

Pelotas, RS / Novembro, 2024

## Cultivo de milho e de feijão em sistema agroflorestal com dez anos de crescimento

Valeria Pohlmann<sup>(1)</sup>, Eberson Diedrich Eicholz<sup>(2)</sup>, Edgar Ricardo Schöffel<sup>(3)</sup>, Ernestino de Souza Gomes Guarino<sup>(2)</sup>, Gustavo Rodrigues Scheer<sup>(3)</sup> e Eduarda Voigt Franz<sup>(4)</sup>

<sup>(1)</sup> Bolsista de doutorado, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS. <sup>(2)</sup> Pesquisador, Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS. <sup>(3)</sup> Professor, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS. <sup>(4)</sup> Bolsista Fapergs, Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS.

**Resumo** – Foi avaliado o crescimento e produção de plantas de feijão e de milho em sistema agroflorestal (SAF) com dez anos de implementação, em comparação ao cultivo das espécies em ambiente a pleno sol. Foram cultivadas em solteiro duas cultivares de milho, ‘BRS 019TL’ e ‘BRS 015FB’ e o feijão ‘BRS Paisano’ nas safras de 2021/2022 e 2022/2023. Foram avaliadas variáveis de crescimento e de produção, além de produtividade estimada para as espécies e coleta dos dados meteorológicos. Na safra de 2021/2022 também determinou-se a massa seca das plantas espontâneas presentes nos ambientes. A oferta de radiação solar global no SAF foi reduzida, em média, em 48%, o que proporcionou uma tendência de apresentar menor temperatura média do ar nos meses mais quentes. No SAF as plantas de milho apresentaram menor diâmetro do colmo, e o feijão apresentou maior estatura e menor diâmetro da haste. Ocorreu redução da produtividade no SAF em comparação ao pleno sol, na safra 2021/2022 para o milho a redução foi de 60,0% e para o feijão foi de 38,2%, e em 2022/2023 a redução para o milho foi de 71,8% e para o feijão foi de 53,6%. Devido ao sombreamento, o SAF também reduz o crescimento das plantas espontâneas em 69%. Portanto, um sistema agroflorestal com dez anos de crescimento e 5 m de espaçamento entre linhas de árvores resulta em menor produção de grãos de milho e de feijão, não sendo viável para a produção de milho, enquanto que o feijão ainda é possível de ser produzido em safras sem prolongados períodos de déficit hídrico.

**Termos para indexação:** agricultura orgânica, sistema agroflorestal, desenvolvimento sustentável, *Phaseolus vulgaris*, *Zea mays*.

## Cultivation of corn and beans in an agroforestry system with ten years of growth

**Abstract** – The growth and yield of bean and corn plants were evaluated in a ten-year-old agroforestry system compared to the cultivation of these species in full sunlight. Two corn cultivars, ‘BRS 019TL’ and ‘BRS 015FB’, and the bean ‘BRS Paisano’ were grown as sole crops during the 2021/2022 and 2022/2023 seasons. Growth and yield variables were assessed, along with the estimated productivity for the species and the collection of meteorological data. In the

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

Comitê Local de Publicações  
Presidente  
Ana Cristina Richter Krolow  
Secretária-executiva  
Rosângela Costa Alves  
Membros  
Newton Alex Mayer, Rosângela  
Costa Alves, Bárbara Chevallier  
Cosenza, Cláudia Antunez  
Arrieche e Sonia Desimon

Edição executiva  
Bárbara Chevallier Cosenza  
Revisão de texto  
Bárbara Chevallier Cosenza  
Normalização bibliográfica  
Cláudia Antunez Arrieche  
(CRB-10/1594)  
Projeto gráfico  
Leandro Sousa Fazio  
Diagramação  
Nathália Santos Fick

Publicação digital: PDF

Todos os direitos  
reservados à Embrapa.

2021/22 season, the dry mass of spontaneous plants present in the environments was also determined. Global solar radiation in the agroforestry system was reduced by an average of 48%, which led to a tendency of lower average air temperatures during the hottest months. In the agroforestry system, corn plants had smaller stem diameters, and beans exhibited greater height and smaller stem diameters. Productivity in the agroforestry system was lower compared to full sunlight: in the 2021/2022 season, the reduction was 60.0% for corn and 38.2% for beans, while in the 2022/2023 season, the reduction was 71.8% for corn and 53.6% for beans. Due to the shading, the agroforestry system also reduced the growth of spontaneous plants by 69%. Therefore, a ten-year-old agroforestry system with 5-meter spacing between tree rows results in lower corn and bean grain production, making it unviable for corn production, while beans can still be produced in seasons without prolonged periods of water deficit.

**Index terms:** organic agriculture, agroforestry, sustainable development, *Phaseolus vulgaris*, *Zea mays*.

## Introdução

Os sistemas agroflorestais (SAFs) consistem na produção agrícola baseada em consórcios de espécies florestais com cultivos anuais (Paludo; Costabeber, 2012). Entretanto, além de produção, esse sistema também visa proteger o meio ambiente natural (World Agroforestry Centre, 2021).

Os SAFs atuam na mitigação das mudanças climáticas pela diminuição da emissão de gases de efeito estufa por meio da alta captura e estocagem de CO<sub>2</sub>, variando entre arranjos e idades do sistema (Torres et al., 2014). O sistema aumenta a fertilidade do solo, fato observado na região sudoeste de Camarões, principalmente nos sistemas agrossilvipastoris e agrossilviculturais (Tsufac et al., 2021). Os estoques de carbono no solo são, respectivamente, 23,7 a 35,6% maiores em SAFs do que em monocultivos, conforme demonstrado em um SAF de 28 anos estabelecido na Índia (Yadav et al., 2021). Além da melhoria nos atributos do solo, os SAFs podem fornecer habitats complementares para muitas espécies, incluindo pássaros da floresta, como observado em SAFs com café (Ribeiro; Rufino, 2018) e com cacauzeiros (Cabral et al., 2021).

As linhas com as arbóreas também contribuem para a construção de um microclima favorável ao crescimento das culturas, reduzindo a velocidade do vento (Kanzler et al., 2019) e proporcionando maior

umidade relativa do ar e menor temperatura do ar (Castillo et al., 2020). O uso intensivo da área de forma sustentável é interessante principalmente a agricultores familiares, detentores de menores áreas de cultivo, sendo que, nesse setor, os consórcios entre espécies apresentam maior eficiência no uso da terra com maior produção em menor área, em comparação ao monocultivo (Nassary et al., 2020). Nesse caso, o consórcio de produção de grãos no SAF (Figura 1) pode potencializar a segurança e soberania alimentar dos agricultores.



