

ANÁLISE MULTIVARIADA DA COMPOSIÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE GRÃOS DE AVEIA BRANCA (*Avena sativa* L.) PRODUZIDOS EM SISTEMAS ORGÂNICO E CONVENCIONAL

Lívia Cristina Pronko Gouveia¹, Mariana Souza Costa², Luana Held Salinet³, Cintia Sorane Good Kitzberger⁴, José Mauricio Thomaz Ribeiro Setti⁵

Introdução

A cultura da aveia-branca (*Avena sativa* L.) desempenha um papel fundamental nos sistemas de produção agrícola, especialmente na região Sul do Brasil, onde se destaca como uma excelente alternativa para o cultivo de outono-inverno, contribuindo para a sustentabilidade do sistema de plantio direto por meio da produção de palhada com, diversificação de cultivos e quebra de ciclo de plantas daninhas, pragas e doenças (Pacheco *et al.*, 2021; Caraffa *et al.*, 2021).

A qualidade física dos grãos de aveia é determinada por parâmetros como peso hectolitro (PH), peso de mil grãos (PMG), índice de grãos maiores que 2 mm (espessura) e índice de descasque (ID) (Carvalho *et al.*, 2025). O manejo fitossanitário é um dos fatores que influenciam esses parâmetros bem como condições ambientais como o déficit hídrico, geadas, ventos fortes e excesso de chuvas (Arruda *et al.*, 2025; Carvalho *et al.*, 2025; Pacheco *et al.*, 2025). Adicionalmente, manejo nutricional também impacta na qualidade física de grãos pois, tanto a alta fertilidade do solo, pode predispor as plantas ao acamamento, quanto a deficiência de nutrientes pode reduzir a produtividade e a qualidade dos grãos (Peterson, 2011; Lehtinen; Kaukovirta-Norja, 2011; Della Flora *et al.*, 2020; Souza *et al.*, 2021). Além desses fatores externos, há fatores intrínsecos relacionados ao background genético das cultivares que irão determinar características de resistência ou não aos estresses bióticos e/ou abióticos.

Nesse contexto, destacam-se dois sistemas de produção para a cultura da aveia, com diferenças importantes quanto às fontes de adubação. No sistema convencional, a fertilidade do solo é manejada principalmente com fertilizantes minerais de alta solubilidade, que disponibilizam nutrientes de forma rápida, como ureia, nitrato de amônio, sulfato de amônio, superfosfato simples, superfosfato triplo, MAP e cloreto de potássio. Já no sistema de cultivo orgânico certificado, a adubação baseia-se na ciclagem de nutrientes e no uso de fontes orgânicas e naturais, como esterco curtido, compostos orgânicos, adubação verde, tortas vegetais, farinha de ossos, fosfatos naturais, calcário e pó de rocha. Assim, enquanto no sistema convencional os nutrientes ficam prontamente disponíveis às plantas, no sistema orgânico sua liberação ocorre de forma gradual, dependente da decomposição da matéria orgânica e da atividade microbiana do solo, o que pode influenciar o crescimento das plantas e o acúmulo de compostos nos grãos ao longo do ciclo (Webster, 2011).

Desta forma, considerando todos os fatores que podem influenciar na qualidade física dos grãos de aveia-branca granífera, este estudo teve como objetivo avaliar o possível impacto dos sistemas de manejo agrícola convencional e orgânico, certificado, sobre a qualidade físico-químicas dos grãos.

