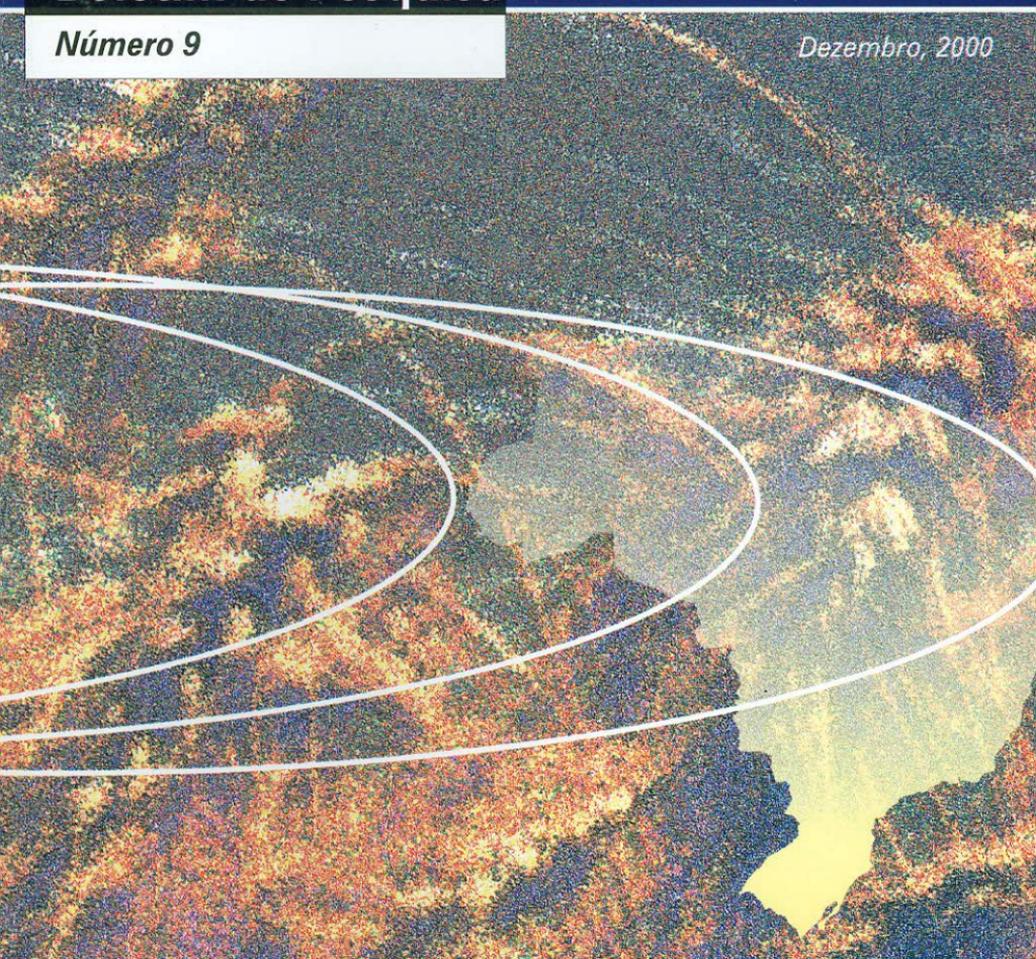


Boletim de Pesquisa

ISSN 1516-3830

Número 9

Dezembro, 2000



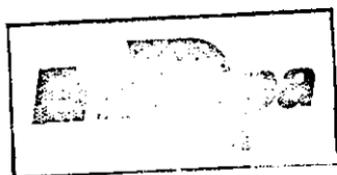
**EL NIÑO, LA NIÑA, OSCILAÇÃO DO SUL
E SEUS IMPACTOS SOBRE AS CULTURAS
DE TRIGO E DE CEVADA NO BRASIL**

Boletim de Pesquisa

Número 9

ISSN 1516-3830

Dezembro, 2000



EL NIÑO, LA NIÑA, OSCILAÇÃO DO SUL E SEUS IMPACTOS SOBRE AS CULTURAS DE TRIGO E DE CEVADA NO BRASIL

Gilberto Rocca da Cunha
Genei Antonio Dalmago
Valduino Estefanel
Aldemir Pasinato
Márcia Barrocas Moreira

Passo Fundo, RS
2000

Embrapa

Trigo

Exemplares desta publicação podem ser solicitados à:

Embrapa Trigo
Rodovia BR 285, km 174
Telefone: (54)311-3444
Fax: (54)311-3617
Caixa Postal 451
99001-970 Passo Fundo, RS
e-mail: biblioteca@cnpt.embrapa.br

Tiragem: 1.000 exemplares

Comitê de Publicações

Rainoldo Alberto Kochhann - **Presidente**
Amarilis Labes Barcellos
Erivelton Scherer Roman
Geraldino Peruzzo
Irineu Lorini

Tratamento Editorial: Fátima Maria De Marchi

Capa: Liciane Toazza Duda Bonatto

Referências Bibliográficas: Maria Regina Martins

CUNHA, G.R. da; DALMAGO, G.A.; ESTEFANEL, V.; PASINATO, A.; MOREIRA, M.B. El Niño, La Niña, oscilação do sul e seus impactos sobre as culturas de trigo e de cevada no Brasil. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2000. 44p. (Embrapa Trigo. Boletim de Pesquisa, 9).