Foto: Valéria Pohlmann

**Figura 1.** Produção de milho e de feijão em um sistema agroflorestal em Pelotas, RS.

A produção de milho (*Zea mays* L.) e de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) integrados ao SAF parece uma solução completa e complexa na produção de alimentos, pois ambos são importantes fontes energéticas e proteicas, consumidos diariamente pela maioria da população. Economicamente, o Brasil é o terceiro maior produtor de milho (109 milhões de toneladas), atrás somente dos Estados Unidos (348 milhões de toneladas) e da China (277 milhões de toneladas) (Faostat, 2022). Em relação ao feijão, o Brasil é o segundo maior produtor (2.842.395 t), atrás da Índia (6.610.000 t), os quais, além de serem os maiores produtores, também são os maiores consumidores, resultando em pequeno excedente a ser exportado, sendo que, no âmbito da América do

Sul, o Brasil apresenta participação superior a 70% na produção (Faostat, 2022).

Contudo, apesar dos inúmeros benefícios ambientais comprovados do SAF, esse ainda é um manejo a ser estudado, principalmente no que tange ao seu comportamento em regiões de clima subtropical a temperado e a viabilidade de cultivo ao longo dos anos de crescimento das árvores. Para o sucesso do SAF na produção de grãos, é essencial que a copa das árvores permita transmitir a radiação solar em quantidade e qualidade suficiente ao longo do ciclo dos cultivos, o que é extremamente viável para os anos iniciais de implementação. Não obstante, um SAF com dossel consolidado precisa buscar estratégias para contornar essa barreira física de produção para não diminuir a quantidade e qualidade dos produtos por redução de disponibilidade de radiação fotossinteticamente ativa (RFA) nos cultivos anuais (Elli et al., 2016). Plantas sombreadas podem apresentar estiolamento, maior crescimento vegetativo (Elli et al., 2016; Schmidt et al., 2017) e redução da produtividade (Péres-Marin et al., 2007; Habte et al., 2016; Liu et al., 2017). Assim, o objetivo deste estudo foi comparar o crescimento e produção de plantas de feijão e de cultivares de milho em sistema agroflorestal com 10 anos de implementação, e comparar seus resultados com o cultivo das espécies em ambiente a pleno sol.

## Material e métodos

Os experimentos foram conduzidos nos anos agrícolas 2021/2022 e 2022/2023, na Estação Experimental Cascata (31°41'S e 52°21'W) da Embrapa Clima Temperado, no interior do município de Pelotas, Rio Grande Sul, Brasil. O clima da região é do tipo subtropical úmido, com chuvas bem distribuídas, totalizando 1.367 mm ao ano, e com temperatura média do mês mais frio (julho) de 12,3 °C e do mês mais quente (janeiro) de 23,2 °C (Universidade Federal de Pelotas, 2024).

A primeira área de estudo foi um sistema agroflorestal (SAF) implantado em 2013 com espaçamento de 5 m entrelinhas, composto por: *Carya illinoensis* (nogueira-pecã), *Citrus sinensis* (laranja), *Citrus bergamia* (bergamota), *Diospyros kaki* (caqui), *Butia* sp. (butiá), *Trema micranta* (trema), *Enterolobium contortisiliquum* (timbaúva), *Peltophorum dubium* (canafístula), *Cedrela fissilis* (cedro), *Luehea divaricata* (açoita-cavalo), *Cordia trichotoma* (louro-pardo) e *Patagonula americana* (guajuvira). Esse SAF apresentou crescimento livre ao longo do tempo, sendo realizadas poucas podas de condução. Nos dois anos agrícolas foram realizadas podas e

retirados galhos para aumentar a permeabilidade da radiação solar. A outra área de estudo foi uma área próxima, também sob cultivo orgânico, mas a pleno sol, para comparação dos dados.



**Figura 2.** Produção de milho e de feijão a pleno sol (PS) (A) e em sistema agroflorestal (SAF) (B), em Pelotas, RS.

Utilizou-se as cultivares de milho 'BRS 019TL' e 'BRS 015FB' e a de feijão 'BRS Paisano'. As sementes de milho foram cultivadas a 0,8 m entre linhas e 0,25 m entre plantas, e de feijão com 0,4 m entre linhas e 0,1 m entre plantas. O manejo dos experimentos consistiu em capinas manuais para o controle das plantas espontâneas e *Bacillus thuringiensis* para controle da lagarta-do-cartucho no milho. A adubação foi realizada com esterco de peru peletizado, conforme recomendação técnica a partir de análise química do solo (Manual [...], 2016).

O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso com três repetições, sendo cada espécie avaliada separadamente. Para o feijão, foi um experimento monofatorial, comparando os ambientes, SAF e PS. Para o milho, consistiu em um experimento bifatorial, comparando os ambientes, SAF e PS, e as cultivares, BRS 019TL e BRS 015FB.

As condições meteorológicas foram caracterizadas a partir de dados coletados em duas estações meteorológicas automáticas. A primeira, localizada a 110 m da área experimental, referentes a radiação solar global ( $W; m^2$ ), temperatura do ar (°C) e precipitação pluvial (mm), e a segunda, instalada no interior do SAF, coletados dados de radiação fotossinteticamente ativa (RFA) (MJ; metros quadrados por dia) e de temperatura do ar (°C).

Durante os estádios fenológicos R6 no feijoeiro (Fernandez et al., 1986) e VT no milho (Ritchie et al., 1993), avaliou-se a partir das plantas coletadas das duas linhas centrais da unidade experimental: estatura (cm) e diâmetro da haste/colmo (mm). No final do ciclo avaliou-se: número de vagens totais, número de vagens granadas, número de vagens sem grãos, número de grãos por vagem e produtividade

