em: <http://www.embrapa.gov.br/linhas_de_acao/desenvolvimento/agri_familiar/index_html/mostra_documento>. Acesso em: 19/06/2016.

MACIEL, A. D.; ARF, O.; SILVA, M. G.; SÁ, M. E. de; BUZETTI, S. ANDRADE, J. C.; BIANCHINI SOBRINHO, E. **Comportamento do feijão em cultivo consorciado com milho em sistema de plantio direto.** *Acta Scientiarum Agronomy*, Maringá, v. 26, n. 3, p. 273-278, 2004.

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* 106(2015), p. 343-350.

MASCHIO, R. et al. **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. Aracaju: SBA: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2007. 1 CD-ROM.

MATOSO, A. O. **Milho e feijão-caupi cultivados em faixas na safrinha,** 2011. 134 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.

MEAD, R.; WILLEY, R. W. **The concept of a 'Land Equivalent Ratio' and advantages in yields from intercropping.** *Experimental Agriculture*, v.16, n.3, p.217-228, 1980.

MUSHAGALUSA, G. N.; LEDENT, J. F.; DRAYE, X. **Shoot and root competition in potato/maize intercropping: Effects on growth and yield.** *Environmental and Experimental Botany*, v. 64, p.180-188, 2008.

NAYLOR, R.; SMIL, V.; BRADFORD, E.; ALDER, J.; MOONEY, H. **Losing the links between livestock and land.** *Science*, Washington, v. 310, p. 1621-1622, 2005.

OSENI, T. O. **Evaluation of sorghum-cowpea intercropping productivity in Savanna Agro-Ecology using competition indices.** *Journal of Agricultural Science*, v. 2, n. 3, p.229-233, 2010.

PEREIRA FILHO, I. A.; CRUZ, J. C.; GAMA, E. E. G. **Cultivares para o consumo verde.** In: PEREIRA FILHO, I. A. (Ed.). **O cultivo do milho-verde.** Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. p. 17-30.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Meteorologia Agrícola** (Edição Revista e Ampliada). ESALQ – Piracicaba, 2007. Acessado em 22 jun. 2016. Online. Disponível em:

http://www.leb.esalq.usp.br/aulas/lce306/MeteorAgricola_Apostila2007.pdf

PEREIRA, A. R. et al. **Evapo(transpi)ração.** Piracicaba: FEALQ, 1997. 183p.

PINTO, C. M.; FILHO, F. A. S.; CYSNE, J. R. B.; PITOMBEIRA, J. B.

“Produtividade e índices competição da mamona consorciada com gergelim, algodão, milho e feijão caupi”. *Revista Verde* (Mossoró – RN – Brasil) v.6, n.2, p. 75 - 85 abril/junho de 2011.

PINTO, C. M.; PINTO, O. R. O. **Avaliação da eficiência biológica e habilidade competitiva nos sistemas de consorciação de plantas.** *Enciclopédia biosfera.* Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.8, N.14; p.105 - 122. 2012.

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, DF, v. 18, n. 7, p. 755-762, 1983.

POSSE, S. C. P. et al. **Informações técnicas para o cultivo do feijão-comum na região central-brasileira.** Vitória: Incaper, 2010. p. 16-23.

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.

REIS, M.G. **Partição da radiação fotossinteticamente ativa e trocas gasosas em cultivos de eucalipto e cerrado**. Dissertação de mestrado. VIÇOSA. MG. 56 pg. 2014.

RENES, R. R.; **“Malhas de sombreamento fotoseletivas no crescimento e produção de alface hidropônico”**. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria *campus* Frederico Westphalen, Programa de Pós-Graduação em Agronomia: Agricultura e Ambiente, RS, 2013, 87 pg.

RESENDE, P. M. de; ANDRADE, M. J. B. de, ANDRADE, L. A. de B. **Consórcio soja-milho. II. Seleção de materiais genéticos de soja para consórcio com milho**. *Ciência e Prática*, Lavras, v.16, n.3, p.333-341, jul./set. 1992.

RESENDE, P. M. de. **Capacidade competitiva de cultivares de milho e soja consorciados em função de grãos e forragem**. 1997. 153 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1997.

RUIZ, A. O legado do El Niño 2015. **Disponível em:**
<https://www.climatempo.com.br/noticia/2016/09/22/o-legado-do-el-nino-2015-0199>

SANTIAGO, F.; S.; BLACKBURN, R.; M.; DIAS, I.; C.; M.; JALFIM, F.; T.; PINHEIRO, M.; R.; A. **“Índices de eficiência do uso da terra em consórcios agroecológicos no semiárido nordestino”**. UMS 2014 - VI CONGRESSO SOBRE USO E MANEJO DO SOLO Recife (Pernambuco, Brasil), de 19 a 21 de março de 2014.

