

## **ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DA BIOFORTIFICAÇÃO VIA FOLIAR DE ZINCO NA CONCENTRAÇÃO DE ZINCO E FERRO EM GRÃOS DE AVEIA<sup>1</sup>**

**Juliana Aozane da Rosa<sup>2</sup>, Cibele Luisa Peter<sup>3</sup>, Crithian Milbradt Babeski<sup>4</sup>, Pedro Diel<sup>5</sup>, Marlon Vinicius da Rosa Sarturi<sup>6</sup>, José Antônio Gonzalez Da Silva<sup>7</sup>**

<sup>1</sup> Projeto de pesquisa desenvolvido na UNIJUÍ;

<sup>2</sup> Doutoranda em Modelagem Matemática e Computacional da UNIJUÍ,

<sup>3</sup> Doutoranda em Modelagem Matemática e Computacional da UNIJUÍ,

<sup>4</sup> Mestrando do Programa de Pós Graduação em Sistemas Ambientais e Sustentabilidade – UNIJUÍ

<sup>5</sup> Mestrando do Programa de Pós Graduação em Sistemas Ambientais e Sustentabilidade – UNIJUÍ

<sup>6</sup> Mestrando do Programa de Pós Graduação em Sistemas Ambientais e Sustentabilidade – UNIJUÍ

<sup>7</sup> Professor do curso de Agronomia, PPGSAS, PPGMMC, UNIJUÍ.

### **INTRODUÇÃO**

A aveia branca (*Avena sativa* L.) é um cereal que vem se destacando devido à sua alta qualidade proteica e níveis adequados de lipídios, carboidratos e fibra beta-glucana, que está associada à redução de colesterol, diabetes e obesidade (MANTAI et al., 2021). A crescente demanda pelo seu consumo, impulsiona a adoção de práticas tecnológicas que melhoram tanto a produtividade quanto a qualidade nutricional dos grãos (GORASH et al., 2017).

Um dos grandes problemas de saúde pública é a deficiência nutricional de zinco e ferro, que resultam em atraso no crescimento, desordens imunológicas e anemias, afetando pessoas de qualquer idade, sexo, raça e condição social (SOCCOL et al., 2021). É essencial implementar estratégias que aumentem a presença de zinco e ferro nos alimentos derivados da produção agrícola. A tecnologia de biofortificação agrônômica via foliar pode ser uma alternativa para enriquecimento desses nutrientes (DE MELLO COSTA et al., 2022).

A aplicação da biofortificação com zinco num alimento altamente nutritivo como a aveia, pode trazer ganhos mais significativos para a saúde em geral. Assim o objetivo do estudo é a biofortificação agrônômica via foliar por zinco e os reflexos sobre a concentração de zinco e ferro em grãos de aveia, como forma de validar a tecnologia.

### **METODOLOGIA**

O estudo foi desenvolvido nos anos agrícolas de 2019 à 2021 na área experimental do Instituto Regional de Desenvolvimento Rural (IRDeR) – UNIJUÍ, em Augusto Pestana – RS, Brasil. O delineamento experimental foi de blocos casualizados com 8 repetições em 5 níveis do composto  $ZnSO_4 \cdot 5H_2O$  (0, 500, 1000, 2000 e 4000 g ha<sup>-1</sup>), aplicado na fase de início do



enchimento de grãos da aveia. O volume dimensionado de água foi considerando a aplicação de 500 litros  $\text{ha}^{-1}$ .

A semeadura foi realizada em junho, com o auxílio de uma semeadora-adubadora para composição de unidades experimentais de 5  $\text{m}^2$ , na qual utilizou-se a densidade de 400 sementes viáveis  $\text{m}^{-2}$ . Os manejos de adubação e controle de invasoras e doenças foram realizadas conforme indicações técnicas da cultura. Na colheita de grãos foi realizado o corte de três linhas centrais de cada. Foram trilhadas e direcionadas para correção da umidade de grãos para 13%, para estimativa da produtividade de grãos (PG,  $\text{kg ha}^{-1}$ ), sendo pesados em balança de precisão.