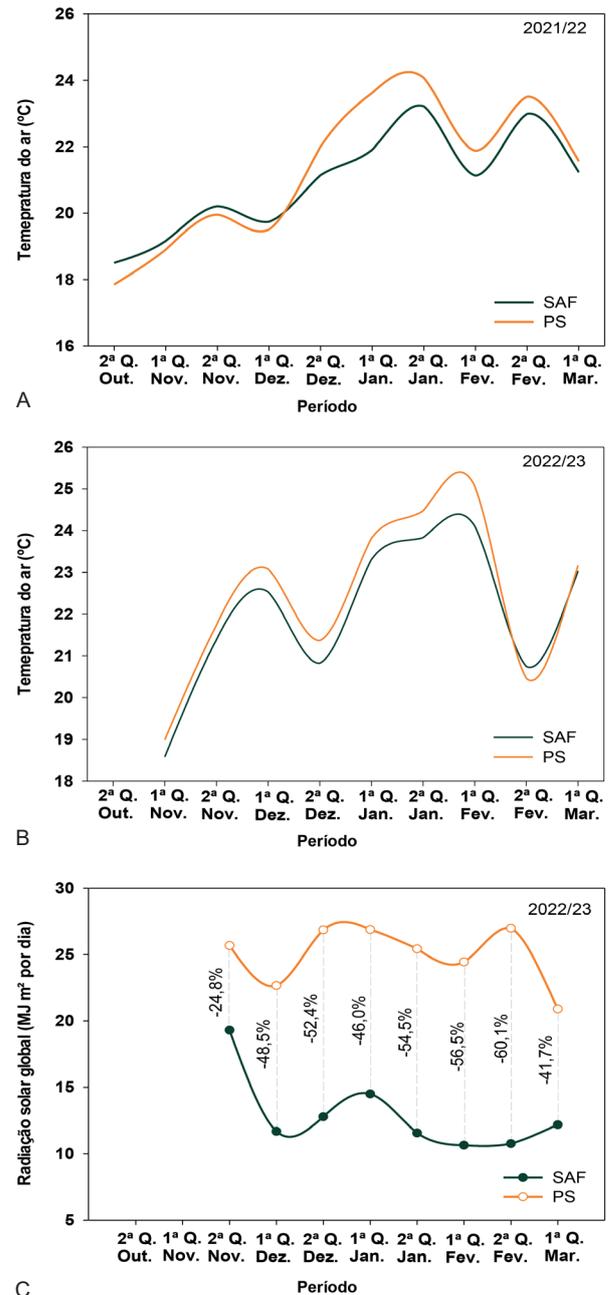
estimada para o feijão, número de espigas totais, número de espigas sem grãos, número de espigas atacadas, número de grãos por espiga e produtividade estimada para o milho. Os dados foram analisados pelo teste de variância e suas médias distinguidas através do teste de Tukey a 0,05 de probabilidade do erro com uso do pacote ExpDes.pt (Ferreira et al., 2021) pelo software R (R Core Team, 2020).

Na safra de 2021/2022, também durante os estádios R6 do feijão e VT do milho, foram coletadas três repetições em cada ambiente de cultivo, no SAF e no PS, em uma área de 1 m<sup>2</sup>, todas as massas verdes de todas as plantas espontâneas presentes no quadrado medidor, então secadas até peso constante, obtendo-se a massa seca das plantas espontâneas por metro quadrado.

## Resultados e discussão

As temperaturas médias entre os dois ambientes (SAF e PS) não diferiram significativamente pelo teste t ( $p > 0,05$ ), com média de 20,9 °C (SAF) e de 21,3 °C (PS), na safra 2021/2022, e de 22,0 °C (SAF) e de 22,5 °C (PS), na safra 2022/2023 (Figura 3). No entanto, é possível observar na Figura 3A que, em 2021/2022, durante as quinzenas mais frias, a temperatura do SAF foi maior do que no PS, variando em +0,7 °C na segunda quinzena de outubro até +0,2 °C na primeira quinzena de dezembro, e no restante do tempo, a temperatura do SAF se manteve inferior à do PS, em até -1,7 °C na primeira quinzena de janeiro.

A safra de 2022/2023 apresentou temperatura média de 22,4 °C e a 2021/2022 uma média de 21,1 °C. Apesar de não apresentar diferença significativa ( $p > 0,05$ ), ocorreu uma diferença média superior a 1 °C entre as duas safras. É possível observar que na safra com maiores temperaturas, 2022/2023, as temperaturas do SAF se mantiveram levemente abaixo aquelas do PS em todas quinzenas, com diferença máxima de -1,0 °C na primeira quinzena de fevereiro. A exceção ocorreu na segunda quinzena de fevereiro, em que o SAF apresentou +0,3 °C maior do que no PS. Isso aconteceu devido à entrada de uma massa de ar frio, alcançando mínimas de 5,0 °C no PS e 7,2 °C no SAF.



**Figura 3.** Temperatura do ar de 2021/2022 (A), temperatura do ar de 2022/2023 (B) e radiação solar global de 2022/23 (C) no sistema agroflorestal (SAF) e ambiente a pleno sol (PS), em Pelotas, RS.

A oferta de radiação solar global no SAF foi reduzida durante toda a safra de 2022/2023 em comparação ao PS, com uma diminuição média de 48% (Figura 3C). A menor redução de radiação solar no SAF ocorreu na segunda quinzena de novembro,

com 24,8%, e atingiu valor máximo de 60,1% na segunda quinzena de fevereiro; posteriormente, reduziu para 41,7% na primeira quinzena de março. Nota-se que, a partir de dezembro, houve acentuada redução da radiação solar no interior do SAF, devido à expansão e densidade das copas das árvores.

A menor transmissibilidade de radiação solar no interior do SAF advém da grande absorção dessa pelas copas das árvores. A redução de radiação fotossinteticamente ativa (RFA) também foi observada por Ndoli et al. (2017), variando de 47 a 67%, a 1 m de distância das árvores, e de 14 a 17%, a 3 m de distância das árvores. Em estudo conduzido em São Paulo, avaliando o sistema de integração lavoura-pecuária-floresta, Pezzopane et al. (2019) observaram que RFA inferior a 85% causa redução na produção de milho, entretanto, para a pastagem, a produção relativa indica que até uma transmissão de 35% a produção foi maior com a floresta. Um estudo conduzido na China comparando dois SAFs relatou que o tipo de SAF alterou a RFA no dossel do cultivo e causou redução de 20% e 25%, para o trigo e alfafa, respectivamente, quando comparado com a monocultura em área a pleno sol (Yang et al., 2021). Assim, a disponibilidade energética depende das espécies arbóreas, densidade de plantio, manejo de poda, idade das árvores e região edafoclimática na qual o SAF está inserido.

A menor permeabilidade da radiação solar no sistema proporciona menor aquecimento no SAF durante o dia. As árvores de grande estatura podem diminuir em até 4 °C a temperatura máxima do ar (Merle et al., 2022). Em um SAF com 10 anos de idade nos Estados Unidos, Castillo et al. (2020) verificaram potencial de mitigação da temperatura do ar pelas árvores em reduzir 1 °C durante o dia e aumentar 0,5 °C durante a noite. Em outro estudo na Alemanha, em um SAF com 6 anos de idade, Kanzler et al. (2019) observaram redução na temperatura do ar de -1 °C durante o dia e pelo menos +1 °C à noite. A temperatura diurna do ar em milho produzido em consórcio com nogueiras-pecãs de 14 anos na Croácia diminuiu em até 5 °C (Zalac et al., 2023).

Além da oferta de radiação solar e temperaturas do ar adequadas ao desenvolvimento das espécies, a oferta hídrica precisa ser outro ponto a ser investigado. De acordo com Pohlmann et al. (2024), nas duas safras ocorreram períodos com déficit hídrico, em 2021/2022 o acumulado foi de 83 mm, da emergência à maturação do milho, e em 2022/2023 o acumulado de déficit hídrico foi de 111 mm.

