

ISSN 0104-1347

## El Niño - Oscilação do Sul e seus impactos sobre a cultura de cevada no Brasil

### El Niño – Southern oscillation and their impacts on barley crop in Brazil

Gilberto Rocca da Cunha<sup>1</sup>, Genei Antonio Dalmago<sup>2</sup>, Valduino Estefaneff, Aldemir Pasinato<sup>4</sup> e Márcia Barrocas Moreira<sup>4</sup>

**Resumo** - O fenômeno El Niño-Oscilação do Sul (ENOS) é, atualmente, a principal fonte conhecida de variabilidade climática de curto prazo, escalas estacional e interanual, com atuação em todo o globo. Destacando-se: as anomalias climáticas extremas relacionadas com as fases quente (El Niño) e fria (La Niña) do ENOS que apresentam um padrão coerente de persistência (12 a 18 meses). O ENOS influencia, no caso do Brasil, a parte norte da Região Nordeste e a parte leste da Amazônia (na faixa tropical) e a Região Sul (na faixa extratropical). Tendo em vista a possibilidade de quantificação da variabilidade climática associada às fases do fenômeno ENOS, vislumbra-se uma série de aplicações dessas informações no manejo de culturas, voltadas a reduzir riscos ou a melhorar o aproveitamento de condições climáticas favoráveis. Este estudo teve por objetivo identificar a influência das fases do fenômeno ENOS sobre o rendimento da cultura de cevada no Brasil; com base em análise da série histórica de 1938 a 1998. Em nível de país, nos 19 episódios El Niño analisados, em 63 % deles os desvios foram negativos. Nos eventos La Niña, 12 episódios, ocorreu o inverso; em 67 % dos casos os desvios no rendimento de grãos foram positivos. E nos 30 anos considerados Neutros, em exatas 50 % das vezes os desvios foram positivos, e nas 50 % restantes, negativos. Portanto, para a cultura de cevada, o fenômeno ENOS, em geral, causa impactos positivos, nos anos de La Niña, e negativos, nos anos de El Niño, particularmente no Sul do país.

**Palavras-chave:** El Niño, La Niña, ENOS, ENSO, Oscilação do Sul, anomalia climática, cevada, Brasil.

**Abstract** - The El Niño-Southern Oscillation phenomenon (ENSO) is, nowadays, the main acknowledged source of seasonal to interannual variability in the world's climate system. It could be emphasized the extremes climatic anomalies related to ENSO warm phase (El Niño) and ENSO cold phase (La Niña) which show a coherent pattern of persistency (12 to 18 months). In the case of Brazil, this phenomenon affects the northern part of the Northeast Region, the eastern part of Amazon (in the tropical area), and the extratropical area of the Southern Region. The climatic variability associated with the ENSO phenomenon phases, especially rainfall anomalies, may be quantified and this information can be effectively used by crop managers to reduce associated risks or to make better use of forthcoming favorable climatic conditions. The objective of this study was to identify the ENSO phases influencing barley production in Brazil. The impact of these phases on barley grain yield was based on a historical series of yield data from 1938 to 1998. The results for barley at national level show negative deviations in 63 % of the cases for 19 El Niño events analyzed. For 12 La Niña events, positive impacts on barley yield were observed in 67 % of the cases. And in the 30 neutral years, exactly 50 % of the time yield deviations were positive and 50 % of the time they were negative. Therefore, the ENSO phenomenon influences barley yield in Brazil. In general, it causes positive impacts in La Niña years and negative impacts in El Niño years, particularly in the southern part of the country.

**Key words:** El Niño, La Niña, ENSO, Southern-Oscillation, climatic anomalies, barley, Brazil.

<sup>1</sup>Pesquisador da Embrapa Trigo, Caixa Postal 451, 99001-970 Passo Fundo, RS. E-mail: [cunha@cnpt.embrapa.br](mailto:cunha@cnpt.embrapa.br). Bolsista CNPq-PQ.

<sup>2</sup>Bolsista CNPq-AP.

<sup>3</sup>Ebg. Agr., Professor (aposentado) da Universidade Federal de Santa Maria e professor do Centro Universitário Franciscano de Santa Maria, RS.

<sup>4</sup>Analista de Sistemas, UnB/Finattec.

## Introdução

O fenômeno El Niño-Oscilação do Sul (ENOS) é, atualmente, a principal fonte conhecida de variabilidade climática de curto prazo, escalas estacional e interanual, com atuação em todo o globo. Destacam-se as anomalias climáticas extremas relacionadas com as fases quente (El Niño) e fria (La Niña) do ENOS que apresentam um padrão coerente de persistência (12 a 18 meses).

O ENOS, ou apenas El Niño/La Niña, como é referido nos veículos de comunicação de massa, tem por região de origem o Oceano Pacífico tropical. É o resultado de uma interação oceano-atmosfera, na qual a variação da temperatura das águas, na parte central e junto à costa oeste da América do Sul, em associação com os campos de pressão (representados pelo Índice de Oscilação do Sul), altera o padrão de circulação geral da atmosfera e, assim, influencia o clima global.