Para análise da concentração de zinco e ferro, foram pesados 20 gramas de grãos com casca em balança de precisão. Após, foram direcionadas em forno com temperatura entre 70 e 80 °C, para correção de variação de peso e cada amostra moída no moinho por cerca de 90 segundos. Após as amostras foram peneiradas, com a peneira de malha 270, com tamanho de 53  $\mu\text{m}$ , onde cada amostra resultou numa massa de 5 a 6 gramas. As amostras foram devidamente identificadas e submetidas a análise via espectrometria de absorção atômica. Foram realizadas análise de variância, comparação de médias e de regressão polinomial na estimativa do comportamento e análise da eficiência da biofortificação.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

No ano de 2019 (Tabela 1) a precipitação pluviométrica total do período foi inferior à média histórica dos últimos 25 anos e com elevadas temperaturas, resultando no baixo índice de umidade do solo no ciclo de desenvolvimento da cultura, dificultando a absorção do nitrogênio pela planta, gerando reduzido crescimento vegetativo e baixa produção de afilhos. Ocorreu redução da produtividade, com valores próximos a 1350  $\text{kg ha}^{-1}$  de grãos, caracterizando o ano de 2019 como desfavorável ao cultivo (AD). Em 2018 a precipitação pluviométrica total também foi inferior à média histórica, mas no momento de aplicação do nitrogênio, a temperatura média do ar se encontrava baixa e solo com condições favoráveis de umidade, condição que caracteriza o ano de 2020 como intermediário ao cultivo (AI), com valores de produtividade ao redor de 2500  $\text{kg ha}^{-1}$  (Tabela 1). No ano de 2021, o volume de chuvas manteve-se inferior à média histórica e a aplicação do nitrogênio ocorreu com temperatura média do ar próxima aos 15°C e reduzidas precipitações, resultando na

produtividade aproximada de 2000 kg ha<sup>-1</sup> (Tabela 1) caracterizando o ano de 2021 como ano intermediário ao cultivo (AI).

**Tabela 1.** Valores médios de temperatura e precipitação nos meses de cultivo e média de produtividade de grãos de aveia no sistema de sucessão soja/aveia.

Mês	Temperatura (°C)			Precipitação (mm)		PG <sub>xs</sub> (Kg ha <sup>-1</sup> )	Classe
	Mínima	Máxima	Média	25 anos*	Ocorrida		
2019							
Junho	6,90	27,85	17,38	134,80	1,75	1338 c	AD
Julho	-4,20	30,14	12,97	128,10	10,75		
Agosto	0,26	31,56	15,91	111,80	117,75		
Setembro	12,58	33,78	23,18	155,80	161,50		
Outubro	6,17	34,32	20,24	241,50	214,00		
Total	-	-	-	772,00	506,00		
2020							
Junho	-1,60	28,71	13,56	133,80	90,25	2462 a	AI
Julho	2,40	28,97	15,68	123,50	79,50		
Agosto	-1,59	33,40	15,92	115,60	99,75		
Setembro	5,36	32,12	18,74	160,30	183,75		
Outubro	9,25	32,22	20,73	240,70	0,00		
Total	-	-	-	773,90	453,00		
2021							
Junho	0,80	29,30	15,05	130,70	53,40	2020 b	AI
Julho	-4,20	26,80	11,30	120,10	90,00		
Agosto	-1,30	32,70	15,70	114,90	68,75		
Setembro	1,70	33,50	17,60	157,50	99,40		
Outubro	12,10	36,10	24,10	240,60	67,00		
Total	-	-	-	763,80	379,00		

PG<sub>xs</sub>-Produtividade média de grãos do sistema soja/aveia; \*- Média de precipitação pluviométrica obtida dos meses de maio a outubro de 1989 a 2019; Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si na probabilidade de 0.05 de erro pelo teste de Scott & Knott; AI - Ano intermediário; AD - Ano desfavorável

Na Tabela 2, é possível observar um aumento na concentração de zinco nos grãos de aveia, independentemente do ano agrícola analisado e que está diretamente relacionado ao incremento das doses do composto de zinco por meio da técnica de biofortificação foliar. Considerando a média dos resultados obtidos ao longo de três anos, a aplicação dessa abordagem de biofortificação resultou em uma elevação significativa na concentração de zinco nos grãos, passando de 34,26 para 50,44 mg kg<sup>-1</sup> ao utilizar uma dose de 4000 g ha<sup>-1</sup> de sulfato de zinco. Por outro lado, foi constatada uma tendência de redução na concentração de ferro conforme as doses do composto foram incrementadas.

**Tabela 2.** Valores médios de zinco e ferro encontrados nos grãos de aveia através da prática de biofortificação agrônômica com as doses do composto sulfato de zinco.