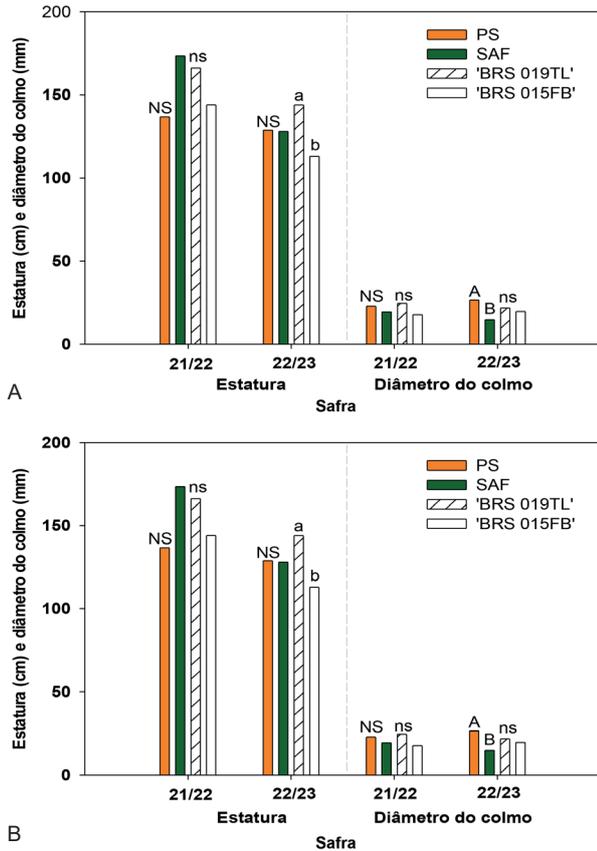
O SAF pode proporcionar maior conteúdo de água no solo no início do período seco, como observado por Neves et al. (2007), os quais avaliaram a produção de café em SAF e em PS. Os autores observaram que, na camada entre 0 e 5 cm, há uma proteção do solo contra a incidência direta dos raios solares e de ventos, causada pela adição de material orgânico, por queda natural ou poda de folhas e ramos, e também pelo sombreamento proporcionado pelo dossel das árvores, resultando em diminuição da evaporação do solo, o que conferiu ao SAF iniciar o período seco com maior teor de água no solo do que o tratamento PS. Neves et al. (2007) também relatam que, no final do período seco, as diferenças no teor de água no solo entre os ambientes foram pequenas, apesar do SAF apresentar maior teor de água no solo no início, por possuir maior número de plantas, há maior consumo de água por transpiração, o que, por consequência, diminui o conteúdo de água no solo mais rapidamente do que no PS. A mesma situação pode ter acontecido neste experimento, em que as plantas de milho no SAF apresentaram os mesmos sintomas de déficit hídrico do PS (Figura 4).



Fotos: Valéria Pohlmann

**Figura 4.** Plantas de milho (A) e de feijão (B), com sintomas de estresse hídrico no experimento em Pelotas, RS.

As cultivares de milho não diferiram suas estaturas e diâmetros dos colmos para os ambientes em 2021/2022, entretanto, em 2022/2023, 'BRS 019TL' apresentou maior estatura do que 'BRS 015FB'. Na comparação entre os ambientes, observou-se que no SAF as plantas de milho apresentaram menor diâmetro do colmo (Figura 5A). O feijão apresentou maior estatura no SAF nas duas safras (Figura 5B) e menor diâmetro da haste em 2022/2023.



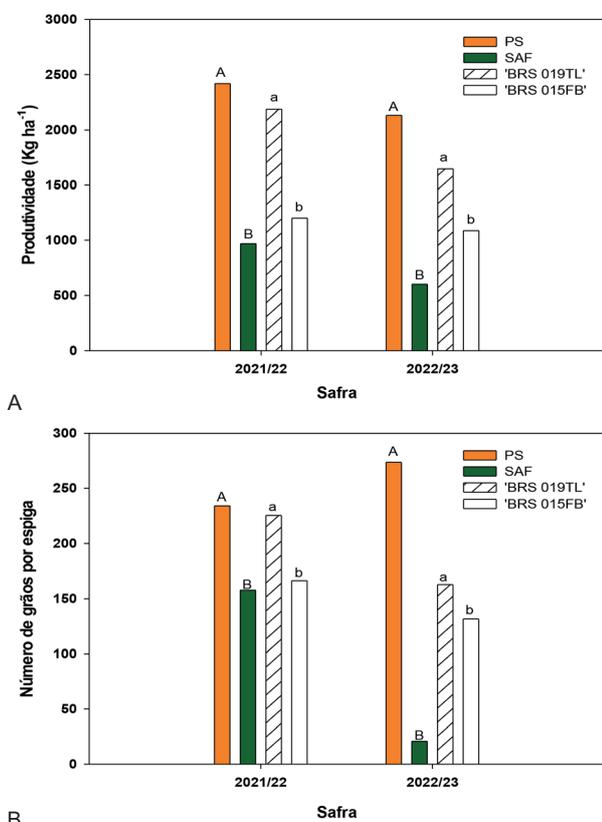
**Figura 5.** Estatura e diâmetro do colmo do milho (A) e da haste do feijão (B). Pelotas, RS, 2024.

O sombreamento propicia o estiolamento das plantas, resultando em caules delgados, folhas pequenas e ausência ou deficiência de clorofila (Taiz; Zeiger, 2013), diminuindo sua taxa fotossintética, e por consequência, seu crescimento e desenvolvimento. Além dos problemas fisiológicos proporcionados pelo estiolamento, com menor produção, elevadas estaturas podem dificultar a colheita, e menor diâmetro do colmo/haste pode favorecer o acamamento e quebramento. Na Figura 6, é possível verificar plantas de milho acamadas e com o colmo quebrado, por não aguentarem seu próprio peso.