Clima; Trigo; Cevada; Brasil.

CDD: 630.2516081

Apresentação

O impacto do clima sobre a produção agrícola, principalmente sobre os cereais cultivados no período outono-inverno, no Brasil, é sabidamente um dos aspectos que mais preocupam os produtores rurais, a assistência técnica, os agentes de crédito rural e as empresas que trabalham com seguro agrícola.

Durante muito tempo, a informação sobre eventos climáticos era baseada em observações e previsões meteorológicas com antecipação de até 72 horas e sujeitas a erros expressivos. O conhecimento do que, hoje, chamamos fenômeno El Niño e La Niña permite aos especialistas em agro-meteorologia antever condições meteorológicas com antecedência de até um ano.

O entendimento do impacto que esse fenômeno meteorológico tem sobre a produção de trigo e de cevada no Brasil, tema deste Boletim de Pesquisa que temos a satisfação de disponibilizar ao nosso público, é de fundamental importância para o planejamento do processo produtivo, a fim de resguardarmos os produtores contra o desconhecido.

Esperamos poder contribuir com esta publicação para o sucesso da produção de grãos em nosso país.

Benami Bacaltchuk
Chefe-geral da Embrapa Trigo

Sumário

El Niño, El Niña, Oscilação do Sul e seu Impactos sobre as Culturas de Trigo e Cevada no Brasil	7
Resumo.....	7
Abstract.....	9
Introdução.....	10
Material e Métodos	15
Resultados e Discussão	17
<i>Impactos sobre a cultura de trigo no Brasil</i>	<i>17</i>
<i>Impactos sobre a cultura de cevada no Brasil</i>	<i>32</i>
Conclusão	41
Referências Bibliográficas	41

EL NIÑO, LA NIÑA, OSCILAÇÃO DO SUL E SEUS IMPACTOS SOBRE AS CULTURAS DE TRIGO E DE CEVADA NO BRASIL

Gilberto Rocca da Cunha¹

Genei Antonio Dalmago²

Valduino Estefanel³

Aldemir Pasinato⁴

Márcia Barrocas Moreira⁴

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

¹ Pesquisador da Embrapa Trigo, Caixa Postal 451, 99001-970 Passo Fundo, RS. E-mail: cunha@cnpt.embrapa.br. Bolsista CNPq-PQ.

² Bolsista CNPq-AP.

³ Professor (aposentado) da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS.

⁴ Analista de Sistemas, UnB/Finatec.

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 das culturas de trigo e de cevada no Brasil; com base em análise da série histórica de 1920 a 1997, para trigo, e de 1938 a 1998, para cevada. No caso de trigo, no Brasil, para 23 episódios El Niño analisados, em 61 % deles os desvios no rendimento de grãos foram negativos. Nos eventos La Niña (15 eventos) ocorreu o inverso, em 73 % dos casos os desvios no rendimento de trigo foram positivos. E nos 40 anos considerados Neutros, em 55 % deles os desvios foram positivos, e nos outros 45 %, negativos. Para a cevada, 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, nas culturas de trigo e 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.

Abstract

El Niño, La Niña, Southern-oscillation, and Their Impacts on Wheat and Barley Crops in Brazil

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 wheat and barley production in Brazil. The impact of these phases on grain yield was based on a historical series of yield data from 1920 to 1997, for wheat, and from 1938 to 1998, for barley. For 23 El Niño occurrences analyzed at national level, the deviations in wheat yield was negative in 61 % of the cases. For 15 La Niña events, positive influences on wheat yield were observed in 73 % of the cases. In the 40 Neutral years, 55 % of the time yield deviations were positive and

45 % of the time they were negative. 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 wheat and 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.

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. 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, ou apenas El Niño, 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 o comportamento 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 comportamento do clima global.

O El Niño-Oscilação do Sul (ENOS), também designado pela expressão inglesa ENSO (El Niño-Southern Oscillation), constitui um fenômeno de dois componentes: um de natureza oceânica, no caso o El Niño, e outro de natureza atmosférica, representado pela Oscilação do Sul.

A denominação El Niño remonta ao século XVIII e foi empregada pela primeira vez por pescadores peruanos para designar uma corrente de águas quentes que surgia no Oceano Pacífico, na costa da América do Sul, no fim do mês de dezembro. Em alusão ao Natal e ao “Menino Jesus”, essa corrente de água quente foi chamada de El Niño, expressão espanhola que significa “O Menino”. Atualmente a expressão é usada para designar mudanças na temperatura da superfície das águas em toda a bacia oceânica do Oceano Pacífico tropical.

Quanto ao componente atmosférico, os trabalhos de Sir Gilbert Walker, no início do século XX, demonstraram uma correlação inversa entre a pressão na superfície sobre os oceanos Pacífico e Índico, denominada Oscilação do Sul: quando alta no Oceano Pacífico, a pressão tende a ser baixa no Oceano Índico. Esses trabalhos tentavam correlacionar a Oscilação do Sul com as monções na Índia.