Material e métodos

¹ Eng. Agr., SL Cereais e Alimentos, Mauá da Serra, PR. E-mail: livia.gouveia@slpart.com.br

² Tecnol. Alim., Dr.ª, Pesquisador, SL Cereais e Alimentos, Mauá da Serra, PR. E-mail: mariana.costa@slalimentos.com.br

³ Eng. Agr., SL Cereais e Alimentos, Mauá da Serra, PR. E-mail: luana.salinet@slpart.com.br

⁴ Eng. Alim., Dr.ª, Profissional Especializado, Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná IAPAR EMATER, Londrina, PR. E-mail: cintiasorane@yahoo.com.br

⁵ Eng. Mec., Diretor industrial e Pesquisador, SL Cereais e Alimentos, Mauá da Serra, PR. E-mail: thomaz@slpart.com.br

A composição físico-química da aveia produzida em sistemas orgânicos certificados (AO) e convencional (AC) foram comparadas ao longo de seis safras (2020–2025). No recebimento da aveia na indústria foi realizado a avaliação do PH antes do armazenamento, após classificação o material foi armazenado em silos até a sua utilização. Para determinar a composição físico-química foram realizadas amostragem dos grãos de aveia e os mesmos foram descascados em descascadores de impacto e moídos em micro-moinho e analisados em sequência. A determinação da composição físico-química ocorreu em relação a farinha de aveia obtida da moagem considerando os parâmetros lipídeos (extração por solvente com Soxhlet), cinzas (calcinação em mufla 550°C), umidade (estufa 105°C), PH (peso hectolitro) e proteínas totais (micro-Kjeldahl) (AOAC, 1995).

Os dados físico-químicos foram submetidos à análise de componentes principais (ACP) e à análise de agrupamento hierárquico (AAH), entre todas as variáveis estudadas utilizando programa estatístico XLSTAT (ADDINSOFT, 2010).

Resultados e discussão

De forma geral, os grãos de aveia originados em sistemas de cultivo convencional e orgânico apresentaram variabilidade na composição físico-química. Para o peso hectolitro (PH), verificou-se baixa variação entre os sistemas de cultivo, uma vez que, no recebimento, é realizada a classificação dos grãos e não são aceitos lotes com PH inferior a 40 kg/hL e umidade superior a 13%. Dessa forma, observou-se que o PH variou de 46 a 50 kg/hL, enquanto a umidade variou de 9,24 a 10,80% (Tabela 1).

Ao comparar os teores de lipídeos, verificou-se que, no sistema convencional, os valores variaram de 5,78 a 6,30%, enquanto no sistema orgânico variaram de 5,28 a 7,40%. Para o teor de proteína, o sistema convencional apresentou variação de 14,73 a 16,35%, e o sistema orgânico, de 13,58 a 16,86%. Já o teor de cinzas variou de 1,76 a 2,19% no sistema convencional e de 1,53 a 2,16% no sistema orgânico (Tabela 1). Esses resultados sugerem que os diferentes sistemas de cultivo, especialmente em função das diferenças nas estratégias de adubação, impactam a composição físico-química dos grãos, concomitantemente com as condições climáticas do ano agrícola.

A ACP demonstrou que os dois primeiros componentes explicaram 67,79% da variabilidade total dos dados, sendo 37,21% atribuídos ao componente F1 e 30,58% ao componente F2 (Figura 1). Esse nível de explicação indica que a projeção bidimensional foi adequada para representar as principais relações entre as variáveis físico-químicas, o sistema de cultivo e o ano agrícola.

A componente F1 foi influenciada principalmente pelas variáveis proteínas (F1+) $r=0,484$ e umidade (F1+) $r=0,691$, indicando correlação positiva entre esses parâmetros, o teor de umidade está mais relacionado às condições de colheita, secagem e armazenamento, não sendo um componente que se correlaciona diretamente com o acúmulo de proteínas (Miller; Fulcher, 2011).

A componente F2 foi fortemente associada às variáveis lipídeos (F2+) $r=0,500$ e PH (F2+) $r=0,416$, o que poderia indicar uma relação direta entre esses parâmetros. Esse resultado sugere que os grãos de aveia com maior teor lipídeos tendem a apresentar valores mais elevados de PH, entretanto a literatura é consistente ao documentar uma correlação negativa entre a deposição de lipídeos e o teor proteico (Brown *et al.*, 1966 *Apud* Webster; Salinet *et al.*, 2025) divergindo dos resultados estatísticos encontrados, o que pode indicar interferência de outros fatores.