**Figura 6.** Plantas de milho acamadas e quebradas no sistema agroflorestal, em experimento em Pelotas, RS.

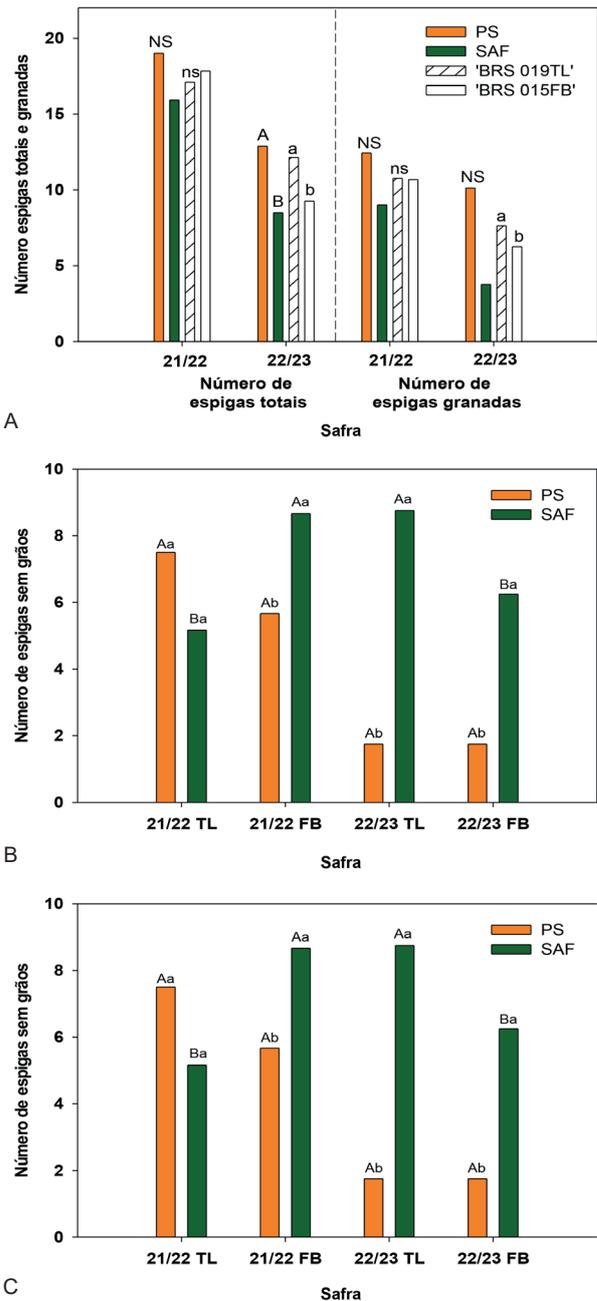
Analisando a produtividade e grãos por espiga do milho na comparação entre os ambientes é possível verificar, na Figura 7, que os valores no SAF foram bastante inferiores aos obtidos no PS. Nas duas safras e ambientes, a cultivar ‘BRS 019TL’ foi mais produtiva. Além disso, ‘BRS 015FB’ apresentou as maiores reduções de produtividade quando cultivada no SAF, em 2021/2202; essa redução foi de 68% em comparação a 55%, da ‘BRS 019TL’, e em 2022/2023 foi de 81% e 65%, respectivamente. Entretanto, deve-se destacar que o propósito desta cultivar é a produção de grãos, enquanto que em ‘BRS 015FB’ almeja-se a produção de farinha.



**Figura 7.** Produtividade (A) e grãos por espiga (B) do milho em experimento em Pelotas, RS.

Letras maiúsculas diferem para ambientes de cultivos e letras minúsculas diferem para cultivares de milho pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Em 2021/2022 o número de espigas totais e granadas (Figura 8A) não diferiu entre ambientes e cultivares. Entretanto, em 2022/2023, o número de espigas totais foi maior no PS e para ‘BRS 019 TL’. O número de espigas granadas não diferiu para ambiente, mas foi maior em ‘BRS 019TL’, por isso sua maior produtividade em comparação a ‘BRS 015FB’.



**Figura 8.** Número de espigas totais (NET) e número de espigas granadas (NEG) (A), número de espigas sem grãos (B) e número de espigas atacadas (C), nas safras 2021/2022 e 2022/2023 em Pelotas, RS.

(A) e (C) : Letras maiúsculas diferem para ambientes de cultivos e letras minúsculas diferem para cultivares de milho.

NS: não significativo pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

(B): As letras indicam interação significativa entre os fatores em cada safra de cultivo, maiúsculas para os ambientes de cultivo e minúsculas entre cultivares de milho pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Analisando-se o número de espigas sem grãos (Figura 8B), houve interação significativa entre os

fatores nas duas safras. Em 2021/2022, no PS não houve diferença entre cultivares, mas no SAF o milho 'BRS 015FB' apresentou maior número de espigas sem grãos no SAF em relação ao PS, enquanto que o milho 'BRS 019TL' não diferiu entre os ambientes. Espigas sem grãos podem ocorrer por má polinização devido a déficit hídrico, que causa baixa polinização e granação da espiga por desidratar o pólen (Magalhães; Durães, 2006), ou devido à dificuldade da circulação do vento e disseminação de pólen no interior do SAF, que funciona como um quebra-vento, já que a polinização do milho é anemófila. Na Figura 9, é possível observar espigas sem grãos ou com poucos grãos em comparação a uma espiga granada.



Foto: Valeria Pohlmann

**Figura 9.** Espigas com poucos grãos produzidas no sistema agroflorestal, em experimento em Pelotas, RS.

Outro fator que induziu espiga sem grão foi a ocorrência do carvão-do-milho (*Ustilago maydis*), que, apesar de sua aparência (Figura 10), é uma iguaria culinária com alto valor de aquisição por restaurantes, principalmente mexicanos, que utilizam as espigas infectadas, que ainda não produziram esporos, na gastronomia com o nome de *huitacoche* ou *cuitacoche*. Para a produção de grãos, esse fungo especializado é um problema, porque consome os carboidratos dos grãos para se reproduzir e apresenta longa vida no solo; portanto, se não for realizado manejo de controle, pode reduzir significativamente a produção de grãos de forma ampliada ao longo dos anos. De acordo com a Silva et al. (2016), devido ao Brasil estar cada vez mais sofrendo com altas temperaturas e falta de chuva

durante o cultivo do milho, o aumento da ocorrência da doença pode estar relacionado com o estresse hídrico, pois o déficit hídrico e altas doses de nitrogênio resultam em maior suscetibilidade à infecção (Fernandes; Oliveira, 1997). Além disso, as reduções na polinização também favorecem a infecção, e, nesse caso, a produção de pólen é reduzida sob altas temperaturas e baixa umidade do ar (Pataky; Snetselaar, 2006). Esse fungo foi observado no SAF na safra de 2022/2023, quando houve maior déficit hídrico e altas temperaturas em comparação à safra 2021/2022 (Figuras 3 e 4), o que pode caracterizar um alerta para a produção de milho em um sistema consolidado com 10 anos de crescimento em anos com estiagens severas.