Nos anos 60, foi o meteorologista norueguês, radicado nos Estados Unidos da América, Jakob Bjerknes quem idealizou a ligação entre os dois fluidos – o oceano e a atmosfera – no Oceano Pacífico tropical. A atmosfera atua, mecanicamente, sobre a superfície do oceano,

redistribuindo anomalias de temperatura. E, por sua vez, através de fluxos de calor, é forçada uma circulação anômala da atmosfera, com mudanças nos campos de vento. O ENOS é uma manifestação de instabilidade do sistema acoplado oceano-atmosfera.

Vários índices têm sido usados para medir a intensidade do ENOS. Um deles é o Índice de Oscilação do Sul (IOS), que reflete a diferença normalizada de pressão atmosférica entre duas estações-chave para o fenômeno (Darwin-AU e Taiti) e a temperatura da superfície do mar (TSM), em uma região chamada de Niño 3 (5°N – 5°S e 90°-150°W). O IOS mede a intensidade da Oscilação do Sul (componente atmosférico) e a TSM da região Niño 3 mede a intensidade do EL Niño (componente oceânico).

No Oceano Pacífico tropical, em virtude dos ventos alísios, que sopram predominantemente de sudeste no Hemisfério Sul, há um padrão de circulação oceânica em que, na costa da América do Sul, as águas são normalmente frias e, no extremo oposto, região da Indonésia e costa da Austrália, as águas são, em geral, quentes.

A temperatura das águas do Oceano Pacífico, associada aos campos de pressão atmosférica à superfície, influi na circulação zonal da atmosfera, em uma célula do tipo Walker, isto é, no sentido leste-oeste, onde há ascensão de ar na parte oeste do Pacífico Tropical e descida de ar no extremo leste desse oceano. Isso faz com que a parte oeste do Oceano Pacífico seja uma região de chuvas freqüentes e, de forma oposta, a parte leste, na costa da América do Sul, seja uma região de chuvas escassas.

Em anos de El Niño, detecta-se, previamente ao seu estabelecimento, um enfraquecimento dos ventos alísios na região do Pacífico Equatorial. Esse fato altera o padrão de circulação oceânica, diminuindo a ressurgência de águas frias na costa da América do Sul e deslocando as águas quentes do Pacífico oeste para uma posição a leste da linha internacional de mudança de data. Com isso, há o deslocamento do ramo ascendente da célula de circulação do tipo Walker para a parte central do Oceano Pacífico, fazendo com que as ilhas nessa região experimentem excesso de chuvas, onde, originalmente, são escassas.

Com o deslocamento cada vez mais para leste, as águas anormalmente quentes do Oceano Pacífico Tropical chegam a atingir a costa da América do Sul, na altura do Peru e do Equador. Desse modo, passa a ocorrer ascensão de ar nessa região, fazendo com que a costa da América do Sul experimente chuvas muito além da normalidade. Esse ramo ascendente da célula de circulação tipo Walker torna-se descendente com subsidência de ar seco, sobre a parte norte da Amazônia e a Região Nordeste do Brasil, determinando secas acentuadas nessas regiões.

Em termos de comportamento dos campos atmosféricos, o Índice de Oscilação do Sul (IOS) reflete as anomalias de pressão à superfície, através de diferenças de pressão entre o Taiti, no Pacífico Central, e Darwin, na Austrália. Nos anos em que a pressão à superfície é elevada em Darwin e baixa no Taiti, o IOS é negativo (episódio El Niño); inversamente, quando a pressão à superfície é baixa em Darwin e elevada no Taiti, o IOS é positivo. Quando o

IOS é fortemente positivo, águas mais frias do que o normal aparecem através da região central e parte leste do Oceano Pacífico Equatorial. Esse episódio frio é chamado de La Niña e implica anomalias climáticas geralmente inversas às do episódio quente, denominado El Niño.

O ENOS 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) e National... (1996).

Várias regiões no mundo, cujo clima é afetado pelas fases do ENOS, foram identificadas por Ropelewski & Halpert (1987) (1989) (1996). Entre essas, 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 de a 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 são maiores de chuvas acima do normal, em anos de El Niño, e chuvas abaixo do normal, em anos de La Niña.

Na região de produção de trigo e de cevada no Brasil, são freqüentemente relacionados como elementos de riscos climáticos para a produção desses cereais, afetando o rendimento de grãos, tanto em quantidade quanto em qualidade: excesso e/ou deficiência hídrica, geadas, temperaturas elevadas, umidade relativa elevada (favorecendo doenças), granizo, ventos causando acamamento de plantas etc.

O objetivo deste estudo foi avaliar o impacto das fases do fenômeno ENOS e sua variabilidade climática associada ao rendimento das culturas de trigo e de cevada no Brasil.

