

## Desempenho produtivo de cereais de inverno em sistema integrado com noqueira-pecã

Productive performance of winter cereals in an integrated system with pecan nuts

Comportamiento productivo de cereales de invierno en un sistema integrado con nogales

Recebido: 11/05/2024 | Revisado: 20/05/2024 | Aceitado: 21/05/2024 | Publicado: 24/05/2024

### Mateus da Silveira Pasa

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0481-0206>  
Universidade Federal de Pelotas, Brasil  
E-mail: mateus.pasa@gmail.com

### Felipe Selau Carlos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3068-0399>  
Universidade Federal de Pelotas, Brasil  
E-mail: filipeselauCarlos@hotmail.com

### Ezequiel Helbig Pasa

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4205-3779>  
Universidade Federal de Pelotas, Brasil  
E-mail: ezequielPasa@gmail.com

### Carem Rosane Coutinho Saraiva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0810-2402>  
Universidade Federal de Pelotas, Brasil  
E-mail: caremsaraiva@hotmail.com

### Thierley Vitoria Abreu

ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-8642-7227>  
Universidade Federal de Pelotas, Brasil  
E-mail: vitoriathierley@gmail.com

### Thomas Kanomata

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2407-750X>  
Universidade Federal de Pelotas, Brasil  
E-mail: shodi.thomas.tk@gmail.com

### Horacy Fagundes da Rosa Júnior

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4580-3347>  
Universidade Federal de Pelotas, Brasil  
E-mail: horacyf@gmail.com

### Resumo

Os sistemas integrados de produção, como os agroflorestais, são importantes alternativas para otimizar o uso da terra, diversificar a produção e melhorar a rentabilidade das propriedades agrícolas, mas o seu sucesso depende de estudos para identificar as interações entre espécies mais adequadas. Este trabalho teve como objetivo, verificar o desempenho de cereais de inverno (trigo e centeio) para a produção de grãos em sistema de integração agroflorestal com noqueira-pecã (*Carya illinoensis*). O experimento foi conduzido no município de Encruzilhada do Sul – RS, nos anos de 2022 e 2023. Foram utilizados as cultivares Tbio Trunfo (trigo) e BRS Serrano (centeio). O delineamento experimental utilizado foi de casualização por blocos, com 6 repetições. Foram avaliados parâmetros de crescimento da noqueira-pecã (diâmetro de tronco e altura) e de produtividade do trigo e centeio. A partir do que foi explorado, observou-se que as culturas de inverno comparadas com a testemunha proporcionaram um incremento significativo na área da seção transversal do tronco das noqueiras. Além disso, a cultura do trigo obteve maior produtividade do que a do centeio, nas condições avaliadas. Os resultados mostram que a produção de cereais de inverno em integração com a noqueira-pecã é possível e pode se tornar uma importante alternativa para diversificação das matrizes produtivas, ainda que estudos futuros sejam necessários para determinar as melhores cultivares e manejos para maximização dos resultados obtidos.

**Palavras-chave:** Sistema agroflorestal; Diversificação; Produtividade; Espécies perenes; Cultivos agrícolas.

### Abstract

Integrated production systems, such as agroforestry, are important alternatives for optimizing land use, diversifying production, and improving the profitability of growers, but their success depends on studies to identify the most suitable species interactions. This work aimed to verify the performance of winter cereals (wheat and rye) for grain production in an agroforestry integration system with pecan trees (*Carya illinoensis*). The experiment was conducted in the municipality of Encruzilhada do Sul – RS, in the years 2022 and 2023. The cultivars Tbio Trunfo

(wheat) and BRS Serrano (rye) were used. The experimental design used was randomized blocks, with 6 replications. Pecan tree growth parameters (trunk diameter and height) and wheat and rye productivity were evaluated. From what was explored, it was observed that winter crops compared to the control provided a significant increase in the trunk-cross-sectional area of the pecan trees. Furthermore, the wheat crop had higher productivity than the rye crop, under the conditions evaluated. The results show that the production of winter cereals in integration with pecan trees is possible and can become an important alternative for diversifying production matrices, although future studies are necessary to determine the best cultivars and management to maximize the results obtained.