Fotos: Valeria Pohlmann

**Figura 10.** Espigas com carvão-do-milho (*Ustilago maydis*) produzidas no sistema agroflorestal, em Pelotas, RS.

O número de espigas atacadas (Figura 8C) não diferiu para ambiente e cultivar em 2021/2022, não obstante, em 2022/2023 esses fatores apresentaram interação significativa. Na safra de 2022/2023 os danos foram maiores para as plantas cultivadas no SAF, sendo que 'BRS 019TL' apresentou maior número de espigas atacadas. O SAF pode configurar um ambiente protegido para os animais silvestres, o que pode favorecer o maior número de ataques nesse ambiente (Ribeiro; Rufino, 2018; Granetto et al., 2020; Cabral et al., 2021). Na Figura 11, é possível observar os danos nas espigas, os quais também ocorreram no ambiente a PS, porém significativamente em menor quantidade. Na safra 2022/2023, buscou-se proteger as espigas para evitar o ataque dos animais, entretanto, isso não foi suficiente.



Fotos: Valeria Pohlmann

**Figura 11.** Espigas atacadas por animais produzidas no sistema agroflorestal, em Pelotas, RS.

Além dos problemas relatados, na safra de 2022/2023 também foi observado expressivo número de plantas de milho sem espigas (Figura 12) nesse SAF com 10 anos de crescimento. Essas plantas emitiram as inflorescências masculinas e femininas, entretanto, não formaram espiga. Em outro estudo, os autores Dourado Neto et al. (2003) observaram problema parecido ocasionado pelo sombreamento entre plantas, nesse caso, 5% das plantas dos híbridos duplos não produziram espigas quando cultivadas sob alta densidade, enquanto os híbridos simples não apresentaram esse problema, em virtude de sua arquitetura foliar ereta, que favoreceu a interceptação de radiação solar, minimizando o sombreamento entre as folhas.



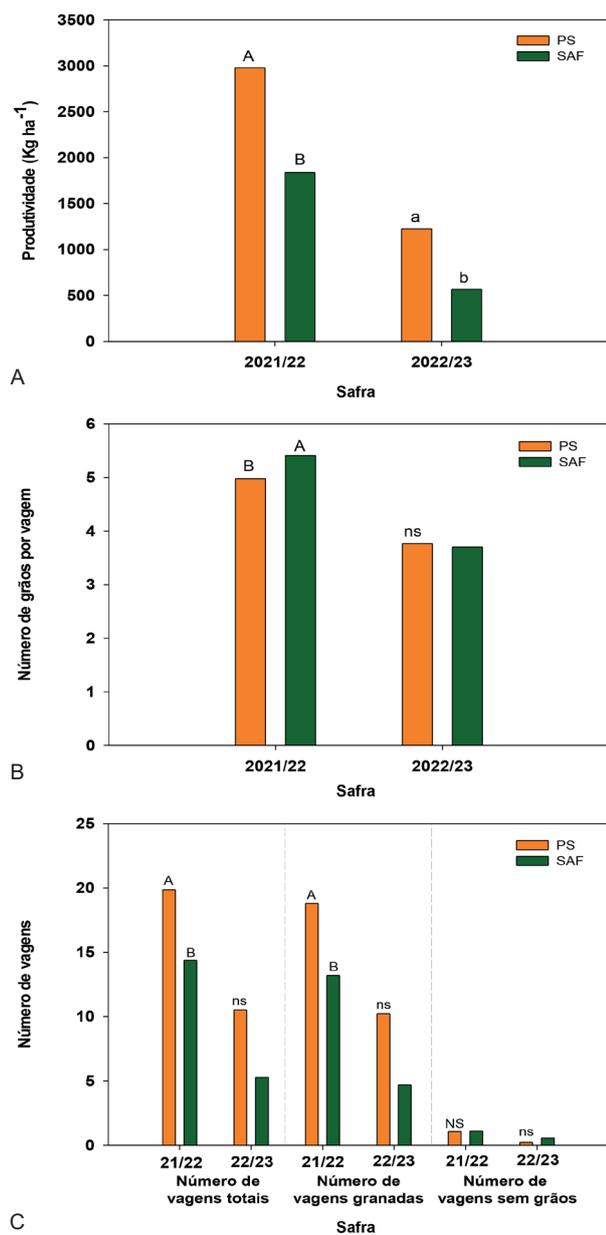
Fotos: Valeria Pohlmann

**Figura 12.** Plantas de milho sem espigas produzidas no sistema agroflorestal, em Pelotas, RS.

O feijão cultivado no ambiente SAF apresentou menor produtividade nas duas safras (Figura 13A) e esse resultado pode ser atribuído ao menor número

de vagens totais e granadas (Figura 13C) obtido nesse ambiente. Na safra de 2021/2022, as plantas de feijão no interior do SAF produziram maior número de grãos por vagem (Figura 13B), mesmo assim não foi suficiente compensar a redução de vagens em comparação ao ambiente PS. Em 2022/2023, não houve diferença entre os ambientes. As safras e ambientes também não diferiram para o número de vagens sem grãos (Figura 13C).

Nas Figuras 6 e 12, é possível observar que no SAF ocorreu a presença de plantas de milho acamadas e sem espigas, o que contribuiu para a menor produtividade nesse sistema, em comparação ao PS. Na safra 2021/2022, a média produtiva foi de 968,0 kg ha<sup>-1</sup> no SAF e de 2.418,5 kg ha<sup>-1</sup> no PS e em 2022/2023 de 601,3 kg ha<sup>-1</sup> no SAF e de 2.132,4 kg ha<sup>-1</sup> no PS (Figura 7). A redução média de radiação solar global de 48% encontrada neste SAF comprometeu a produção de grãos de milho e de feijão, assim como observado por Yang et al. (2021), para os quais uma redução de 30% diminuiu a produtividade do milho de 8,9 para 5,8 t ha<sup>-1</sup>. Assim como observado por esses autores, os dados deste trabalho indicam que a menor disponibilidade de radiação para o milho no SAF é limitante à produtividade dessa espécie. As produtividades do SAF ficaram abaixo da média para o estado do Rio Grande do Sul, de 3.520 kg ha<sup>-1</sup> em 2021/2022 e de 4.962 kg ha<sup>-1</sup> em 2022/2023 (Acompanhamento da Safra Brasileira [de] Grãos, 2023). Economicamente, a produção de milho nas linhas centrais da entrelinha das árvores nesse SAF consolidado não se demonstrou viável.



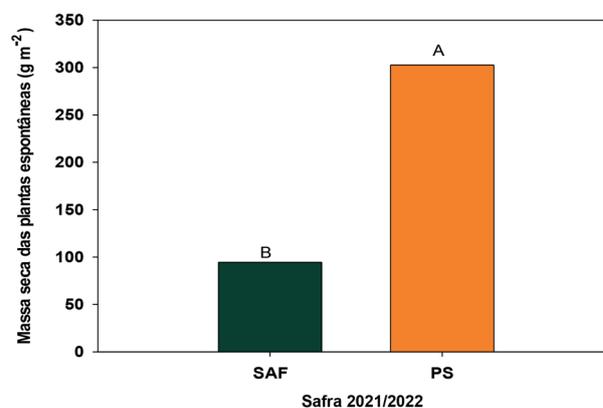
**Figura 13.** Produtividade (A), número de grãos por vagens (B) e número de vagens totais, número de vagens granadas e número de vagens sem grãos (C) do feijão produzido em sistema agroflorestal (SAF) e a pleno sol (PS) em 2021/2022 e 2022/23, em Pelotas, RS.