Material e Métodos

Registros históricos de rendimento de trigo, de 1920 a 1997, e de cevada, de 1938 a 1998, no Brasil, foram

analisados 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 trigo (kg/ha) agregados por estado (Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Mato Grosso do Sul e Minas Gerais) e para o país. E para a cultura de cevada, os dados de rendimento médio anual (kg/ha) também foram agregados por estado (Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná) e para o país. As estatísticas são oriundas do IBGE, Banco do Brasil-CTRIN, Conab/Dipla/Depos.

Os dados originais da série histórica de rendimento de grãos de trigo (1920-1997) e de cevada (1938 a 1998) 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 dessas culturas, 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} = rendimento do ano i corrigido, Y_i = rendimento original do ano i , $Y(X_i)$ = rendimento do ano i estimado pelo modelo de regressão, e $Y(X_0)$ = rendimento do primeiro ano da série histórica estimado pelo modelo de regressão.

Os desvios anuais de rendimento de grãos de trigo e 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

Impactos sobre a cultura de trigo no Brasil

No Brasil, trigo tem sido cultivado principalmente no Sul. Nessa região, Paraná e Rio Grande do Sul são os principais estados produtores. Também há trigo em Santa Catarina, embora em menor escala. No restante do país, há disponibilidade de estatísticas de trigo em Mato Grosso do

Sul, em São Paulo e em Minas Gerais. Com isso, pela expressão no total da produção brasileira de trigo e considerando a sensibilidade da região às variações climáticas associadas às fases do fenômeno ENOS, serão apresentados e discutidos primeiramente os resultados obtidos para os estados da Região Sul (PR, RS e SC; nessa ordem, pela importância da cultura). Na seqüência, os efeitos sobre o rendimento médio nos estados de MS, de SP e de MG e no país.

A variabilidade do rendimento médio de grãos da cultura de trigo no Paraná, no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina, de 1920 a 1997, pode ser vista na Figura 1. Nesta, as partes (a), (c) e (e) contemplam as séries históricas originais, mostrando uma tendência quadrática de crescimento no rendimento médio em função do ano. Evidentemente, devido 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). De 1920 até 1940, o rendimento de grãos de trigo no Brasil apresentou tendência de decréscimo, devido, principalmente, à ocorrência de doenças e à falta de adaptação a solos ácidos. Contudo, nos anos 40, com o desenvolvimento de cultivares localmente adaptadas, como foi o caso da cultivar de trigo Frontana, essa tendência foi mudada. As partes (b), (d) e (f)) da Figura 1 contêm as mesmas séries históricas de rendimento, porém após retirada da tendência tecnológica associada aos dados. Fica claro o efeito de outro fator sobre o rendimento: no caso, a variabilidade climática.

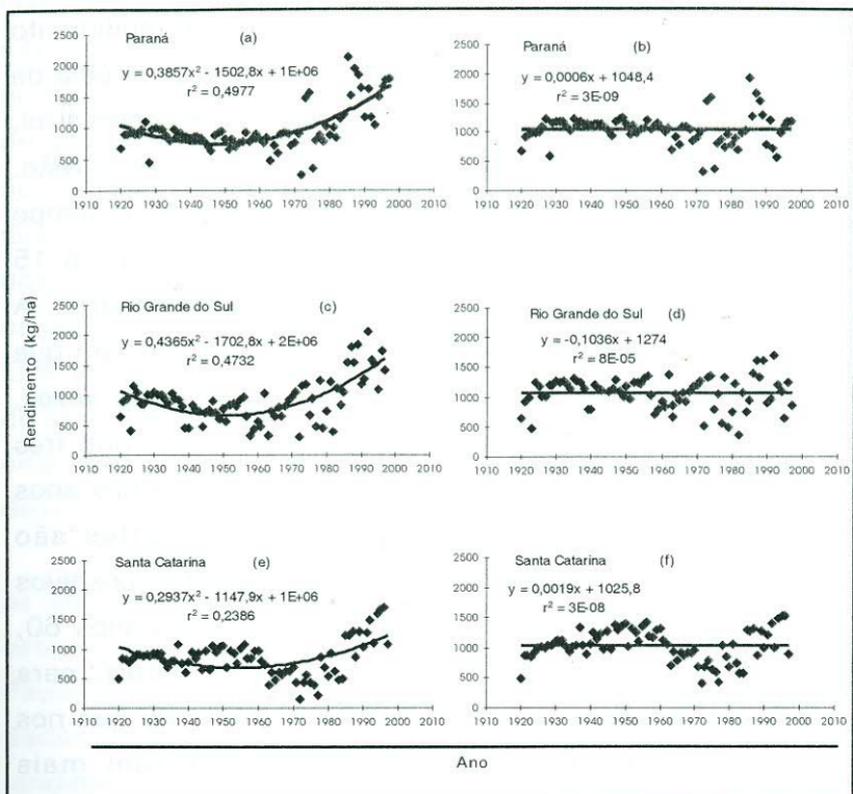


Figura 1. Série histórica original de rendimento de grãos de trigo (kg/ha) [(a), (c) e (e)] e série corrigida conforme tendência dos dados [(b), (d) e (f)], para os estados do Paraná, do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina, 1920 a 1997.