O ENOS e seus dois extremos, El Niño (fase quente) e La Niña (fase fria), tem um tempo de retorno que pode ser considerado como irregular e envolve eventos fortes, moderados, fracos ou, até mesmo, ausência de eventos, caso dos chamados anos Neutros. Aspectos gerais do fenômeno El Niño-Oscilação do Sul e seus impactos no clima global podem ser encontrados, por exemplo, em PHILANDER (1990), MOURA (1994), GLANTZ (1996), NATIONAL RESEARCH COUNCIL (1996), SILVA (2000) e VOITURIEZ & JACQUES (2000).

Várias regiões no mundo, cujo clima é afetado pelas fases do ENOS, foram identificadas por ROPELEWSKI & HALPERT (1987; 1989; 1996). Entre estas, no caso do Brasil, a parte norte da Região Nordeste e o leste da Amazônia (na faixa tropical) e a Região Sul (na faixa extratropical), área inserida em uma grande região localizada no sudeste da América do Sul, que abrange também o Uruguai, o sudeste do Paraguai e o nordeste da Argentina.

Para o Brasil, estudos complementares, como os de ALVES & REPELLI (1992) e de UVO *et al.* (1994), para a Região Nordeste, e os de GRIMM *et al.* (1996a; 1996b), de FONTANA & BERLATO (1997) e de DIAZ *et al.* (1998), para a Região Sul, buscaram o detalhamento intra-regional dos impactos das fases do fenômeno ENOS sobre o regime de chuvas.

Particularmente no Sul do Brasil, tem-se excesso de chuvas nos anos de El Niño e estiagem em

anos de La Niña. Apesar da influência dar-se durante todo o período de atuação desses eventos, há duas épocas do ano que são mais afetadas pelas fases do ENOS. São elas: primavera e começo de verão (outubro, novembro e dezembro), no ano inicial do evento, e fim de outono e começo de inverno (abril, maio e junho), no ano seguinte ao de início do evento, conforme evidenciaram os trabalhos de GRIMM *et al.* (1996a; 1996b) e de FONTANA & BERLATO (1997). Assim, nessas épocas, as chances de chuvas acima do normal são maiores, em anos de El Niño, e chuvas abaixo do normal, em anos de La Niña.

Vários estudos relacionando as fases do fenômeno ENOS, sua variabilidade climática associada, e rendimento de culturas foram realizados. Entre esses, CANE *et al.* (1994) encontrou uma correlação entre El Niño, índices de chuva e rendimento de milho no Zimbábue, sul da África, explicando mais de 60 % da variação. Um sinal de influência do ENOS nos preços futuros da soja foi identificado por KEPPENE (1995). Para os Estados Unidos, CARLSON *et al.* (1996) estudaram a relação entre o rendimento de milho no meio-oeste e os extremos do fenômeno Oscilação do Sul; MJELDE & KEPLINGER (1998) examinaram o impacto dos extremos do ENOS na estimativa e previsão de rendimentos de sorgo e trigo de inverno no Texas, e HANSEN *et al.* (1998) avaliaram o impacto econômico dos eventos ENOS sobre a agricultura do sudeste dos EUA.

No tocante ao Brasil, FONTANA & BERLATO (1996) analisaram a influência do ENOS sobre a chuva e o rendimento de milho no Rio Grande do Sul; RAO *et al.* (1997) encontraram uma forte correlação positiva entre IOS (Índice de Oscilação do Sul) e rendimento de milho, em sete estados do Nordeste brasileiro; e CUNHA *et al.* (1999) identificaram impactos positivos dos eventos La Niña e negativos dos eventos El Niño, na maioria das vezes, sobre a cultura de trigo no Brasil.

Uma ampla discussão sobre aplicações de previsões climáticas, baseadas no fenômeno El Niño-Oscilação do Sul, no manejo de culturas no sul do Brasil pode ser encontrada em CUNHA (1999).

Na região de produção de cevada no Brasil, são freqüentemente relacionados como elementos de riscos climáticos para a produção dessa cultura, afetando o rendimento de grãos, tanto em quantidade quanto em qualidade: excesso e/ou deficiência hídrica, geadas, temperaturas elevadas, umidade relativa ele-

vada (favorecendo doenças), granizo e ventos causando acamamento de plantas.

No caso da cevada produzida para fins cervejeiros, destaca-se o impacto negativo do excesso de chuvas nas características de qualidade dos grãos para malteação. Especificamente: aumento da incidência de fungos nos grãos e redução do poder germinativo. Este fato, pela associação conhecida entre as fases do fenômeno ENOS e o regime de chuvas de primavera na Região Sul, principal zona de produção de cevada no país, atesta a importância de se estudar as possíveis relações deste fenômeno e a produção de cevada no Brasil.

O objetivo deste estudo foi avaliar o impacto das fases do fenômeno ENOS no rendimento de grãos da cultura de cevada no Brasil.

## Material e métodos

Registros históricos de rendimento de cevada, de 1938 a 1998, no Brasil, foram estudados quanto à sua variabilidade em relação às fases do fenômeno El Niño-Oscilação do Sul (El Niño, La Niña e anos neutros). Especificamente, dados de rendimento médio anual de cevada (kg/ha) agregados por Estado (Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná) e para o país.

