

VARIAÇÃO NO TEOR DE PROTEÍNA DE TRIGO EM FUNÇÃO DO FENÔMENO EL NIÑO OSCILAÇÃO SUL

Eliana M. GUARIENTI ^{1*}; Genei A. DALMAGO ¹; Gilberto R. da CUNHA ¹; Martha Z. de MIRANDA ¹; Jorge A. de GOUVÊA ¹

¹Pesquisador, Centro Nacional de Pesquisa de Trigo/Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

*E-mail para correspondência: eliana.guarienti@embrapa.br

RESUMO: O fenômeno El Niño Oscilação Sul (ENOS), em suas fases quente (El Niño), fria (La Niña) e neutra, pode afetar o teor de proteína dos grãos de trigo. O objetivo deste trabalho foi avaliar o impacto das fases do ENOS, positiva ou negativamente, sobre o teor de proteína dos grãos de trigo. Essas informações podem contribuir para a compreensão de possíveis impactos das mudanças climáticas globais, especialmente aqueles associados ao aumento da frequência de eventos climáticos extremos. Para isso, foram organizadas séries históricas de dados de proteína dos grãos obtidas ao longo de 23 anos de ensaios, abrangendo anos de El Niño, La Niña e neutros. As séries também foram estratificadas de acordo com a intensidade dos eventos e classificadas em teores de proteína abaixo e acima de 12,5%. Os maiores teores de proteína (em base seca) foram observados em anos de El Niño (14,3%), seguidos por anos neutros (14,0%) e de La Niña (13,5%). A fase La Niña apresentou o maior percentual de amostras com teor de proteína inferior a 12,5% (26,9%), seguida pelos anos neutros (14,5%) e de El Niño (10,0%). Entre os eventos extremos, anos de La Niña forte e El Niño forte apresentaram 39,7% e 9,0% das amostras com baixo teor de proteína, respectivamente.

Palavras-chave: *Triticum aestivum* L.; proteína total; mudanças climáticas.

INTRODUÇÃO

O teor de proteína nos grãos é um dos requisitos de qualidade exigidos na tipificação de trigo para diferentes usos (Reunião [...], 2024) e para exportação (ANEC, 2026). Avaliações das safras de trigo 2015, 2016 e 2017 mostraram os efeitos do El Niño e de La Niña nos teores de proteínas dos grãos desse cereal (Guarienti et al., 2019 e 2020).

De acordo com Berlato (2024) o fenômeno El Niño Oscilação Sul (ENOS) é o principal mecanismo de variabilidade interanual do clima global e é resultado da interação oceano-atmosfera, afetando diferentes regiões do planeta. Dependendo das anomalias de pressão e de temperatura da superfície do mar no Oceano Pacífico tropical tem-se, respectivamente, a incidência das fases quente (El Niño), com maior quantidade de chuvas, e fria (La Niña), com maior incidência de estiagem e seca no Sul do Brasil.

Segundo Krug (2026), as mudanças climáticas, associadas à variabilidade climática anual, podem levar a ocorrência de eventos climáticos extremos com maior frequência e intensidade, com perdas vultosas para a sociedade, a economia e os ecossistemas. O conhecimento das consequências desses eventos permite projetar possibilidades de mitigar os prejuízos. Nesse contexto o objetivo desse trabalho foi realizar análise descritiva do impacto das fases do fenômeno ENOS e de sua intensidade, no teor de proteínas dos grãos de trigo cultivado no Sul do Brasil.

MATERIAL E MÉTODOS

As amostras utilizadas nesse estudo foram obtidas de ensaios de competição de genótipos de trigo realizados no estado do Rio Grande do Sul, em 23 anos compreendidos no período de 1997 a 2025. O teor de proteína dos grãos foi quantificado por meio de espectroscopia no infravermelho

próximo (NIRs), de acordo com o método 39-10.01 da AACC (2010) e expresso em percentual, em base seca (b.s.).