**Keywords:** Agroforestry system; Diversification; Yield; Perennial species; Agricultural crops.

### Resumen

Los sistemas de producción integrados, como la agroforestería, son alternativas importantes para optimizar el uso de la tierra, diversificar la producción y mejorar la rentabilidad de las propiedades agrícolas, pero su éxito depende de estudios para identificar las interacciones entre especies más adecuadas. Este trabajo tuvo como objetivo verificar el desempeño de cereales de invierno (trigo y centeno) para la producción de granos en un sistema de integración agroforestal con árboles de nuez pecanera (*Carya illinoensis*). El experimento se realizó en el municipio de Encruzilhada do Sul – RS, en los años 2022 y 2023. Se utilizaron los cultivares Tbio Trunfo (trigo) y BRS Serrano (centeno). El diseño experimental utilizado fue de bloques al azar, con 6 repeticiones. Se evaluaron los parámetros de crecimiento del árbol de nuez (diámetro y altura del tronco) y la productividad del trigo y el centeno. De lo explorado se observó que los cultivos de invierno en comparación con el control proporcionaron un aumento significativo en el área de la sección transversal del tronco del nogal. Además, el cultivo de trigo tuvo mayor productividad que el cultivo de centeno, en las condiciones evaluadas. Los resultados muestran que la producción de cereales de invierno en integración con nogales es posible y puede convertirse en una alternativa importante para diversificar matrices productivas, aunque son necesarios futuros estudios para determinar los mejores cultivares y manejos para maximizar los resultados obtenidos.

**Palabras clave:** Sistema agroforestal, Diversificación; Productividad; Especies perennes; Cultivos agrícolas.

## 1. Introdução

O cultivo de nogueira-pecã apresenta um grande potencial de expansão, sendo um mercado promissor, devido ao crescimento do consumo de nozes, estimulado pelos benefícios à saúde, aliado ao alto valor comercial (Boscardin & Costa, 2018). Porém, o longo período entre o plantio e o início da colheita ainda é um dos grandes entraves para a expansão da pecanicultura, ou seja, há um grande tempo de espera entre o investimento e o retorno econômico. Sendo assim, de maneira a gerar renda nos primeiros anos de estabelecimento, o cultivo de espécies anuais para a produção de grãos nas entrelinhas pode ser uma alternativa, além de ser uma fonte de agregação e diversificação de renda em pomares já em produção.

Contudo, as informações sobre esses sistemas são escassas no Rio Grande do Sul, sendo necessários trabalhos de pesquisa visando verificar o desempenho das culturas anuais nesses sistemas, bem como das plantas de pecã em desenvolvimento, uma vez que as plantas irão competir por recursos, principalmente nas áreas próximas às linhas de plantio. Em sistemas agroflorestais tem sido observada redução dos efeitos de condições climáticas extremas, através da redução das flutuações de temperatura do ar e do solo, variações umidade e pela redução na velocidade do vento próximo à superfície do solo (Böhm et al., 2014). As alterações microclimáticas em sistemas agroflorestais também reduzem a evapotranspiração das plantas (Siriri et al., 2013), e podem aumentar a infiltração e o armazenamento de água no solo (Anderson et al., 2009).