Os dados originais da série histórica de rendimento de cevada foram inicialmente submetidos a uma análise de regressão, usando-se o ano como variável independente, para separar o efeito das tecnologias incorporadas no sistema de produção, ao longo do tempo, sobre o rendimento dessa cultura, daquele decorrente da variabilidade climática interanual. A partir do melhor modelo de regressão ajustado (critério do  $r^2$ ), a tendência tecnológica associada aos dados foi retirada, usando-se a seguinte fórmula:

$$Y_{ci} = \{Y_i - [Y(X_i) - Y(X_0)]\},$$

onde,  $Y_{ci}$ ,  $Y_i$ ,  $Y(X_i)$  e  $Y(X_0)$  são o rendimento do ano  $i$  corrigido, o rendimento original do ano  $i$ , o rendimento do ano  $i$  estimado pelo modelo de regressão e o rendimento do primeiro ano da série histórica estimada pelo modelo de regressão, respectivamente.

Os desvios anuais de rendimento de grãos de cevada em relação à média da série histórica foram calculados a partir dos valores de rendimento corrigidos. Isto é, após a retirada da tendência tecnológica presente nos dados, sendo expressos em quilograma por hectare (kg/ha).

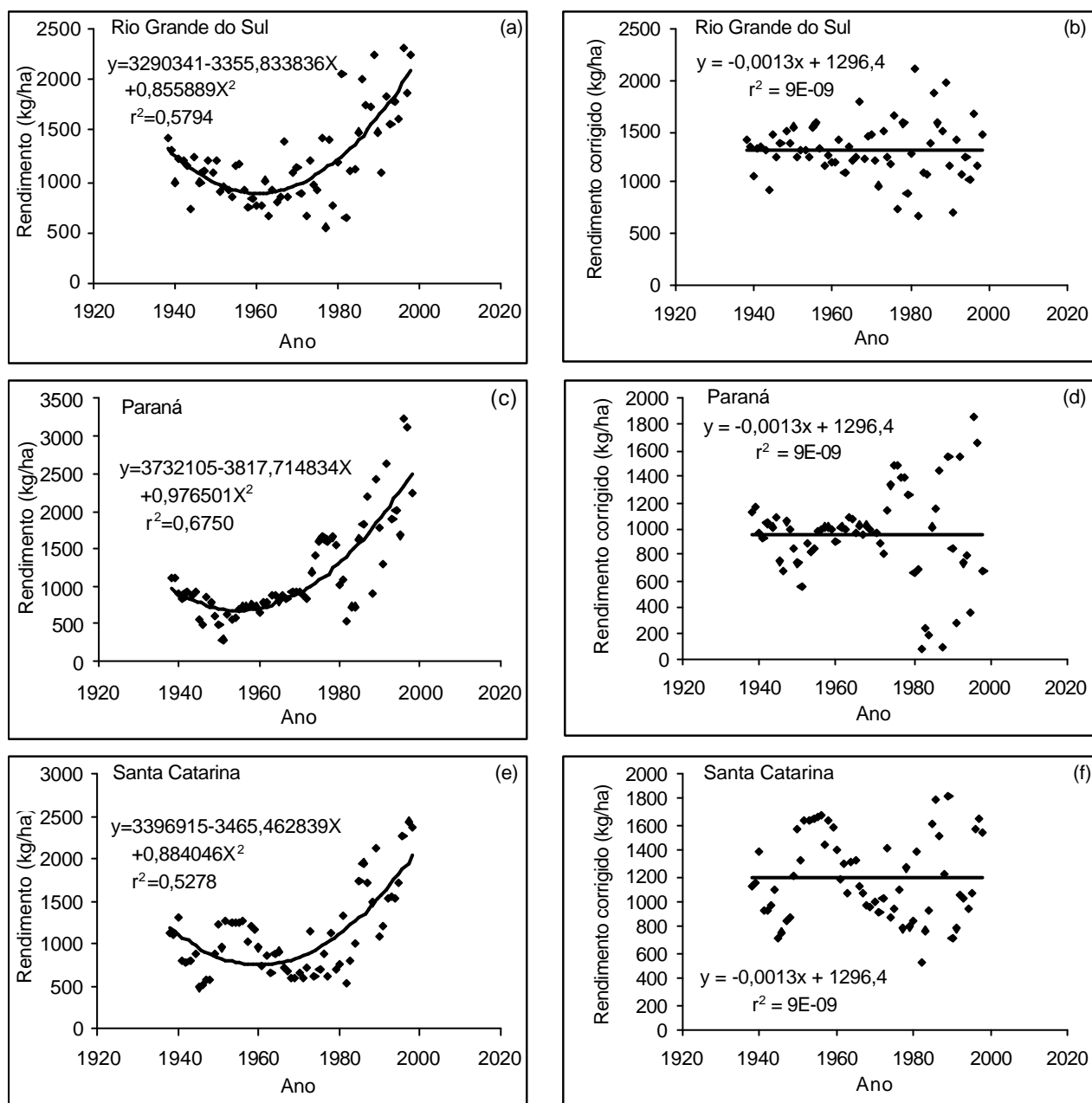
Durante o período considerado, os anos foram classificados de acordo com a fase do fenômeno ENOS (El Niño, La Niña e anos Neutros), com base nos valores do Índice de Oscilação do Sul (IOS), conforme ROPELEWSKY & JONES (1987). Como anos de El Niño, foram classificados aqueles em que o valor do IOS foi, durante cinco ou mais meses seguidos, menor ou igual a  $-0,5$ ; e como anos de La Niña, quando o IOS permaneceu com valor igual ou maior a  $0,5$ , em pelo menos cinco meses consecutivos.