A classificação do fenômeno ENOS, em cada ano, foi realizada com base no principal indicador para o monitoramento das fases El Niño e La Niña, o Relative Oceanic Niño Index (Climate Prediction Center, 2026). Foram usados dois critérios para organizar as séries históricas empregadas nas avaliações: 1º) a fase ativa do ENOS no período crítico da safra de trigo (final de inverno – primavera), como critério definidor de anos de El Niño, La Niña e Neutro e 2º) a intensidade do fenômeno na fase ativa no mesmo período, segundo estabelecido por Berlato (2024). Considerando o teor de proteína dos grãos da ordem de 12,5 % (b.s.) como parâmetro usado em diferentes indústrias e para trigo padrão exportação “milling”, as séries históricas foram agrupadas em duas categorias: 1ª) baixo teor de proteína nos grãos (< 12,5%); e 2ª) teor de proteína dentro do esperado ($\geq 12,5\%$).

O teste de Kolmogorov-Smirnov foi utilizado para verificar a normalidade da distribuição das amostras. Foram realizadas as análises de estatística descritiva média, mediana e valores mínimo e máximo nos dois conjuntos de dados de proteína para cada série histórica do fenômeno ENOS, sendo os resultados apresentados na forma de diagramas de caixa. Nos grupos com teor de proteínas < 12,5% e $\geq 12,5\%$ foram obtidas a distribuição percentual e as médias por tipo e intensidade do ENOS.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O teste de Kolmogorov-Smirnov não indicou desvios significativos da normalidade na distribuição do teor de proteína de trigo, que pode ser visualizada no histograma de frequência (Figura 1a). Na Figura 1b, o diagrama de caixa evidenciou a variação das médias dos teores de proteína nos grãos nos anos de La Niña (13,5%), El Niño (14,3%), e Neutro (14,4%). A maioria dos dados discrepantes foi observada na fase La Niña, seguido de Neutro e El Niño, no primeiro quartil. A maior amplitude de variação foi observada nos anos de La Niña (de 4,7 a 19,5%), seguida dos anos Neutros (de 7,7 a 20,0%) e de El Niño (de 9,2 a 18,2%).

O impacto da intensidade da fase El Niño no teor de proteína nos grãos foi apresentado no diagrama de caixa (Figura 1c). Nesta fase o menor teor médio de proteína foi obtido nos anos de El Niño moderado (13,8%), seguido de El Niño fraco (14,3%) e forte (15,0%), portanto, sem evidência de comportamento monotônico entre estas classes de intensidade. A maior amplitude de variação ocorreu em anos de El Niño fraco (de 9,6 a 18,2%), seguida pelos anos de El Niño forte (de 9,2 a 17,4%) e moderado (de 10,4 a 16,5%). Com relação à La Niña (Figura 1d), o menor teor médio de proteína foi observado nos anos de La Niña forte (12,5%), seguido por La Niña fraca (12,8%) e moderada (14,1%). A maior amplitude de variação foi observada quando a intensidade da La Niña foi forte (de 4,7 a 16,4%), seguida pelos anos de moderada (de 10,1 a 19,4%) e fraca magnitude (de 6,5 e 15,8%).

Na Tabela 1 foram apresentados os percentuais de enquadramento das amostras nos grupos formados por teores de proteína nos grãos < 12,5% (baixo teor) e por valores $\geq 12,5\%$ (teor dentro do esperado) em cada série dos dados históricos do fenômeno ENOS.

Com relação a fase ENOS, verificou-se o predomínio de amostras com teor de proteína dentro do esperado, conforme segue: El Niño (90%), Neutro (85,5%) e La Niña (73,1%). Considerando o percentual de proteína < 12,5%, o grupo de anos classificados como La Niña forte apresentou maior percentual (39,7%), seguida de La Niña fraca (33,5%) e moderada (20,0%). No grupo de anos El Niño, aqueles classificados em intensidade moderada predominou (15,8%), seguido de El Niño forte (9,0%) e fraco (8,2%).

Estudo publicado por Guarienti et al. (2019) avaliando três safras de trigo consecutivas colhido no Brasil nos anos 2015 (El Niño forte), 2016 e 2017 (ambos de La Niña moderada) mostrou que não é somente a fase ENOS ou sua intensidade que afeta o teor de proteína nos grãos, mas também a sua associação com o regime de chuvas no período crítico da cultura (final de inverno – primavera).