A Figura 2, partes (a), (b) e (c), mostra os desvios dos rendimentos corrigidos, isto é, sem a tendência tecnológica, em relação à média, para os estados do Paraná, do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina, 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 estão pintadas com as cores azul, vermelha e cinza, de acordo com a classificação de El Niño, La Niña e ano Neutro, respectivamente. No período de tempo considerado, 78 anos, ocorreram 23 eventos El Niño e 15 eventos La Niña. Os outros 40 anos foram anos Neutros. A análise da Figura 2 e os dados da Tabela 1 evidenciam que os impactos dos eventos El Niño são, na maioria das vezes, negativos sobre o rendimento de grãos de trigo, nos três estados da Região Sul do Brasil. O inverso ocorre nos anos de La Niña, quando os impactos predominantes são positivos. E nos anos Neutros, também impactos positivos são maioria. A Figura 2 também mostra que, nos anos 60, nos anos 70 e nos anos 80, os desvios da média, para rendimento de grãos, foram mais pronunciados do que nos outros períodos. Esses eventos não só foram mais frequentes nesses períodos, mas também mais fortes, causando maior impacto sobre a variabilidade climática interanual.

As curvas de probabilidade acumulada para os desvios de rendimento expressos em porcentagem da média encontram-se na Figura 3. O comportamento das curvas para anos de El Niño (vermelho), anos de La Niña (azul), anos Neutros (cinza) e anos considerados sem distinção de El Niño, La Niña e Neutro (tracejado) reforça a indicação de que os piores anos para trigo (probabilidades maiores de desvios de rendimentos negativos) são aqueles classificados

como anos de El Niño. Por outro lado, os anos de La Niña são os mais favoráveis à cultura, pois implicam probabilidades maiores de desvios positivos de rendimento de grãos. A separação entre as curvas de probabilidade acumulada, como a que representa os anos de La Niña deslocada mais para a direita da figura, em relação àquela dos anos de El Niño, possibilita inferir que estocasticamente os anos de La Niña são dominantes em relação aos anos de El Niño. Ou seja, em anos de La Niña as chances são maiores de se ter desvios positivos no rendimento de grãos de trigo, enquanto, em anos de El Niño, as maiores chances são de desvios negativos nos rendimentos.

Na Figura 4, partes (a), (c) e (e), estão representadas as séries históricas originais de rendimento de trigo nos estados de Mato Grosso do Sul (1971 a 1997), de São Paulo (1952 a 1997) e de Minas Gerais (1976 a 1997). Os dados indicam uma tendência linear de crescimento do rendimento médio nesses estados, associada aos anos. As mesmas séries históricas, sem tendência tecnológica, podem ser vistas nas partes (b), (d) e (f). A variabilidade devida a causas não tecnológicas fica evidenciada nas mesmas séries.

Os desvios de rendimento de grãos corrigidos, em relação à média da série histórica, são mostrados nas partes (a), (b) e (c) da Figura 5, para os estados de Mato Grosso do Sul, de São Paulo e de Minas Gerais, respectivamente. Os eventos ENOS são identificados pelas cores das barras: El Niña (azul), La Niña (vermelho) e ano Neutro (cinza).