A distribuição das amostras no biplot (Figura 1), sugere que o efeito do ano agrícola pode ter exercido maior influência sobre a composição físico-químicas do que o sistema de manejo no cultivo nesses períodos. Entretanto, as amostras AO2024 e AC2024 apresentaram comportamento distinto no espaço multivariado, com AO2024 associada ao componente F1 (proteína) e AC2024 ao componente F2 (lipídeos), indicando possível influência de práticas de

manejo de nutrição, o que diverge do resultado esperado de que a adubação nitrogenada mineral realizada no manejo convencional elevaria as concentrações de proteína no grão de aveia frente a adubação orgânica realizada no manejo orgânico certificado (Webster, 2011). Entretanto, Wysocka *et al.* (2025) constataram, em ensaios recentes realizados com cultivares de trigo comum (*Triticum aestivum* L.), que houve aumento na concentração de alguns micronutrientes, como o cobre (Cu), em grãos provenientes de sistemas orgânicos e atribuiu esses resultados a capacidade de que as matérias orgânicas decompostas pela microbiota possuem em reter, muitas vezes, níveis mais elevados desses elementos minerais do que as formulações sintéticas convencionais, abrindo espaço para questionar se esse tipo de associação entre a planta, a microbiota do solo e a matéria orgânica pode ter influenciado no aumento de teor de proteína nos grãos provenientes das áreas de produção orgânica certificada.

A análise de agrupamento hierárquico (Figura 2) confirmou os padrões observados na ACP, evidenciando a formação de três agrupamentos principais com base na dissimilaridade entre as amostras. O grupo G1 foi composto por AC2020, AC2022, AO2020 e AO2021, destacou-se por apresentar maiores teores de e lipídeos e alto PH. O grupo G2 agrupou AC2021, AC2023, AC2024, AC2025, AO2022 e AO2023, que teve como característica menor PH e altos teores de lipídeos. Este grupo reuniu amostras de ambos os sistemas de cultivo e indicando ausência de separação clara entre aveia orgânica e convencional. Já o grupo G3 reuniu AO2024 e AO2025, que apresentaram como característica menores teores de lipídeos.

A distribuição das médias dos grupos (Tabela 2) mostrou que não houve diferença significativa nos teores de cinzas e proteínas, indicando que o manejo cultural não exerceu efeito marcante sobre o acúmulo desses componentes no grão. Por outro lado, houve variabilidade no teor de lipídeos entre os sistemas de manejo, com menores valores no sistema orgânico. Como a adubação nitrogenada tende a favorecer a síntese de proteínas em detrimento dos lipídeos, e o acúmulo lipídico também é sensível às condições de menor temperatura (Webster, 2011), os resultados sugerem que, nos anos de 2020 e 2023, as condições climáticas tiveram maior influência sobre essa variável do que o manejo nutricional da cultura.

Conclusões

A padronização do peso hectolitro e umidade pode ter influenciado na menor variabilidade dos resultado. A composição físico-química do grão de aveia indicam que o manejo da cultura, orgânico ou convencional, não promoveu diferenças significativas nas safras 2020-2025, sugerindo que não houve acúmulo de nutrientes em relação ao manejo. Em relação aos teores de lipídeos, observou-se tendência de menores concentrações nos grãos provenientes do sistema orgânico. A análise também evidenciou que, em determinados anos agrícolas, fatores climáticos podem ter exercido influência mais determinante sobre a composição dos grãos do que o próprio sistema de cultivo.

Referências

ADDINSOFT. XLSTAT: Software for Statistical Analysis. Verão 2010.19.01, 2010, Paris, 1 CD-ROM

ARRUDA, K. M. A. *et al.* Ensaio brasileiro de cultivares de aveia branca conduzido em Londrina, PR, 2023. In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE AVEIA, 43., 2024, Porto Alegre. **Resultados Experimentais** [...]. Porto Alegre: UFRGS, 2024.