O período incluiu os seguintes eventos El Niño (ano inicial do fenômeno): 1923, 1925, 1930, 1932, 1939, 1940, 1941, 1946, 1951, 1957, 1963, 1965, 1969, 1972, 1976, 1977, 1982, 1986, 1991, 1992, 1993, 1994 e 1997. Como anos de La Niña, foram agrupados os seguintes anos (ano inicial do evento): 1920, 1924, 1928, 1931, 1938, 1942, 1949, 1954, 1964, 1970, 1973, 1975, 1988, 1995, 1996 e 1998. Os outros foram classificados como anos Neutros.

## Resultados e discussão

A cevada, para fins cervejeiros, tem sido cultivada principalmente no Sul do Brasil. Na safra de 1999, foram cultivados 123.895 hectares, sendo 76,9 %, 22,3 %, 0,6 % e 0,2 % da área semeados no Rio Grande do Sul, no Paraná, em Santa Catarina e no Cerrado do Brasil Central, respectivamente (MINELLA, 2000). Por isso, neste estudo, considerou-se o cultivo de cevada no Brasil como restrito aos três Estados da Região Sul.

A variabilidade do rendimento médio da cultura de cevada, no Rio Grande do Sul, no Paraná e em Santa Catarina, de 1938 a 1998, pode ser vista na Figura 1. As Figuras 1a, 1c e 1e contêm as séries históricas originais, apresentando, similar ao verificado com a cultura de trigo (CUNHA et al., 1999), uma tendência quadrática de crescimento no rendimento médio em função do ano. Neste caso, também, os aumentos de rendimento de grãos podem ser creditados à incorporação de novas tecnologias no sistema de produção, tais como cultivares com maior potencial de rendimento e melhoria das práticas de manejo (adubação e controle de doenças e de pragas, principalmente). As Figuras 1b, 1d e 1f mostram as mesmas séries históricas de rendimento, porém após retirada da tendência tecnológica associada aos dados. E, tal qual verificado para a cultura de trigo por CUNHA et al. (1999), se constata o efeito de outro(s) fator(es) de natureza não tecnológica sobre o rendimento de grãos da cultura de cevada. Em