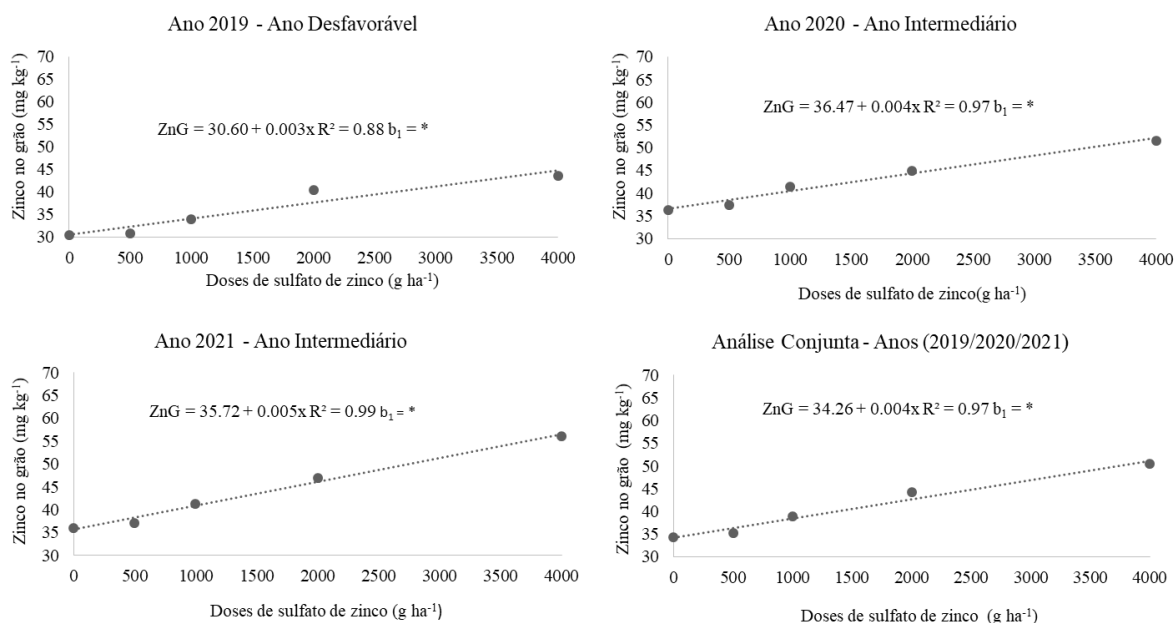
Dose Zn (g ha <sup>-1</sup> )	Indicadores da Composição Química Inorgânica (y)
-------------------------------	--

	ZnG (mg kg <sup>-1</sup> )			FeG (mg kg <sup>-1</sup> )		
	2019(AD)	2020(AI)	2021(AI)	2019(AD)	2020(AI)	2021(AI)
0	30.52 d	402.62 a	36.25 d	284.50 a	36.05 d	390.08 a
500	30.92 d	389.37 b	37.35 d	282.10 a	37.17 d	385.25 b
1000	34.05 c	379.02 c	41.45 c	239.97 b	41.30 c	379.30 c
2000	40.55 b	360.82 d	45.00 b	200.42 c	46.87 b	312.77 d
4000	43.57 a	322.82 e	51.60 a	201.07 c	56.15 a	304.82 e
r (dose x y)	0.95*	-0.99*	0.97*	0.86*	0.99*	-0.91*
CR (%)	8.81	43.33	14.67	26.88	1.59	80.64

r – Correlação de Pearson; CR – Contribuição relativa (Mahalanobis); Agrupamento - Agrupamento por Tocher; Dose Zn – Dose de biofortificação por sulfato de zinco (g ha<sup>-1</sup>); ZnG – Zinco em grãos de aveia; FeG – Ferro em grãos de aveia; AI - Ano intermediário ao cultivo; AD - Ano desfavorável ao cultivo, ns \* - Não significativo, significativo a p ≤ 0.05 pelo teste F; Em cada dose, médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Fischer em nível de 0.05 de probabilidade de erro

Os resultados representados na Figura 1 corroboram a eficácia da aplicação foliar do composto contendo zinco, evidenciando um aumento significativo desse nutriente nos grãos de aveia.