ARRUDA, K. M. A. *et al.* Ensaio brasileiro de linhagens de aveia branca conduzido em Santa Tereza do Oeste, 2024. In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE AVEIA, 44., 2025, Londrina. **Anais...** Londrina: IDR-Paraná, 2025.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS INTERNATIONAL - AOAC. **Official Methods of Analysis**. 16. ed. Arlington, 1995. v. 2, 474 p.

BROWN, C. M. *et al.* Variation in oil content and its relation to other characters in oats (*Avena sativa* L.). **Crop Science**, v. 6, p. 190-191, 1966 apud WEBSTER, F. H.; WOOD, P. J. (Ed.). **Oats: chemistry and technology**. 2. ed. St. Paul: AACC International, 2011.

CARAFFA, M. *et al.* A aveia nos sistemas de produção. In: DANIELOWSKI, R. *et al.* (Orgs.). **Informações técnicas para a cultura da aveia**. Três de Maio: SETREM, 2021. p. 129-150.

CARVALHO, I. R. *et al.* Análise conjunta do ensaio brasileiro de cultivares de aveia branca, 2024. In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE AVEIA, 44., 2025, Londrina. **Anais...** Londrina: IDR-Paraná, 2025.

DELLA FLORA, D. P. *et al.* Componentes morfológicos da aveia branca em sistemas de manejo de solo. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 9, e275997301, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i9.7301>.

LEHTINEN, P.; KAUKOVIRTA-NORJA, A. Oat lipids, enzymes, and quality. In: WEBSTER, F. H.; WOOD, P. J. (Ed.). **Oats: chemistry and technology**. 2. ed. St. Paul: AACC International, 2011. cap. 9, p. 143-156.

MILLER, S. S.; FULCHER, R. G. Microstructure and chemistry of the oat kernel. In: WEBSTER, F. H.; WOOD, P. J. (Ed.). **Oats: chemistry and technology**. 2. ed. St. Paul: AACC International, 2011. p. 77-94.

PACHECO, M. T. *et al.* Análise conjunta do ensaio brasileiro de linhagens de aveia branca com fungicida conduzido em 2024. In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE AVEIA, 44., 2025, Londrina. **Anais...** Londrina: IDR-Paraná, 2025a.

PACHECO, M. T. *et al.* Importância da cultura da aveia. In: DANIELOWSKI, R. *et al.* (Orgs.). **Informações técnicas para a cultura da aveia**. Três de Maio: SETREM, 2021. p. 12-28.

PETERSON, D. M. Storage proteins. In: WEBSTER, F. H.; WOOD, P. J. (Ed.). **Oats: chemistry and technology**. 2. ed. St. Paul: AACC International, 2011. cap. 8, p. 123-142.

SOUZA, C. A. *et al.* Regulador de crescimento. In: DANIELOWSKI, R. *et al.* (Orgs.). **Informações técnicas para a cultura da aveia**. Três de Maio: SETREM, 2021. cap. 5, p. 66-89.

WEBSTER, F. H. (Ed.). **Oats: Chemistry and Technology**. 2. ed. St. Paul: AACC International, 2011.

WYSOCKA, K. *et al.* Mineral concentration in spring wheat grain under organic, integrated, and conventional farming systems and their alterations during processing. **Plants**, v. 14, 1003, 2025. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants14071003>.

Tabela 1. Composição físico-química de grãos de aveia nos sistemas de manejo convencional (AC) em comparação com sistema de manejo orgânico certificado (AO).

Ano	Lipídeos	Cinzas	Umidade	PH	Proteína
AC2020	6,30	1,78	10,94	48	16,35
AC2021	6,19	1,84	10,37	47	15,67
AC2022	6,04	1,88	11,02	48	16,08
AC2023	6,05	1,76	10,69	47	15,32
AC2024	5,78	2,19	10,30	46	14,73
AC2025	5,92	1,81	10,03	47	15,04
AO2020	7,40	1,53	10,30	48	15,05
AO2021	6,93	2,16	10,48	47	16,86
AO2022	6,05	2,08	10,80	48	13,58
AO2023	5,55	1,76	10,27	46	15,28
AO2024	5,28	1,79	9,79	48	13,97
AO2025	5,88	1,78	9,24	50	14,80

Tabela 2. Cargas fatoriais das variáveis físico-químicas (lipídeos, cinzas, umidade, pH e proteína) nos cinco componentes principais (F1–F5) obtidos pela Análise de Componentes Principais (PCA).