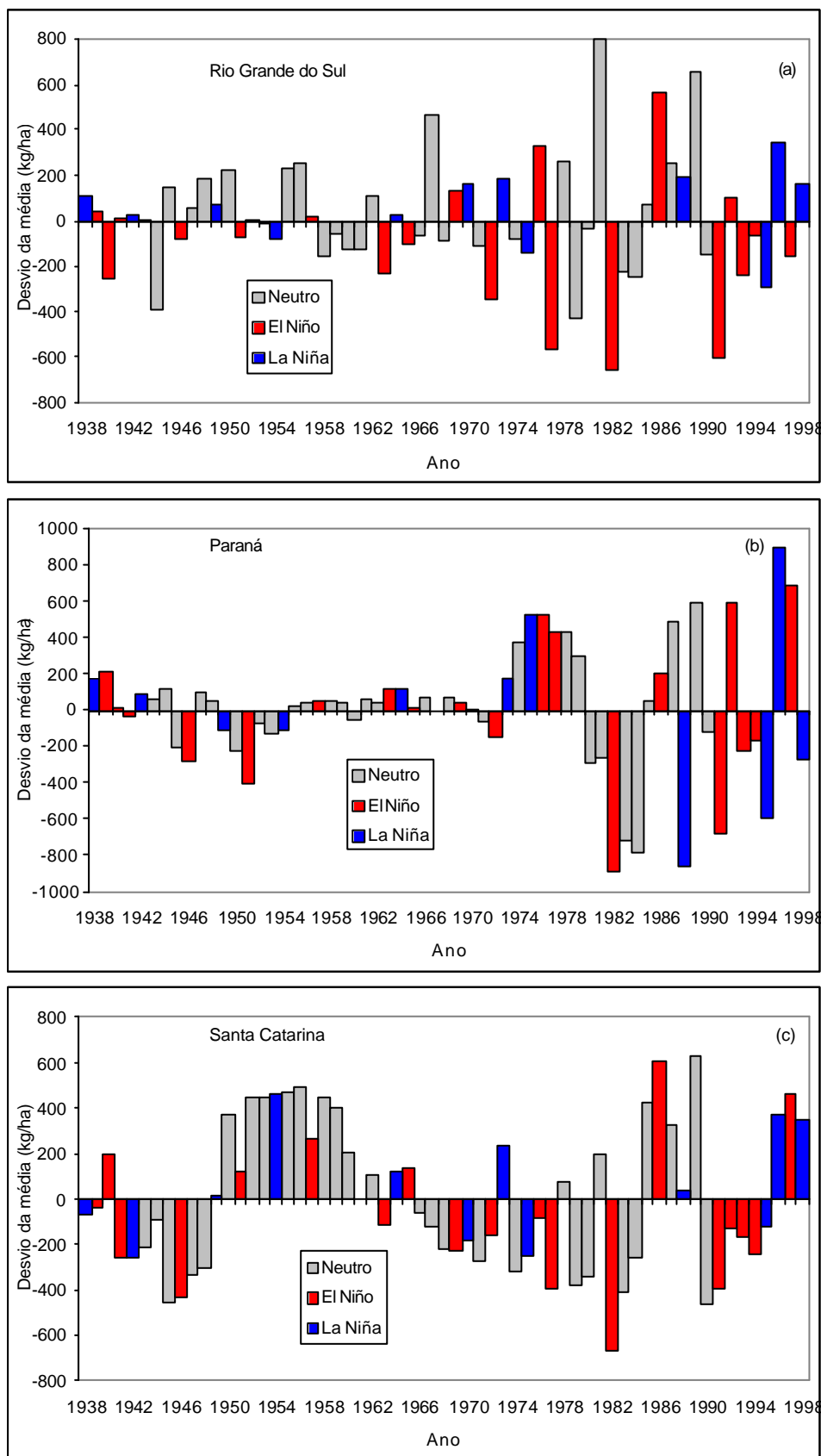


**Figura 1.** Série histórica original de rendimento de grãos de cevada (kg/ha) [(a), (c) e (e)] e série corrigida conforme tendência dos dados [(b), (d) e (f)], para os Estados do Rio Grande do Sul, do Paraná e de Santa Catarina, 1938 a 1998.

função da pressuposição deste estudo, admite-se como possível de se atribuir esta variabilidade de rendimento ao efeito da variabilidade climática interanual ocorrida no período sob análise.

Os desvios do rendimento corrigido, isto é, sem a tendência tecnológica, em relação à média, para os Estados do Rio Grande do Sul, do Paraná e de Santa

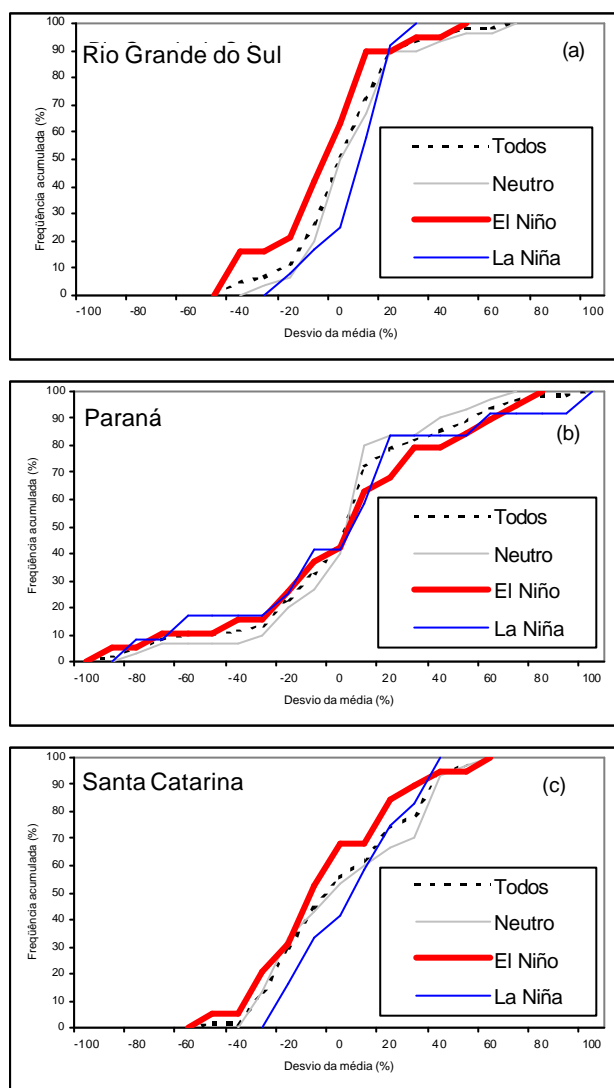
Catarina, são apresentados nas Figuras 2a, 2b e 2c, respectivamente. Os desvios estão expressos em quilograma por hectare (kg/ha) e são positivos ou negativos, conforme o rendimento corrigido no ano tenha ficado acima ou abaixo da média da série histórica. As barras foram coloridas, conforme a classificação do ano: El Niño (vermelho), La Niña (azul) e neutro (cinza).



**Figura 2.** Série histórica de desvios da média de rendimento de grãos de cevada (kg/ha), dados corrigidos conforme tendência, de acordo com a fase do fenômeno ENOS, para os Estados do Rio Grande do Sul (a), do Paraná (b) e de Santa Catarina (c), 1938 a 1998.

No período analisado, 1938 a 1998, 61 anos, ocorreram 19 eventos El Niño e 12 La Niña. Os outros 30 anos foram anos Neutros. Os dados da Tabela 1 e a análise da Figura 2 e da Figura 3 evidenciam, particularmente para o Rio Grande do Sul e para Santa Catarina, que os impactos dos eventos El Niño foram, na maioria das vezes, negativos sobre o rendimento de grãos de cevada, além de terem sido estocasticamente dominados em relação aos demais. Nesses Estados, o inverso ocorreu nos anos de La Niña, quando os impactos predominantes foram positivos. Nos anos Neutros, houve situação de equilíbrio entre impactos positivos e negativos, no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina. No Paraná, em qualquer das fases do fenômeno El Niño-Oscilação do Sul (El Niño, La Niña ou condição de neutralidade), os impactos da variabilidade climática associada a esse fenômeno foram predominantemente positivos.