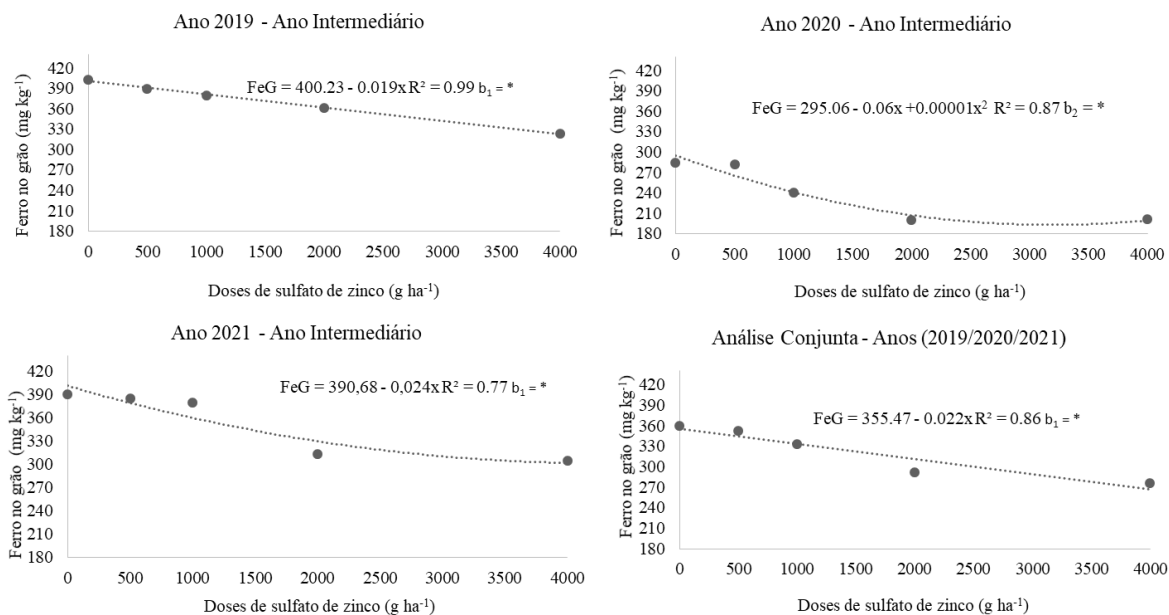
**Figura 1** – Modelos de regressão pelos valores médios de zinco no grão de aveia em função das doses de sulfato de zinco



ZnG – Ferro no grão; R<sup>2</sup> – Coeficiente de determinação; b<sub>n</sub> – Significância do parâmetro angular da equação de regressão em 0.05 de probabilidade de erro

Ao analisar a Figura 2, torna-se evidente que o aumento das doses do composto de zinco resulta na diminuição dos níveis de ferro nos grãos de aveia, sendo o parâmetro angular da regressão significativo. Essa situação demanda a busca por uma dose precisa do composto, visando garantir a máxima qualidade nutricional dos grãos.

**Figura 2** – Modelos de regressão pelos valores médios de ferro no grão de aveia em função das doses de sulfato de zinco



FeG – Ferro no grão; R<sup>2</sup> – Coeficiente de determinação; b<sub>n</sub> – Significância do parâmetro angular da equação de regressão em 0.05 de probabilidade de erro

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação foliar do composto de zinco aumenta efetivamente os níveis desse nutriente nos grãos de aveia, auxiliando no enriquecimento de alimentos deficientes. Contudo, a competição com o ferro demanda análise para equilibrar a qualidade nutricional da aveia.

**Palavras-chave:** *Avena sativa*. Saúde. Modelagem. Fome zero. Agenda 2030.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DE MELO COSTA, Z. L. C., SANTOS, S.C.L. Biofortificação de alimentos e sua relação com a segurança alimentar e nutricional: prós e contras. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 8, p. e59811831320-e59811831320, 2022.
- GORASH, A. *et al.* Aspects in oat breeding: nutrition quality, nakedness and disease resistance, challenges and perspectives. **Annals of Applied Biology**, v. 171, n. 3, 281-302, 2017.
- MANTAI, R. D., da SILVA, J. A., CARBONERA, R., CARVALHO, I. R., LAUTENCHLEGER, F., & PEREIRA, L. M. Technical and agronomic efficiency of nitrogen use on the yield and quality of oat grains. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 25, p. 529-537, 2021.
- SOCCOL, C. P., COLETTI, L. R., SCALCON, L. E. P., SILVA, L. V. D., & SCHMITZ, S. B. Alimentos biofortificados no Brasil e sua importância no combate à fome oculta. IFSC: Câmpus Xanxerê, 2021.