Grupos hierárquicos	Proteína	Lipídeos	Cinzas	Umidade	PH
G1	16,08a	6,67a	1,84a	10,69a	47,81ab
G2	14,94a	5,92ab	1,91a	10,41a	46,75b
G3	14,39a	5,58b	1,78a	9,52b	49,00a

*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna constituem grupos estatisticamente homogêneos pela análise de variância a 5% de probabilidade.

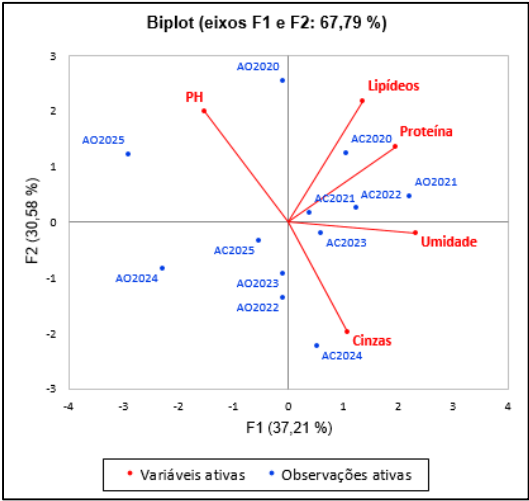


Figura 1. Biplot da Análise de Componentes Principais (PCA) mostrando a relação entre as variáveis físico-químicas (lipídeos, proteína, umidade, cinzas e pH) e as amostras de aveia provenientes dos sistemas orgânico certificado (AO) e convencional (AC) ao longo dos anos agrícolas avaliados.

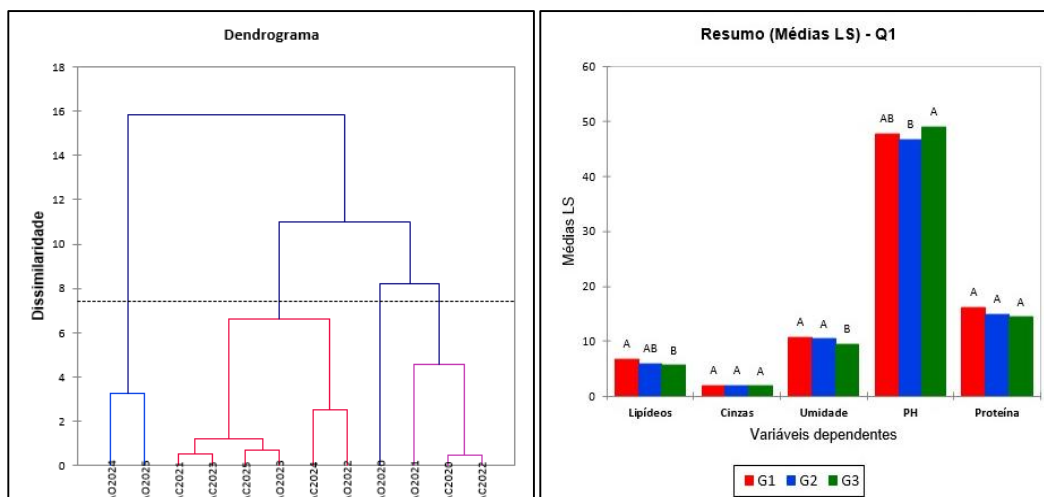


Figura 2. Dendrograma obtido por análise de agrupamento hierárquico das amostras de aveia provenientes dos sistemas orgânico certificado (AO) e convencional (AC), considerando as variáveis físico-químicas avaliadas (lipídeos, proteína, umidade, cinzas e pH). A linha tracejada indica o nível de corte adotado para definição dos três agrupamentos principais, evidenciando a similaridade entre amostras independentemente do sistema de cultivo.