No entanto, a competição por umidade do solo próximo a linha da espécie arbórea pode limitar a disponibilidade de água para o cultivo anual (Link et al., 2015) e, potencialmente, a produtividade e a qualidade das dos grãos produzidos. Além disso, o sombreamento ocasionado pela espécie arbórea pode alterar o crescimento e desenvolvimento do cultivo consorciado. Em estudo recente com produção de trigo (*Triticum aestivum*) de duplo-propósito em sistema agroflorestal, Caron et al. (2019) observaram que as plantas de trigo próximas à linha de plantio da espécie florestal apresentaram maior filocrono e menor índice de área foliar e produtividade do que sistema de monocultivo, principalmente devido à redução na radiação solar incidente. Essa redução na incidência radiação solar e na área foliar provavelmente reduziu a fotossíntese e, conseqüentemente, o acúmulo de matéria seca nos grãos produzidos, bem como os componentes de produtividade do trigo. De acordo com

Burgess et al. (2022), o aumento do sombreamento causado pelas espécies arbóreas em sistemas agroflorestais provavelmente seja a maior causa de perdas de produtividade nas culturas consorciadas.

São inúmeras as espécies anuais que podem ser alternativas para consorciar com as plantas arbóreas. Dentre as anuais de inverno para utilização em um sistema integrado com foco na produção de grãos, destaca-se o trigo, pelo fato de ser a espécie anual de inverno de maior importância no Brasil. Porém, outras espécies como centeio (*Secale cereale*) também apresentam potencial.

O objetivo desse trabalho foi de verificar o desempenho produtivo de cereais de inverno com a utilização em sistema integrado com noqueira-pecã.

## 2. Metodologia

O estudo é caracterizado como uma pesquisa experimental, de acordo com Köche (2011). O experimento foi conduzido em condições de campo no município de Encruzilhada do Sul – RS no ano de 2022, na empresa Pecanera Brasil a qual se situa nas coordenadas geográficas (30°37'54.93" S; 52°41' 9.18" O). O clima da região, segundo a classificação de Köppen é do tipo Cfb, isto é, temperado úmido, caracterizado por temperaturas médias mensais entre 10°C e 22° (Alvarez et al., 2013).

O delineamento experimental utilizado foi de casualização por blocos, com 6 repetições. Foram testados três tratamentos, a saber: I-Testemunha; II-trigo; III-centeio, totalizando um total de 18 unidades experimentais. Na testemunha não foi utilizado nenhum tipo de cobertura vegetal cultivada, apenas a vegetação nativa, com manejo de roçada conforme a necessidade. Cada parcela ocupou cinco metros em cada sentido em torno de uma planta de noqueira-pecã, ocupando uma área de 100 m<sup>2</sup>, onde foram semeadas as espécies de cada tratamento.

As noqueiras-pecã utilizadas no experimento foram selecionadas por tamanho de copa, desenvolvimento de copa e estado fitossanitário, de maneira a proporcionarem condições semelhantes para todos os tratamentos. A cultivar escolhida foi a Barton, a qual foi implantada em 2018. Nessas plantas foram mensurados inicialmente o perímetro de tronco e altura. O perímetro do tronco foi mensurado 20cm acima do ponto de enxertia. As avaliações foram realizadas em abril de 2022 e março de 2023, antes e após a primeira safra dos cereais de inverno e mais próximo do final do ciclo da noqueira-pecã. As avaliações foram realizadas com auxílio de uma fita graduada e o perímetro de tronco foi expresso como área da seção transversal do tronco, a qual foi calculada através da seguinte equação:  $ASTT = \pi \cdot r^2$ , em que  $\pi = 3,1416$  e  $r$  (raio) =  $d/2$ . Foram coletadas amostras de solo (0-20 cm) de cada parcela para realização das análises químicas iniciais, as quais são apresentadas na Tabela 1.

**Tabela 1.** Características químicas das parcelas (0-20 cm) experimentais por tratamento, previamente à implantação do experimento.

Tratamento	cmolc dm <sup>-3</sup>					CTC efetiva	Saturação (%)		Índice SMP	m/v		Classe de Argila	mg dm <sup>-3</sup>		cmolc dm <sup>-3</sup>	
	pH água 1:1	Ca	Mg	Al	H + Al		Al	Bases		MO (%)	Argila (%)		P - Mehlich	K	CTC ph7	K
Testemunha	5.33*	3.4	2.5	0.2	5.8	6.6	4.4	50.3	5.8	2.2	29.7	3.0	24.0	106.3	12.2	0.3
Trigo	5.0	3.4	1.2	0.6	7.5	5.7	10.1	40.7	5.5	2.0	33.3	3.0	46.4	100.7	12.6	0.3
Centeio	5.3	3.0	1.4	0.3	7.0	5.2	6.6	43.3	5.7	2.3	30.3	3.0	24.4	114.0	11.9	0.3

\*Valores representam a média de 6 repetições. Fonte: Autores.