Considerando-se rendimento de grãos de cevada agregado no Brasil, de



**Figura 3.** Frequência acumulada (%) dos desvios da média de rendimento de grãos de cevada, de acordo com a fase do fenômeno ENOS, para os Estados do Rio Grande do Sul (a), do Paraná (b) e de Santa Catarina (c), 1938 a 1998.

1938 a 1998, os dados da Tabela 1 mostram, nos 19 episódios El Niño analisados, que em 63 % deles os desvios foram negativos. Nos eventos La Niña, 12 episódios, ocorreu o inverso; em 67 % dos casos os desvios no rendimento de grãos foram positivos. E nos 30 anos considerados Neutros, em exatas 50 % das vezes os desvios foram positivos, e nas 50 % restantes, negativos. A maior influência do Rio Grande

do Sul na composição da produção brasileira de cevada para fins cervejeiros, acrescida do padrão similar das ocorrências em Santa Catarina, pode explicar o comportamento de dados do Brasil, diferindo daqueles do Paraná e sendo muito semelhante ao que acontece no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina. A Figura 4 evidencia esse fato, mostrando, no país, à semelhança do verificado para o Rio Grande do Sul, uma tendência quadrática na elevação do rendimento médio em virtude do ano (Figura 4a), passível de ser atribuída aos avanços tecnológicos incorporados nas lavouras, e uma variabilidade do rendimento de grãos de cevada no Brasil por razões de natureza não tecnológica (Figura 4b). Também, estocasticamente, em termos de país, há dominância de primeira ordem (curvas de probabilidade acumuladas não se cruzam, Figura 4d) dos eventos La Niña, em relação aos eventos El Niño, quanto às chances de trazerem impactos positivos sobre o rendimento da cultura de cevada no Brasil.

A variabilidade do rendimento de grãos de cevada no Brasil, de acordo com as fases de fenômeno El Niño-Oscilação do Sul, pode ser explicado pela influência que elas exercem nas anomalias de chuva no período de primavera e começo do verão, na Região Sul (GRIMM *et al.*, 1996a; 1996b; FONTANA & BERLATO, 1997). Excesso de chuva, para cevada, como ocorre em anos de El Niño, cria condições de ambiente favoráveis ao desenvolvimento de doenças, conforme foi amplamente discutido por ARIAS (1995), além de afetar negativamente as características de qualidade para malteação (MINELLA, 1998; 1999).

Também, conforme verificado para a cultura de trigo por CUNHA *et al.* (1999), tornou-se evidente que nem todo El Niño causa necessariamente impactos negativos sobre o rendimento da cultura de cevada no Brasil. O impacto vai depender da intensidade do fenômeno e da anomalia causada no regime de chuvas. O mesmo vale para os episódios La Niña; nem todos são necessariamente favoráveis à cultura de cevada, porém a maioria têm sido.

## Conclusões

O fenômeno El Niño-Oscilação do Sul é uma fonte de variabilidade climática de curto prazo, escalas estacional e interanual, que afeta o território brasileiro. Assim sendo, influencia o rendimento de grãos da cultura de cevada no país. Na maioria das vezes, causa impactos positivos nos anos de La Niña e im-