Letras maiúsculas diferem para ambientes de cultivos e letras minúsculas diferem para cultivares de milho, ns: não significativo pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

O feijão também apresentou redução na produtividade quando cultivado sob o sombreamento do SAF (Figura 13). Em 2021/2022, a média foi de 1.841,2 kg ha<sup>-1</sup> no SAF e de 2.978,6 kg ha<sup>-1</sup> no PS, e na safra 2022/2023 de 567,7 kg ha<sup>-1</sup> no SAF e de 1.224,6 kg ha<sup>-1</sup> no PS. Entretanto, diferentemente do que aconteceu com o milho, ao se comparar

a média produtiva com a do Rio Grande do Sul, o SAF produziu mais do que a média estadual em 2021/2022, que foi de 1.079,0 kg ha<sup>-1</sup> para feijão preto de primeira safra (Acompanhamento da Safra Brasileira [de] Grãos, 2023). Essa vantagem não se repetiu em 2022/2023, quando a média estadual foi de 958 kg ha<sup>-1</sup> (Acompanhamento da Safra Brasileira [de] Grãos, 2023), provavelmente em virtude do severo déficit hídrico relatado por Pohlmann et al. (2024). Não obstante, vale destacar a capacidade de um SAF com 10 anos de crescimento em produzir grãos de feijão orgânico nas linhas centrais da entrelinha das árvores, principalmente com a adição de um sistema de irrigação.

Outro fator fundamental de manejo no sistema orgânico é o controle de plantas espontâneas. Na Figura 14 consta o resultado obtido na safra 2021/2022 quanto à massa seca das plantas espontâneas. Entre os ambientes de cultivo, o SAF apresentou menor quantidade de plantas espontâneas, de 94,5 g m<sup>-2</sup> em comparação a 302,7 g m<sup>-2</sup> no PS. Esse resultado ocorre em virtude do sombreamento causado pelas árvores, que inibem o crescimento das plantas espontâneas. Esse resultado indica que o SAF demanda menor número de capinas, uma característica desejada, principalmente na agricultura familiar, em que a mão de obra se torna cada vez mais escassa.



**Figura 14.** Massa seca das plantas espontâneas em sistema agroflorestal (SAF) e cultivo a pleno sol (PS) na safra 2021/2022, em Pelotas, RS.

## Conclusões

Em cultivo de primavera-verão o sistema agroflorestal com 10 anos de idade reduz levemente a temperatura média do ar e reduz para quase a metade a oferta de radiação solar global aos cultivos, em comparação ao ambiente a pleno sol.

No sistema agroflorestal, as plantas de feijão e de milho apresentam maior estatura e menor diâmetro de haste/colmo.

A produção de milho não demonstra ser viável em um sistema agroflorestal com 10 anos de crescimento em um espaçamento de 5 m entre linhas de árvores, em comparação ao cultivo a pleno sol.

O feijão apresenta potencial de produção em um sistema agroflorestal com 10 anos de crescimento em safras sem prolongados períodos de déficit hídrico.

Se o objetivo do sistema agroflorestal for a produção de grãos na entrelinha, recomenda-se que na implantação do sistema seja adotado um espaçamento maior que 5 m entre as linhas das árvores, além de respeitar a orientação solar leste-oeste para permitir maior entrada de radiação solar, desde que a declividade do local permita.

## Referências

- CABRAL, J. P.; FARIA, D.; MORANTE-FILHO, J. C. Landscape composition is more important than local vegetation structure for understory birds in cocoa agroforestry systems. **Forest Ecology and Management**, v. 481, 2021.
- CASTILLO, M. S.; TIEZZI, F.; FRANZLUEBBERS, A. J. Tree species effects on understory forage productivity and microclimate in a silvopasture of the Southeastern USA. **Agriculture Ecosystems and Environment**, v. 295, p. 2020.
- ACOMPANHAMENTO DA SAFRA BRASILEIRA [DE] GRÃOS: **safra 2022/22**: sexto levantamento, v. 10, n. 6, p. 1-96, mar. 2023. Disponível em: [https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos/item/download/46652\\_f188a008ced-5b450560104a8593053f9](https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos/item/download/46652_f188a008ced-5b450560104a8593053f9). Acesso em: 4 jul. 2024.
- DOURADO NETO, D.; PALHARES, M.; VIEIRA, P. A.; MANFRON, P. A.; MEDEIROS, S. L. P.; ROMANO, M. R. Efeito da população de plantas e do espaçamento sobre a produtividade de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 2, n. 3, p. 63-77, 2003.
- ELLI, E. F.; CARON, B. O.; ELOY, E.; SCHWERZ, F. Productive, morphological and qualitative characteristics of sugarcane in the understory tree species in agroforestry systems. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, p. 1576-1584, 2016.
- FAOSTAT. **Crops and livestock products**. 2022. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>. Acesso em: 4 jul. 2024.
- FERNANDES, F. T.; OLIVEIRA, E. de. **Principais doenças na cultura do milho**. Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS, 1997. 80 p. (EMBRAPA-CNPMS. Circular técnica, 26). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/37540/1/circ-26-1.pdf>. Acesso em: 12 nov. 2024.
- FERNANDEZ, F. C.; GEPTS, P.; LOPEZ, G. **Etapas de desarrollo de la planta de frijol común**. Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical, Colombia. 1986.
- FERREIRA, E. B.; CAVALCANTI, P. P.; NOGUEIRA, D. A. 2021. **\_ExpDes.pt**: Pacote pacote Experimental experimental Designsdesigns. R package version 1.2.2. 2021. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=ExpDes.pt>. Acesso em: 21 junho jun. 2023.
- GRANETTO, N. F.; NUNES, P. O. C.; SANTOS, L. S.; PREVIERO, C. A.; NUNES, E. A. A importância da avifauna no controle de pragas em cultivos agroecológicos. **Cadernos de Agroecologia**, v. 15, n. 2, 2020.
- HABTE, A.; KASSA, M.; SISAY, A. Maize (*Zea mays* L.) - common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) intercropping response to population density of component crop in wolaita zone Southern Ethiopia. **Journal of Natural Sciences Research**, v. 6, p. 69-74, 2016.
- KANZLER, M.; BÖHM, C.; MIRCK, J.; SCHMITT, D.; VESTE, M. Microclimate effects on evaporation and winter wheat (*Triticum aestivum* L.) yield within a temperate. **Agroforestry System**, v. 93, p. 1821-1841, 2019.
- LIU, X.; RAHMAN, T.; SONG, C.; SU, B.; YANG, F.; YONG, T.; WU, Y.; ZHANG, C.; YANG, W. Changes in light environment, morphology, growth and yield of soybean in maize-soybean intercropping systems. **Field Crops Research**, v. 200, p. 38-46, 2017.
- MAGALHAES, P. C.; DURAES, F. O. M. **Fisiologia da produção de milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2006. 10 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular técnica, 76). Disponível em: [https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPMS/19620/1/Circ\\_76.pdf](https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPMS/19620/1/Circ_76.pdf). Acesso em: 12 nov. 2024.
- MANUAL de calagem e adubação para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. 11. ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Núcleo Regional Sul, Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/SC, 2016. 376 p.
- MERLE, I.; VILLARREYNA-ACUÑA, R.; RIBEYRE, F.; ROUPSARD, O.; CILAS, C.; AVELINO, J. Microclimate estimation under different coffee-based agroforestry systems using full-sun weather data and shade tree characteristics. **European Journal of Agronomy**, v. 132, 126396, 2022.