O manejo nutricional foi realizado conforme as recomendações do Manual de Adubação e Calagem do Estado do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (CQFS, 2016), onde se constatou que os teores de fósforo (P) e potássio (K) estavam altos e

muito altos, respectivamente e, sendo assim, não foi necessário realizar a adubação de base na semeadura das culturas de inverno. Já os níveis de matéria orgânica foram interpretados como baixos, portanto, foi recomendada adubação nitrogenada para as culturas do trigo e do centeio. O manejo da adubação de cobertura com nitrogênio (N), foi de 60 kg de N ha<sup>-1</sup> no trigo, para uma expectativa de rendimento de 3 ton ha<sup>-1</sup> e de 70 kg de N ha<sup>-1</sup> no centeio, para expectativa de rendimento de 3 ton ha<sup>-1</sup>; a fonte de nitrogênio utilizada foi a ureia com 45% de N. Visando mitigar as perdas de N para o ambiente as doses foram parceladas em dois momentos: 2/3 quando as plantas apresentavam de 2 a 3 perfilhos (Z 22-23) e 1/3 no início da elongação do colmo ou primeiro nó visível (GS 31), conforme a escala de Zadoks et al., 1974. Os demais tratos culturais foram executados conforme recomendações técnicas para a cultura no estado do RS (Cunha & Caierão, 2022).

Previamente à semeadura das culturas de inverno a área foi submetida a duas gradagens, ajustada para mobilizar superficialmente o solo e posteriormente foi realizada no dia 20/07/2022 a semeadura das culturas de inverno, a qual foi de acordo com as recomendações do Zoneamento Agrícola de Risco Climático para a cultura do Trigo no estado do RS (Portaria SPA/MAPA N°609, 16 de dezembro de 2021). A semeadura das culturas de inverno foi realizada manualmente a lanço, e posteriormente foi realizada a cobertura com uma passada de grade de discos fechada, gerando revolvimento mínimo do solo. As cultivares dos cultivos de inverno anuais foram a TBio Trunfo (trigo; ciclo precoce) e BRS Serrano (centeio; ciclo médio), sendo a quantidade de sementes ajustada para uma população final de 300 plantas por m<sup>2</sup>, o que foi equivalente a 150 kg e 100 kg de sementes para o trigo e centeio, respectivamente. As sementes foram distribuídas em uma área de 100 m<sup>2</sup>, (área destinada a cada parcela) ao redor de cada planta selecionada, ou seja, a planta ficou ao centro e se mediu 5 metros de distância dela na direção de cada quadrante (Figura 1).

**Figura 1** - Centeio e trigo na fase inicial do estabelecimento (Z 12).



Fonte: Mateus Pasa.

A colheita para determinação do rendimento foi realizada no dia 08/12/2022, quando a umidade dos grãos era de aproximadamente 14%. Foram colhidas duas porções de 2 m<sup>2</sup> de cada parcela, uma a cada lado da linha do plantio da noqueira. O material colhido foi acondicionado em sacos de rafia e, posteriormente, debulhadas em uma trilhadora de parcelas. As amostras foram submetidas a uma limpeza manual para separação das impurezas remanescentes da trilha e sua umidade foi aferida pelo método de estufa. O rendimento por hectare foi calculado com base na massa de grãos de cada parcela aferida em balança digital e corrigida seu grau de umidade a 13%, realizado de acordo com a seguinte equação:  $MGC = [(100 - UI) \times MGI] / 100 - UC$ , onde: MGC - Massa de grãos corrigida; MGI – Massa de grãos inicial; UI – Umidade inicial; UC – Umidade corrigida. No momento da colheita também foram coletadas cinco plantas representativas por parcela para determinação dos componentes de rendimento, número de perfilhos férteis, número de espigas por plantas, número de grãos por espiga,

espiguetas por espiga e grãos por espiga.