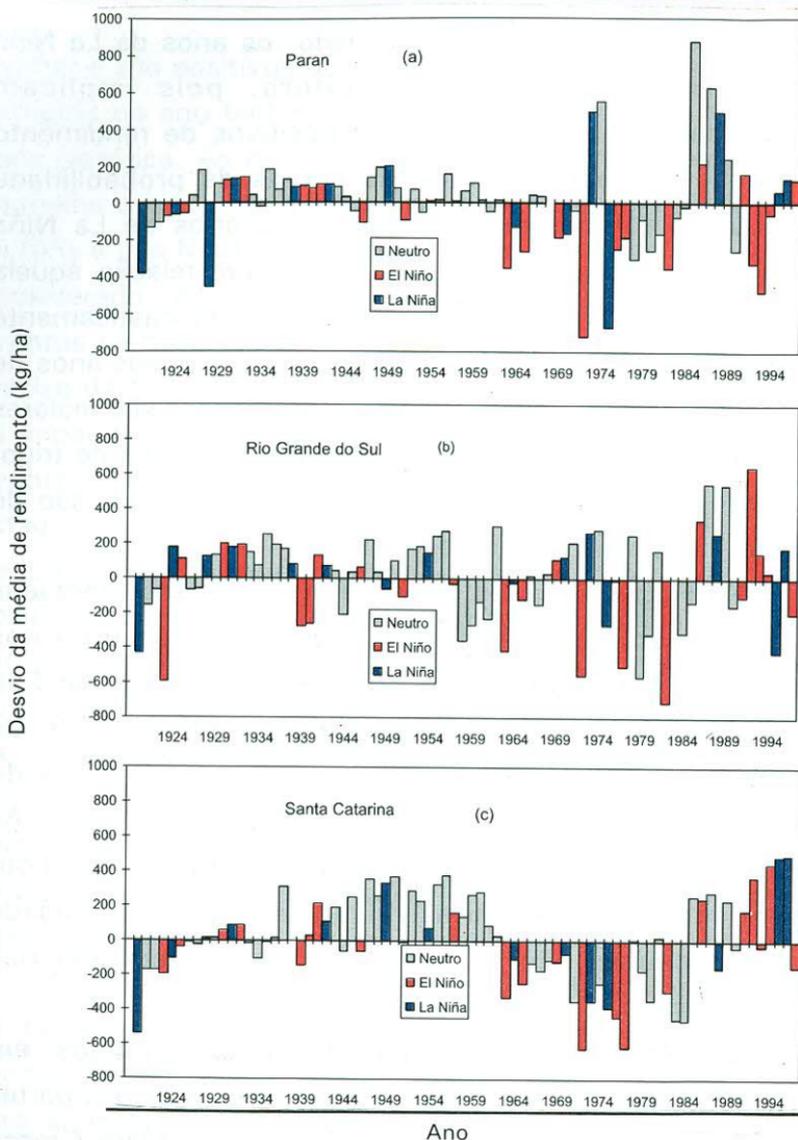


Figura 2. Série histórica de desvios da média de rendimento de grãos de trigo (kg/ha), dados corrigidos conforme tendência, de acordo com a fase do fenômeno ENOS, para os estados do Paraná (a), do Rio Grande do Sul (b) e de Santa Catarina (c), 1920 a 1997.

Tabela 1. Desvios no rendimento médio de grãos da cultura de trigo no Brasil, conforme as fases do fenômeno El Niño-Oscilação do Sul, 1920 a 1997

Estado/País	Período	Positivo	Negativo	Total	Total de anos
Ano de El Niño					
Paraná	1920-1997	9 (39%)	14 (61%)	23 (29%)	78 (100%)
Rio Grande do Sul	1920-1997	10 (43%)	13 (57%)	23 (29%)	78 (100%)
Santa Catarina	1920-1997	9 (39%)	14 (61%)	23 (29%)	78 (100%)
Mato Grosso do Sul	1971-1997	3 (30%)	7 (70%)	10 (37%)	27 (100%)
São Paulo	1952-1997	6 (43%)	8 (57%)	14 (30%)	46 (100%)
Minas Gerais	1976-1997	4 (44%)	5 (56%)	9 (41%)	22 (100%)
Brasil	1920-1997	9 (39%)	14 (61%)	23 (29%)	78 (100%)
Ano de La Niña					
Paraná	1920-1997	9 (60%)	6 (40%)	15 (19%)	78 (100%)
Rio Grande do Sul	1920-1997	10 (67%)	5 (33%)	15 (19%)	78 (100%)
Santa Catarina	1920-1997	8 (53%)	7 (47%)	15 (19%)	78 (100%)
Mato Grosso do Sul	1971-1997	2 (40%)	3 (60%)	5 (18%)	27 (100%)
São Paulo	1952-1997	6 (75%)	2 (25%)	8 (17%)	46 (100%)
Minas Gerais	1976-1997	3 (100%)	0 (0%)	3 (14%)	22 (100%)
Brasil	1920-1997	11 (73%)	4 (27%)	15 (19%)	78 (100%)

Continuação Tabela 1

Estado/País	Período	Positivo	Negativo	Total	Total de anos
Ano Neutro					
Paraná	1920-1997	26 (65%)	14 (35%)	40 (52%)	78 (100%)
Rio Grande do Sul	1920-1997	25 (63%)	15 (37%)	40 (52%)	78 (100%)
Santa Catarina	1920-1997	22 (55%)	18 (45%)	40 (52%)	78 (100%)
Mato Grosso do Sul	1971-1997	8 (67%)	4 (33%)	12 (45%)	27 (100%)
São Paulo	1952-1997	12 (50%)	12 (50%)	24 (53%)	46 (100%)
Minas Gerais	1976-1997	3 (30%)	7 (70%)	10 (45%)	22 (100%)
Brasil	1920-1997	22 (55%)	18 (45%)	40 (52%)	78 (100%)