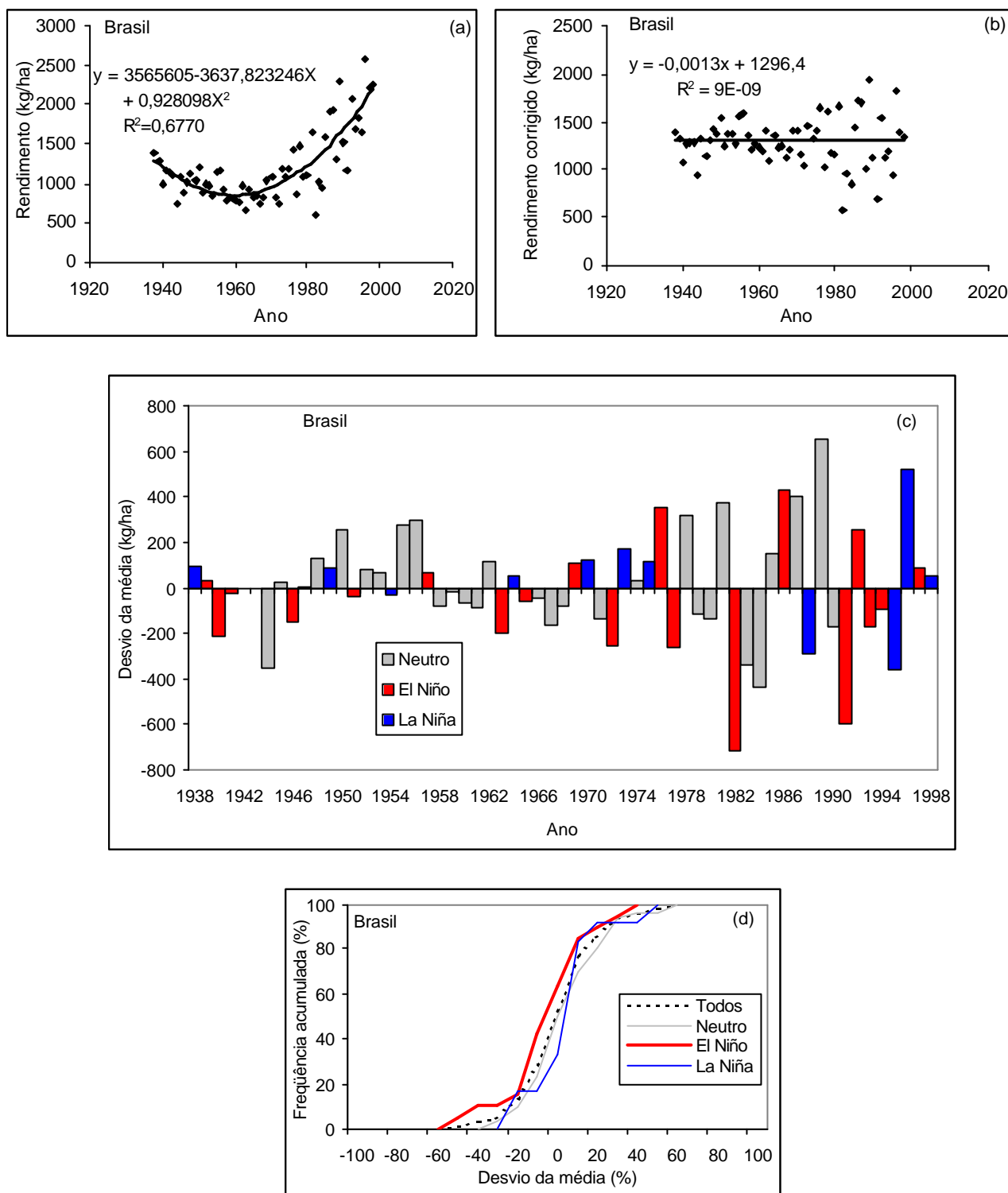
**Tabela 1.** Desvios no rendimento médio de grãos da cultura de cevada no Brasil, conforme as fases do fenômeno El Niño-Oscilação do Sul, 1938 a 1998

Estado/País	Período	Positivo	Negativo	Total	Total de anos
<b>Ano de El Niño</b>					
Rio Grande do Sul	1938 - 1998	7 (37%)	12 (63%)	19 (31%)	61 (100%)
Santa Catarina	1938 - 1998	6 (32%)	13 (68%)	19 (31%)	61 (100%)
Paraná	1938 - 1998	11 (58%)	8 (42%)	19 (31%)	61 (100%)
Brasil	1938 - 1998	7 (37%)	12 (63%)	19 (31%)	61 (100%)
<b>Ano de La Niña</b>					
Rio Grande do Sul	1938 - 1998	9 (75%)	3 (25%)	12 (20%)	61 (100%)
Santa Catarina	1938 - 1998	7 (58%)	5 (42%)	12 (20%)	61 (100%)
Paraná	1938 - 1998	7 (58%)	5 (42%)	12 (20%)	61 (100%)
Brasil	1938 - 1998	8 (67%)	4 (33%)	12 (20%)	61 (100%)
<b>Ano Neutro</b>					
Rio Grande do Sul	1938 - 1998	15 (50%)	15 (50%)	30 (49%)	61 (100%)
Santa Catarina	1938 - 1998	14 (47%)	16 (53%)	30 (49%)	61 (100%)
Paraná	1938 - 1998	18 (60%)	12 (40%)	30 (49%)	61 (100%)
Brasil	1938 - 1998	15 (50%)	15 (50%)	30 (49%)	61 (100%)

pactos negativos nos anos de El Niño, particularmente na Região Sul do Brasil.

#### Referências bibliográficas

- ALVES, J.M.B., REPELLI, C.A. A variabilidade pluviométrica no setor norte do nordeste e os eventos El Niño-Oscilação Sul (Enos). **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo, v. 7, n. 2, p. 583-592, 1992.
- ARIAS, G. **Mejoramiento genético y producción de cebada cervecera en América del Sur**. Roma : FAO - Dirección de Producción y Protección Vegetal, 1995. 157 p.
- CANE, M.A., ESHEL, G., BUCKLAND, R.W. Forecasting zimbabwean maize yield using eastern equatorial Pacific sea surface temperature. **Nature**, London, v. 370, p. 204-205, 1994.
- CARLSON, R.E., TODEY, D.P., TAYLOR, S.E. Midwestern corn yield and weather in relation to extremes of the southern oscillation. **Journal of Production Agriculture**, Madison, v. 9, n. 3, p. 347-352, 1996
- CUNHA, G.R., DALMAGO, G.A., ESTEFANEL, V. Enso influences on wheat crop in Brazil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 7, n. 1, p. 127-138, 1999.
- CUNHA, G.R. El Niño-Oscilação do Sul e perspectivas climáticas aplicadas no manejo de culturas no sul do Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 7, n. 2, p. 277-284, 1999.
- DIAZ, A.F., STUDZINSKI, C.D., MECHOSO, C.R. Relationships between precipitation anomalies in Uruguay and southern Brazil and sea surface temperature in the Pacific and Atlantic oceans. **Journal of Climate**, Boston, v. 11, n. 2, p. 251-271, 1998.
- FONTANA, D.C., BERLATO, M.A. Relação entre El Niño oscilação sul (ENOS), precipitação e rendimento de milho no estado do Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v. 2, n. 1, p. 39-45, 1996.
- FONTANA, D.C., BERLATO, M.A. Influência do El Niño Oscilação Sul sobre a precipitação pluvial no estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 5, n. 1, p. 127-132, 1997.
- GLANTZ, M.H. **Current of change: El Niño's impact on climate and society**. Cambridge : University of Cambridge, 1996. 194 p.
- GRIMM, A.M., TELEGINSKI, S.E., COSTA, S.M.S. da et al. Anomalias de precipitação no sul do Brasil em eventos La Niña. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 9., 1996, Campos do Jordão. **Anais...** Rio de Janeiro : Sociedade Brasileira de Meteorologia / Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1996a. v. 2, p. 1113-1117.
- GRIMM, A.M., TELEGINSKI, S.E., FREITAS, E.D. de et al. Anomalias de precipitação no sul do Brasil em