Os dados foram submetidos a análise de variância pelo teste F e, quando significativo, foi realizada comparação de médias, utilizando o programa R (R Core Team, 2013).

### 3. Resultados e Discussão

Na Tabela 2 é representado a área de seção transversal do tronco (ASTT), o incremento da ASTT e a altura de planta de nogueira-pecã pós cultivos inverno. No início do experimento, a ASTT das nogueiras-pecã eram similares e, de maneira semelhante, na avaliação após o cultivo com cereais de inverno a ASTT manteve-se estatisticamente igual. Porém, quando se avaliou o incremento na ASTT, foi possível observar que houve um maior incremento nos tratamentos em que havia cultivo de trigo e centeio em relação à testemunha (Tabela 2).

**Tabela 2** - Área da seção transversal do tronco (ASTT), incremento da ASTT e altura de plantas de nogueira pecã em sistema integrado com cereais de inverno.

Tratamento	ASTT (cm <sup>2</sup> )		Incremento ASTT (cm <sup>2</sup> )	Altura de planta (cm)
	11/04/2022	16/03/2023		
Testemunha	22.2	28.2	6.0 b*	317.4
Centeio	25.0	38.2	13.2 a	349.2
Trigo	26.8	38.0	11.2 a	329.2
p	0.614	0.133	0.007	0.434

\*Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem estatisticamente pelo teste de Duncan ( $p < 0.05$ ). Fonte: Autores.

O maior desenvolvimento das plantas nas áreas com os cereais de inverno possivelmente seja uma resposta a uma melhor estrutura física e química do solo, proporcionada por esses cultivos já no primeiro ano de implantação, favorecendo o desenvolvimento da nogueira-pecã, semelhante ao que foi observado por Wang et al. (2022).

A cultura do trigo apresentou uma maior produtividade que a do centeio (Tabela 3), fato de certa forma esperado pois o trigo quando em condições adequadas de cultivo apresenta um maior potencial produtivo que o centeio. Ademais, essa espécie foi submetida a um processo de melhoramento genético mais intenso visando a obtenção de altas produtividades, em relação ao centeio, uma vez que historicamente é um cultivo de maior interesse econômico. Mesmo sendo maior que a do centeio, a produtividade do trigo foi menor que a média para o estado do Rio Grande do Sul nos últimos 10 anos (2.624,5 kg ha<sup>-1</sup>) (CONAB, 2023).

**Tabela 3** - Produtividade de trigo e centeio em área de nogueira pecã. Abril, 2024.

Tratamento	Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )	Produtividade (scs ha <sup>-1</sup> )
Trigo	1940.1*	32.3*
Centeio	899.5	15.0
valor p	<0.001	<0.001

\*Valores estatisticamente diferentes de acordo com a análise de variância e teste de médias ( $p < 0.05$ ). Fonte: Autores.

Zhang et al. (2015) trabalhando com o cultivo consorciado de noqueira e trigo no noroeste da china em dois anos, para avaliar as interações competitivas de raízes entre as duas espécies destacou que a competição por recursos do solo foi o principal fator limitante para a produtividade da cultura do trigo. Em seus trabalhos, Bisht et al., (2017) trabalhando com a cultura do trigo em duas condições de cultivo em sistema agroflorestal com álamo (*Populus deltoides*) e em condição sem árvores, identificou que quando as plantas de trigo estavam consorciadas obtiveram a menor produtividade. O autor ressalta que a redução significativa no rendimento foi pelo sombreamento e à competição subterrânea por recursos. De acordo com o trabalho de Caron et al., (2019), com sete sistemas de cultivos consorciados com trigo de duplo propósito e uma testemunha, descreve que o sistema de cultivo ideal é aquele que plantas caducifólias estão associadas à cultivos agrícolas, evitando o sombreamento excessivo para os cultivos crescidos no sub-bosque, permitindo assim uma transmissão mais ideal da radiação solar incidente. Essa situação é a que foi observada no presente estudo, em que a noqueira-pecã, sendo caducifólia, provavelmente tenha tido pouca influência na redução de produtividade do trigo, uma vez que suas folhas caem no inverno e não há sombreamento da cultura do trigo.