Esse fato é comprovado pelas respostas do teor de proteína nos grãos obtidos no ano de El Niño forte e de La Niña com regime de chuvas superior ao normal (2017), que apresentaram maior probabilidade de aumento nessa característica. Situação inversa ocorreu no ano de La Niña moderada com regime de chuvas abaixo do normal (2016), quando o impacto no teor de proteínas nos grãos foi predominantemente negativo.

Figura 1 – Diagrama de frequência das amostras (1a) diagramas de caixa dos teores de proteína nos grãos de trigo agrupados por fases do fenômeno ENOS (1b), por intensidade do El Niño (1c) e por intensidade da La Niña (1d).

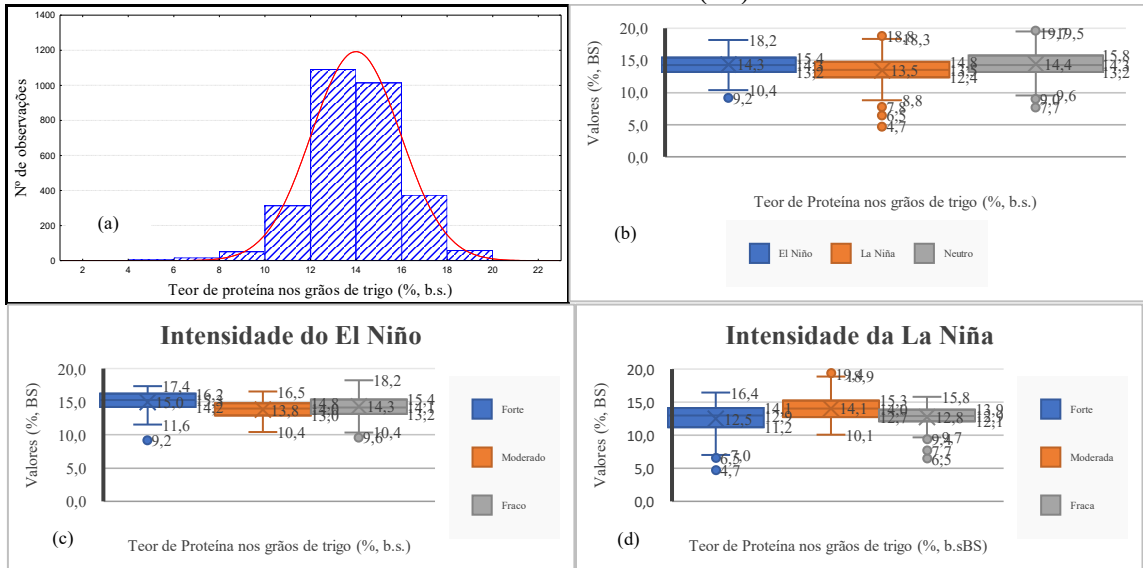


Tabela 1 – Médias e distribuição do número e percentual de amostras nos grupos com baixo teor de proteínas (< 12,5%) e teor de proteínas dentro do esperado (≥ 12,5%) conforme fase e intensidade do ENOS.

Fase ENOS / Intensidade	Nº de amostras	Nº de amostras		% de amostras		Média		Média geral
		< 12,5	≥ 12,5	< 12,5	≥ 12,5	< 12,5	≥ 12,5	
El Niño								
Forte	111	10	101	9,0	91,0	11,5	15,3	15,0
Moderado	120	19	101	15,8	84,2	11,5	14,2	13,8
Fraco	319	26	293	8,2	91,8	11,8	14,6	14,3
Total El Niño	550	55	495	10,0	90,0	-	-	14,3
La Niña								
Forte	287	114	173	39,7	60,3	10,3	14,0	12,5
Moderada	744	149	595	20,0	80,0	11,7	14,7	14,1
Fraca	224	75	149	33,5	66,5	11,0	13,7	12,8
Total La Niña	1.255	338	917	26,9	73,1	-	-	13,5
Neutro	1.120	162	958	14,5	85,5	11,4	14,9	14,4
Total geral	2.925	555	2.370	19,0	81,0	11,2	14,6	14,0