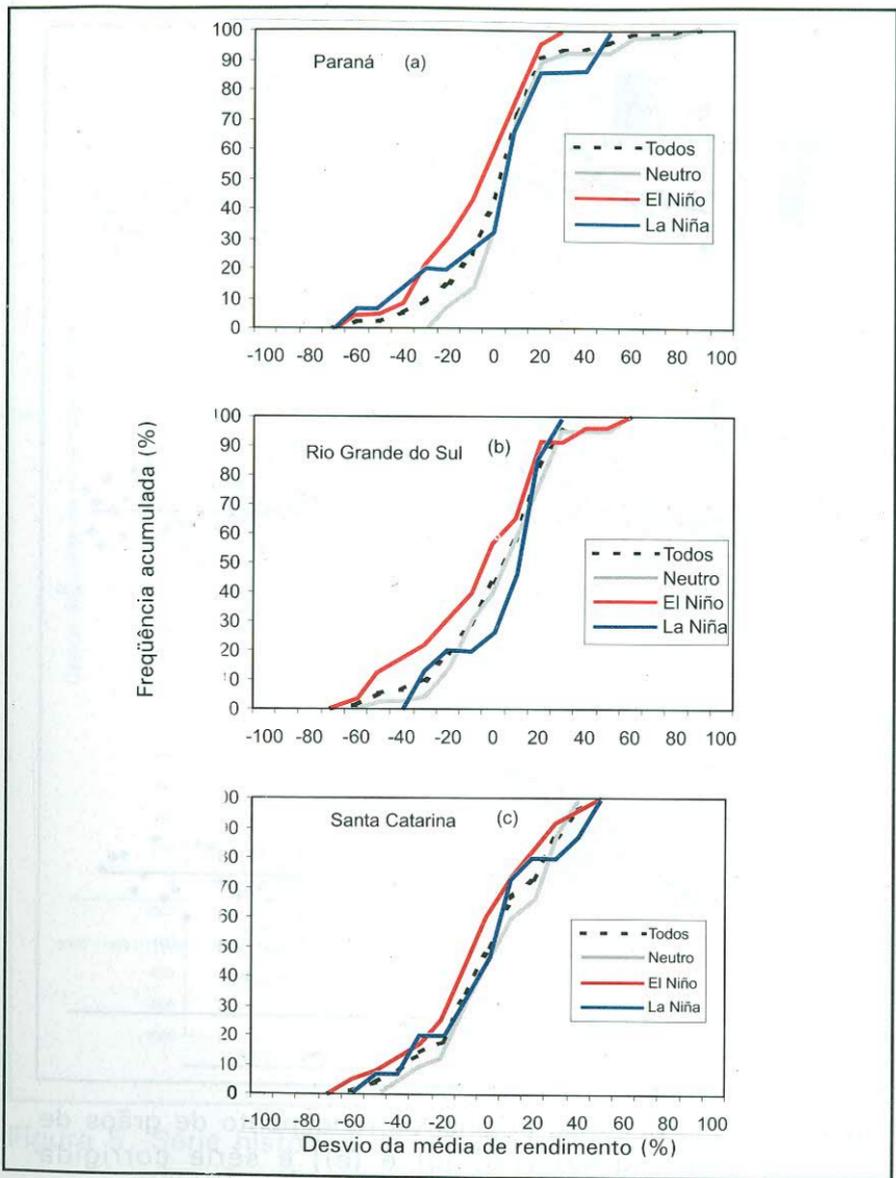


Figura 3. Frequência acumulada (%) dos desvios da média de rendimento de grãos de trigo, de acordo com a fase do fenômeno ENOS, para os estados do Paraná (a), do Rio Grande do Sul (b) e de Santa Catarina (c), 1920 a 1997.

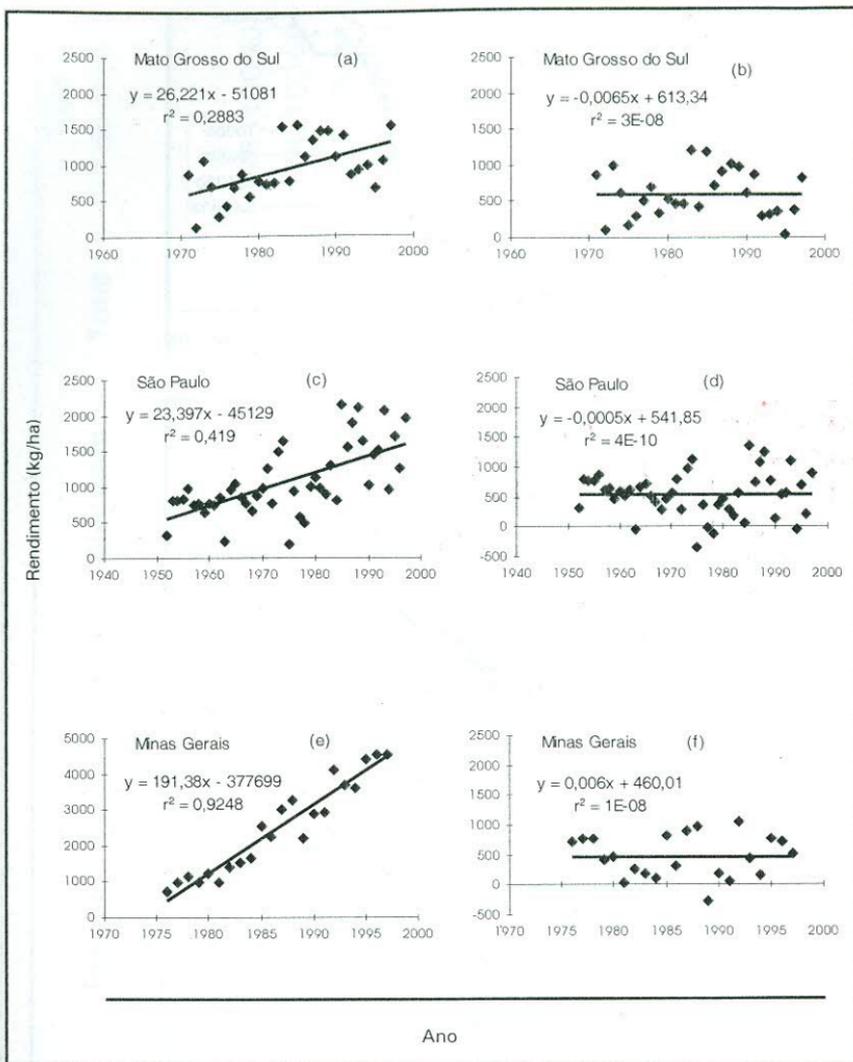


Figura 4. Série histórica original de rendimento de grãos de trigo (kg/ha) [(a), (c) e (e)] e série corrigida conforme tendência dos dados [(b), (d) e (f)], para os estados de Mato Grosso, 1965 a 1997, de São Paulo, 1940 a 1997, e de Minas Gerais, 1970 a 1997.