- NASSARY, E. K.; BAIJUKYA, F.; NDAKIDEMI, P. A. Productivity of intercropping with maize and common bean over five cropping seasons on smallholder farms of Tanzania. **European Journal of Agronomy**, v. 113, p. 125964, 2020.
- NDOLI, A.; BAUDRON, F.; SCHUT, A. G. T.; MUKURALINDA, A.; GILLER, K. E. Disentangling the positive and negative effects of trees on maize performance in smallholdings of Northern Rwanda. **Field Crops Research**, v. 213, p. 1-11, 2017.
- NEVES, Y. P.; MARTINEZ, H. E. P.; SOUZA, C. M.; CECON, P. R. Teor de água e fertilidade do solo com cafeeiros cultivados em sistemas agroflorestais. **Revista Árvore**, v. 31, n. 4, p. 575-588, 2007.
- PALUDO, R.; COSTABEBER, J.A. Sistemas agroflorestais como estratégia de desenvolvimento rural em diferentes biomas brasileiros. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 7, n. 2, p. 63-76, 2012.
- PATAKY, J. K.; SNETSELAAR, K. M. Common smut of corn. **The Plant Health Instruction**, v. 6, 2006. Doi: 10.1094/PHI-I-2006-0927-01.
- PÉRES-MARIN, A. M.; MENEZES, S. C.; SALCEDO, I. H. Produtividade de milho solteiro ou em aléias de gliricídia adubado com duas fontes orgânicas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, p. 669-677, 2007.
- PEZZOPANE, J. R. M.; BERNARDI, A. C. C.; BOSI, C.; OLIVEIRA, P.; MARCONATO, M. H.; PEDROSO, A.; ESTEVES, S. N. Forage productivity and nutritive value during pasture renovation in integrated systems. **Agroforest Systems**, v. 93, n. 2, 2019.
- POHLMANN, V.; SCHÖFFEL, E. R.; EICHOLZ, E. D.; GUARINO, E. S. G.; SCHEER, G. R.; FRANZ, E. V.; MOLINA, A. R. Corn and bean growth and production in agroforestry systems. **Agroforestry Systems**, v. 98, p. 1-17, 2024.
- R CORE TEAM. **R**: uma linguagem e ambiente para computação estatística. Viena, FR: R Foundation for Statistical Computing, 2020.
- RIBEIRO, S. R. P.; RUFINO, M. S. M. O café agroecológico produzido na região serrana de Baturité, Ceará. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.13, n 4, p. 521-530, 2018.
- RITCHIE, S. W.; HANWAY, J. J.; BENSON, G. O. **How a corn plant develops**. IowaAmes: Iowa State University of Science and TechnologySpecial Bulletin, 1993. (Special Report, 48).
- SCHMIDT, D.; CARON, B. O.; PILAU, J.; NARDINO, M.; ELLI, E. F. Morfoanatomia foliar de azevém no sub-bosque de espécies arbóreas em sistemas agroflorestais. **Revista Ceres**, v. 64, p. 368-375, 2017.
- SILVA, D. D. da; COTA, L. V.; COSTA, R. V. da; GUIMARÃES, E. A. Carvão-comum-do milho no Brasil: conheça esta doença. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2016. 6 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 222). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/158285/1/circ-222.pdf>. Acesso em: 12 nov. 2024.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Artmed: Porto Alegre, 2013.
- TORRES, C. M. M. E.; JACOVINE, L. A. G.; NETO, S. N. O.; BRIANEZI, D.; ALVES, E. B. B. M. Sistemas agroflorestais no Brasil: uma abordagem sobre a estocagem de carbono. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 34, n. 79, p. 235-244, 2014.
- TSUFAC, A. R.; AWAZI, N. P.; YERIMA, B. P. K. Characterization of agroforestry systems and their effectiveness in soil fertility enhancement in the south-west region of Cameroon. **Current Research in Environmental Sustainability**, v. 3, p. 100024, 2021.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS. Estação Agroclimatológica de Pelotas. **Normais climatológicas mensais do período 1971-2000**. Pelotas, 2024. Disponível em: <http://wp.ufpel.edu.br/agrometeorologia/informacoes/clima-de-pelotas>. Acesso em: 12 jul. 2024.
- WORLD AGROFORESTRY CENTRE. **What is Agroforestryagroforestry?** Disponível em: <https://www.worldagroforestry.org/about/agroforestry>. Acesso em: 12 maio 2021.
- YADAV, G. S.; KANDPAL, B. K.; DAS, A.; MOHAPATRA, S. B. K. P.; DEVI, A. G. DEVI, H. L.; CHANDRA, P.; BARMAN, R. S. K. K. Impact of 28 year old agroforestry systems on soil carbon dynamics in Eastern Himalayas. **Journal of Environmental Management**, v. 283, p.111978, 2021.
- YANG, T.; MA, C.; LU, W.; WAN, S.; LI, L.; ZHANG, W. Microclimate, crop quality, productivity, and revenue in two types of agroforestry systems in drylands of Xinjiang, northwest China. **European Journal of Agronomy**, v. 124, p. 126245, 2021.
- ZALAC, H.; HERMAN, G.; ERGOVIC, L.; JOVIC, J.; ZEBEC, V.; BUBALO, A.; IVEZIC, V. Ecological and agronomic benefits of intercropping maize in a walnut orchard: a case study. **Agronomy**, v. 13, n. 1, 2023.



*Ministério da  
Agricultura e  
Pecuária*