Estudo complementar dessa base de dados publicado por Guarienti et al. (2020) avaliou o percentual de conformidade de amostras de trigo pelo critério teor de proteína ≥ 12,5% (Cenário 1, do estudo), e verificou que, em 2016, o percentual de conformidade das amostras foi de 50,2%, enquanto que nas safras 2015 e 2017 esse percentual foi de 90,8 e 99,5%, respectivamente. Esses

trabalhos evidenciaram duas hipóteses para explicar as variações nos teores de proteína nos grãos: 1) nos anos de El Niño e de La Niña moderada com regime de chuvas superior ao normal foi observado decréscimo do peso do hectolitro, provavelmente causado pelo aumento da atividade metabólica dos grãos que reduz o teor de amido com consequente aumento no teor de proteína; e 2) no ano de La Niña com regime de chuvas abaixo do normal, a redução do teor de proteína pode ter sido causada pelo “efeito diluição”, relacionado aos altos rendimentos de grãos obtidos.

CONCLUSÃO

Os resultados sugerem que o ENOS estabelece o pano de fundo da variabilidade climática para as respostas do teor de proteína nos grãos de trigo no Sul do Brasil. Entretanto, a intensidade das fases ativas não evidenciou comportamento linear entre as classes de proteína, indicando que, para esse atributo de qualidade, a resposta do trigo vai depender da forma como o fenômeno se expressa localmente por meio das variáveis ambientais chuva e temperatura.

REFERÊNCIAS

- AACC. Approved methods of analysis. 11th ed. Saint Paul: Cereals & Grains Association. 2010. Disponível em: <http://methods.aaccnet.org/toc.aspx>. Acesso em: 23 jun. 2022.
- ANEC. Brazilian milling/feed wheat - F.O.B. Contract for parcels. São Paulo: Associação Nacional dos Exportadores de Cereais, ANEC, 45, jan. 2025. 2026. Disponível em: <https://anec.com.br/uploads/cm2p285q9000bjqtxd8jzbqjj.pdf>. Acesso em: 08 abr. 2026.
- BERLATO, M.A. El Niño Oscilação Sul. In: BERLATO, M. A et al. (org.). El Niño Oscilação Sul: clima: vegetação: agricultura. 1.ed. Passo Fundo: Ed. dos Autores, 2024. cap. 1, p. 17-60.
- CLIMATE PREDICTION CENTER. Relative Oceanic Niño Index (RONI): Historical El Niño / La Niña episodes (1950–Present). 2026. Disponível em: https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/Enos/roni/. Acesso em 30 mar. 2026.
- GUARIENTI, E. M.; MIRANDA, M. Z. de; CUNHA, G. R. da; NICOLAU, M.; TIBOLA, C. S.; TEIXEIRA, D. D. Qualidade tecnológica de trigo colhido e armazenado no Brasil - safras 2015, 2016 e 2017. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2019. 93 p. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/205737/1/ID44786-2019DO184.pdf>. Acesso em: 08 abr. 2026.
- GUARIENTI, E. M.; PIRES, J. L. F.; CUNHA, G. R. da; MIRANDA, M. Z. de; NICOLAU, M.; TIBOLA, C. S.; PASINATO, A.; SANTOS, I. B. S. dos S. Conformidade de requisitos de qualidade tecnológica de trigo para exportação produzido no Rio Grande do Sul, safras 2015, 2016 e 2017. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2020. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1123409/1/BPD94-Eliana-completo.pdf>. Acesso em: 08 abr. 2026.
- KRUG, T. Risco de Extremos Climáticos no Brasil: causas, desafios e recomendações sobre resiliência e desenvolvimento sustentável. 2026. Disponível em: https://www.ey.com/pt_br/insights/sustainability/adaptacao-aos-riscos-de-extremos-climaticos#:~:text=Os%20eventos%20extremos%20dever%C3%A3o%20ser%20cada%20vez,de%202030%2C%20especialmente%20no%20Sul%20do%20Brasil. Acesso em: 08 abr. 2026.
- REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE, 16., 2023, Guarapuava, PR. Informações técnicas para trigo e triticale: safras 2024 & 2025. Guarapuava: Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária, 2024. p.36.