Os componentes de rendimento número de grãos por espiga, número de espiguetas por espiga foram superiores no centeio em relação ao trigo, ao passo que o número de grãos por espiguetas e o peso de mil grãos foram maiores no trigo, sendo que os demais componentes de rendimento não diferenciaram entre os cultivos de inverno (Tabela 4).

**Tabela 4** - Componentes de rendimento de trigo e centeio cultivados em integração com noqueira-pecã.

	Nº perfilhos férteis	Nº espigas por planta	Nº sementes por espiga	Nº espiguetas por espiga	Nº sementes por espiguetas	Peso de mil grãos (g)
Trigo	3.7	3.5	26*	11.3*	2.3*	29.9*
Centeio	3.8	3.3	31.6	23.2	1.4	20.4
valor p	0.137	0.543	0.01	<0.001	<0.001	0.048

\*Valores estatisticamente diferentes de acordo com a análise de variância e teste de médias ( $p < 0.05$ ). Fonte: Autores.

A espiga do centeio é naturalmente maior que a do trigo, fato que explica o maior número de grãos e espiguetas por espiga. Porém, o número de grãos por espiguetas no trigo e peso de mil grãos é superior ao centeio, e esse fato explica a maior produtividade do trigo. Zaja,c et al. (2014) também observou maior produtividade de trigo em relação ao centeio e esse resultado foi associado a um maior peso de mil grãos, pois o número de grãos por espiga também foi maior no centeio em relação ao trigo. Porém, em condições de estresse hídrico, por exemplo, o centeio apresenta um maior potencial que o trigo (Schittenhelm et al., 2014) sendo uma opção potencial se houve alguma condição de ambiente restritiva ao crescimento normal das plantas.

#### 4. Conclusão

As culturas de inverno comparadas com a testemunha proporcionam um incremento significativo na área da seção transversal do tronco das noqueiras-pecã. Dentre os cereais de inverno testados, o trigo apresenta a maior produtividade de grãos no sistema agroflorestal com noqueira-pecã. Os resultados mostram que a produção de cereais de inverno em integração com a noqueira-pecã é possível e pode se tornar uma importante alternativa para diversificação das matrizes produtivas, ainda que estudos futuros sejam necessários para determinar as melhores cultivares e manejos para maximização dos resultados obtidos.

## Agradecimentos

À Fundação Agrisus pelo auxílio financeiro (PA3125/21) e empresa Pecanera Brasil por disponibilizar a área e auxílio operacional para realização do experimento.