SANTOS, A. S. **Vulnerabilidades socioambientais diante das mudanças climáticas projetadas para o semiárido da Bahia**. 2008. 153 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade de Brasília.

SANTOS, N. C. B.; ARF, O.; KOMURO, L. K. **“Consórcio de feijoeiro e milho-verde na entressafra e comportamento das cultivares de feijão”**. *Biosci. J.*, Uberlândia, v. 26, n. 6, p. 865-872, Nov./Dez. 2010.

SANTOS, A. M.; BATISTA, P. S. C.; LOPES, M. F.; SILVA, M. G. M.; BERTO, A. L. F. **“Desempenho agrônômico de milho consorciado com feijão-de-corda em diferentes populações e arranjos de plantas no semiárido mineiro”**. Centro de

Ciências Agrárias - Universidade Federal de Roraima, Boa Vista, RR. **Revista Agro@ambiente On-line**, v. 10, n. 3, p. 201-208, julho-setembro, 2016.

SENTELHAS, P. C. & ANGELOCCI, L. R.; **Radiação Solar/ Balanço de Energia**. ESALQ/USP. 2012.

http://www.esalq.usp.br/departamentos/leb/aulas/lce306/Aula5_2012.pdf. Acesso em 23 de janeiro de 2018.

SERAN, T.H.; BRINTHA, I. **Review on maize based intercropping**. *Journal of Agronomy*, v.9, n.3, p.135-145. 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.

SOUZA, A. dos S. **Consórcio milho e mucuna, contribuição à introdução do plantio direto ou a produção de forragem no Brejo da Paraíba**. 2000. 43f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Agronomia). Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba, Areia - PB.

SOUZA, P. M.; BRAGA, M. J. **Aspectos econômicos da produção e comercialização do milho no Brasil**. In: GALVÃO, J. C. C.; MIRANDA, G. V. *Tecnologia de produção de milho*. Viçosa: UFV, p. 13-53, 2004.

SOUZA, L. S. B.; MOURA, M. S. B.; SEDIYANA, G. C.; SILVA, T. G. F. **”Eficiência do uso da água das culturas do milho e do feijão-caupi sob sistemas de plantio exclusivo e consorciado no semiárido brasileiro.”** *Bragantia*, Campinas, v. 70, n. 3, p.715-721, 2011.

SUDO, A.; GUERRA, J. G. M.; ALMEIDA, D. L.; RIBEIRO, R. L. D. **Cultivo consorciado de cenoura e alface sob manejo orgânico**. Seropédica: CNPAB, 1998. 4p. (Recomendação Técnica, 2).

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

TÁVORA, F. J. A. F.; SILVA, C. S. A.; BLEICHER, E. **Sistemas de consórcio do milho, sorgo e feijão-caupi em séries de substituição**. *Revista Brasileira de Agrociência*, Pelotas, v. 13, n. 3, p. 311-317, 2007.

TAKIN, F. O. **Advantages of Maize-Cowpea Intercropping over Sole Cropping through Competition Indices.** Journal of Agriculture and Biodiversity Research. v. 1, p. 53 - 59, 2012.

TEIXEIRA, I. R.; MOTA, J. H.; SILVA, A. G. **Consórcio de hortaliças.** Semina: Ciências Agrárias, v. 26, n. 4, p. 507-514, 2005.

VALE, E. H.; PINTO, C. M.; SIZENALDO FILHO, F. A.; PITOMBEIRA, J. B. **Comportamento do girassol e feijão-caupi consorciados em série de substituição.** Revista Verde. v. 6, n. 2, p. 69 – 74, 2011.

VIEGAS NETO, A. L.; HEINZ, R.; GONÇALVES, M. C.; CORREIA, A. M. P.; SOUZA MOTA, L. H. de.; ARAÚJO, W. D. **Milho pipoca consorciado com feijão em diferentes arranjos de plantas.** Pesquisa Agropecuária Tropical, v. 42, n. 1, p. 28 – 33, 2012.

VIEIRA, C. **Cultivos consorciados.** In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T. J.; BORÉM, A. **Feijão: aspectos gerais e culturais no estado de Minas Gerais.** Viçosa: UFV, 1998. p. 523-558.

VIEIRA, R. F.; VIEIRA, C.; MIRANDA, G.V. **Arranjos espaciais e adubação do feijão-comum consorciado com milho em cultivo simultâneo.** Revista Ceres, Viçosa, v. 50, n. 291, p. 605-619, 2003.

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

WILLEY, R. W.; OSIRU, D. S. O. **Studies on mixtures of maize and beans (*Phaseolus vulgaris*) with particular reference to plant population.** The Journal of Agricultural Science, v. 79, n. 3, p. 517-529, 1972.

YILMAZ, Ş.; ATAK, 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.