**Figura 4.** Série histórica original de rendimento de grãos de cevada (kg/ha) (a) e corrigida conforme tendência dos dados (b); série histórica de desvios da média (kg/ha) (c) e freqüência acumulada (%) dos desvios da média (d) de rendimentos de cevada, de acordo com as fases do fenômeno ENOS, Brasil, 1938 a 1998.



- eventos El Niño. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 9., 1996, Campos do Jordão. **Anais...** Rio de Janeiro : Sociedade Brasileira de Meteorologia / Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1996b. v. 2, p. 1098-1102.
- HANSEN, J.W., HODGES, A.W., JONES, J.W. ENSO influences on agriculture in the southern United States. **Journal of Climate**, Boston, v. 11, n. 3, p. 404-411, 1998
- KEPPENNE, C.L. An ENSO signal in soybean futures prices. **Journal of Climate**, Boston, v. 8, n. 6, p. 1685-1689, 1995.
- MINELLA, E. Safra brasileira de cevada: resultados finais de 1997. In: REUNIÃO ANUAL DE PESQUISA DE CEVADA, 18., 1998, Passo Fundo. **Anais...** Passo Fundo : Embrapa Trigo, 1998. p. 22-25.
- MINELLA, E. Safra brasileira de cevada - 1998. In: REUNIÃO ANUAL DE PESQUISA DE CEVADA, 19., 1999, Passo Fundo. **Anais...** Passo Fundo : Embrapa Trigo, 1999. p. 20-23. (Embrapa Trigo. Documentos, 5).
- MINELLA, E. Safra brasileira de cevada de 1999. In: REUNIÃO ANUAL DE PESQUISA DE CEVADA, 20., 2000, Passo Fundo. **Anais...** Passo Fundo : Embrapa Trigo, 2000. p. 37-40.
- MJELDE, J.W., KEPLINGER, K. Using the southern oscillation to forecast Texas winter wheat and sorghum crop yields. **Journal of Climate**, Boston, v. 11, n. 1, p. 54-60, 1998.
- MOURA, A.D. Prospects for seasonal-to-interannual climate prediction and applications for sustainable development. **World Meteorological Organization Bulletin**, Geneva, v. 43, n. 3, p. 207-215, 1994.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (Washington, USA). **Learning to predict climate variations associated with El Niño and the southern oscillation.** Washington : National Academy Press, 1996. 171 p.
- PHILANDER, S.G. **El Niño, La Niña, and the southern oscillation.** San Diego : Academic Press, 1990. 293 p.
- RAO, V. B., SÁ, L.D.A., FRANCHITO, S.H., et al. Interannual variations of rainfall and corn yields in northeast Brazil. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 85, n. 1/2, p. 63-74, 1997.
- ROPELEWSKI, C.F., HALPERT, M.S. Global and regional scale precipitation associated with El Niño/southern oscillation. **Monthly Weather Review**, Washington, v. 115, p. 1606-1626, 1987.
- ROPELEWSKI, C.F., HALPERT, M.S. Precipitation patterns associated with the high index phase of the southern oscillation. **Journal of Climate**, Boston, v. 4, p. 268-284, 1989.
- ROPELEWSKI, C.F., HALPERT, M.S. Quantifying southern oscillation - precipitation relationships. **Journal of Climate**, Boston, v. 9, n. 5, p. 1043-1059, 1996.
- ROPELEWSKY, C.F., JONES, P.D. An extension of the Tahiti-Darwin southern oscillation index. **Monthly Weather Review**, Washington, v.115, p.2161-2165, 1987.
- SILVA, J.F. **El Niño, o fenômeno climático do século** Brasília : Thesaurus, 2000. 139 p.
- UVO, C.B., REPELLI, C.A., ZEBIAK, S. et al. **A study on the influence of the Pacific and Atlantic SST on the northeast Brazil monthly precipitation using singular value decomposition (SVD).** São José dos Campos : INPE, 1994. 30 p. (Report of I International Training Course on Practical and Theoretical Aspects of Short-Term Climate Prediction, Columbia, Apr. 1993 - Jan. 1994).
- VOITURIEZ, B., JACQUES, G. **El Niño: Realidad y Ficción.** Paris : UNESCO, 2000. 142 p.