## Referências

- Alvarez, C. A., Stape, J. L., Sentelhas, P. C., Gonçalves, J. L. M., & Sparovek, G. (2013) Koppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, 22, 711–728. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>
- Anderson, S. H., Udawatta, R. P., Seobi, T., & Garrett, H. E. (2009). Soil water content and infiltration in agroforestry buffer strips. *Agroforestry Systems*, 75: 5–16. <https://doi.org/10.1007/s10457-008-9128-3>
- Baier, A.C. (1994). Centeio. Passo Fundo: *Embrapa-CNPT*. 29p.
- Bisht, N., Sah, V. K., Satyawali, K., & Tiwari, S. (2017). Comparison of wheat yield and soil properties under open and poplar based agroforestry system. *Journal of Applied and Natural Science*, 9:1540-1543.
- Böhm, C., Kanzler, M., & Freese, D. (2014). Wind speed reductions as influenced by woody hedgerows grown for biomass in short rotation alley cropping systems in Germany. *Agroforestry Systems*, 88:579–591. <https://doi.org/10.1007/s10457-014-9700-y>
- Boscardin, J. & Costa, E. C. (2018). A nogueira-pecã no Brasil: Uma revisão entomológica. *Ciência Florestal*, 28(1):456-468. <https://doi.org/10.5902/1980509831629>
- Burgess, A. J., Cano, M. E. C., & Parkes, B. (2022). The deployment of intercropping and agroforestry as adaptation to climate change. *Crop and Environment*, 1:145-160. <https://doi.org/10.1016/j.crope.2022.05.001>
- Caron, B. O., Pinheiro, M. V. M., Korcelski, C., Schwerz, F., Elli, E. F., Sgarbossa, J., & Tibolla, L. B. (2019). Agroforestry systems and understory harvest management: the impact on growth and productivity of dual-purpose wheat. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 91:e20180667. <https://doi.org/10.1590/0001-3765201920180667>
- CQFS - de Comissão Química e Fertilidade do Solo (2016) *Manual de Calagem e Adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina*. Porto Alegre, SBCS. 376p.
- CONAB. Série histórica de safras > Trigo. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras/itemlist/category/913-trigo>. Acesso em: 19 de Fev. 2024.
- Cunha, G. R. & Caierão, E., (Ed). (2022). *Informações técnicas para trigo e triticale, Safra 2023. 15a Reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale*.
- Köche, J.C. (2011). *Fundamentos de Metodologia Científica*. Vozes.
- Link, C., Thevathasan, N., Gordon, A., & Isaac, M. E. (2015). Determining tree water acquisition zones with stable isotopes in a temperate tree-based intercropping system. *Agroforestry Systems*, 89:611–620. <https://doi.org/10.1007/s10457-015-9795-9>
- MAPA. Portaria SPA/MAPA Nº 609, de 16 de dezembro de 2021: Aprova o Zoneamento Agrícola de Risco Climático para a cultura de trigo de sequeiro no Estado do Rio Grande do Sul, ano-safra 2021/2022. 2022.
- R Core Team (2021). R: *A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em: <http://www.R-project.org/>.
- Siriri, D., Wilson, J., Coe, R., Tenywa, M. M., Bekunda, M. A., Ong, C. K., & Black, C. R. (2013). Trees improve water storage and reduce soil evaporation in agroforestry systems on bench terraces in SW Uganda. *Agroforestry Systems*, 87:45–58. <https://doi.org/10.1007/s10457-012-9520-x>
- Schittenhel, S., Kraft, M., & Wittich, K. (2014). Performance of winter cereals grown on field-stored soil moisture only. *European Journal of Agronomy*, 52:247-258. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2013.08.010>
- Wang Z, Zhou M, Liu H, Huang C, Ma Y, Ge H, Ge X, & Fu S. (2022). Pecan agroforestry systems improve soil quality by stimulating enzyme activity. *PeerJ* 10:e12663. <http://doi.org/10.7717/peerj.12663>
- Zadoks, J. C., Chang, T. T. & Konzak, C. F. (1974). A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Research*, 14, 415- 421. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3180.1974.tb01084.x>
- Zhang, W., Ahanbieke, P., Wang, B. J., Gan, Y. W., Li, L. H., Christie, P., & Li, L. (2015). Temporal and spatial distribution of roots as affected by interspecific interactions in a young walnut/wheat alley cropping system in northwest China. *Agroforestry Systems*, 89, 327-343. <https://doi.org/10.1007/s10457-014-9770-x>
- Zaja, c, T., Oleksy, A., Stokłosa, A., Klimek-Kopyra, A., Styr, N., Mazurek, R., & Budzynski, W. (2014). Pure sowings versus mixtures of winter cereal species as an effective option for fodder–grain production in temperate zone. *Field Crops Research*, 166:152-161. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fcr.2014.06.019>