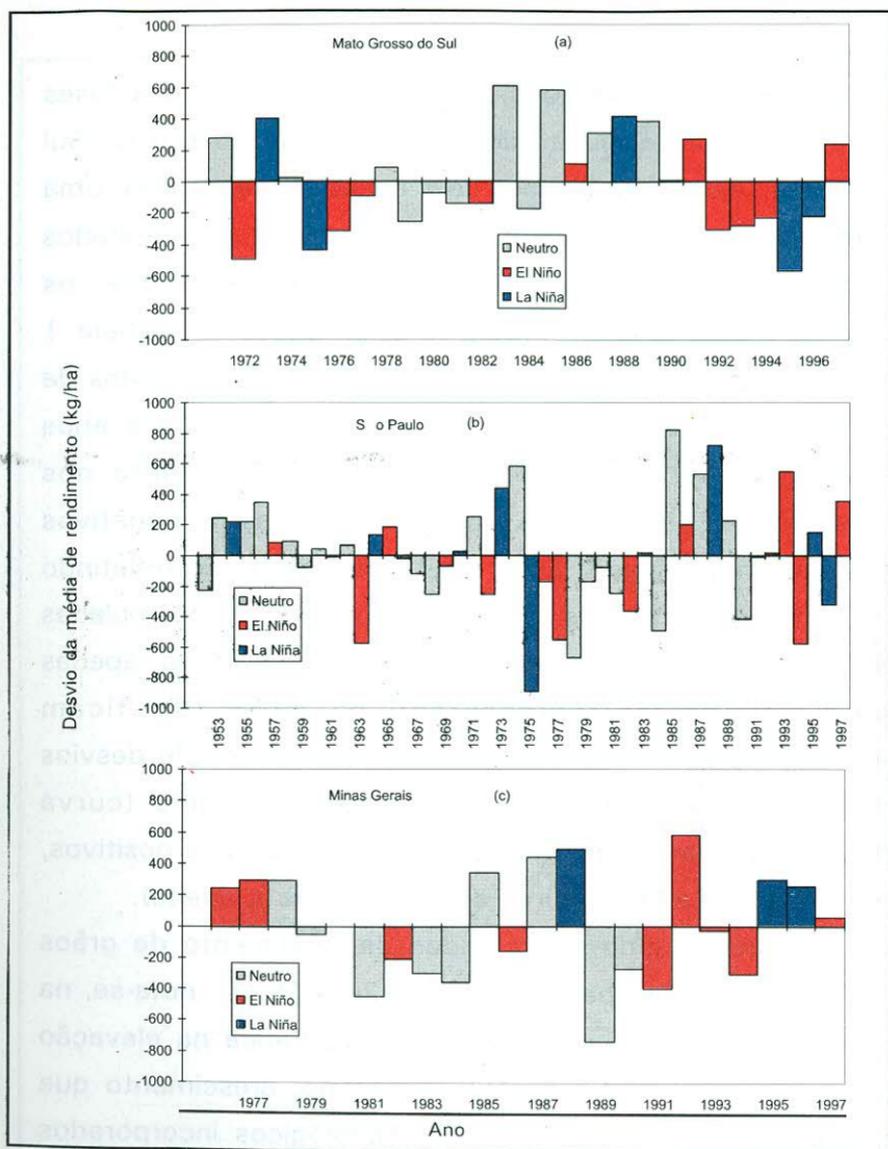


Figura 5. Série histórica de desvios da média de rendimento de grãos de trigo (kg/ha), dados corrigidos conforme tendência, de acordo com a fase do fenômeno ENOS, para os estados de Mato Grosso do Sul, 1971 a 1997 (a), de São Paulo, 1952 a 1997 (b), e de Minas Gerais, 1976 a 1997 (c).

Nesses três estados, a influência regional das fases do ENOS sobre o clima não é tão evidente quanto no Sul do Brasil. Associado ao fato de a análise basear-se em uma série histórica de rendimento de grãos menor, os resultados devem ser vistos com cautela. De qualquer forma, os desvios mostrados na Figura 4 e os dados da Tabela 1 indicam maior ocorrência de desvios negativos em anos de El Niño, comparativamente a anos de La Niña e a anos Neútro, embora para Mato Grosso do Sul, tanto nos episódios El Niño quanto nos La Niña desvios negativos tenham predominado. Essa indefinição acaba se refletindo no comportamento das curvas de probabilidade acumuladas dos desvios de rendimento (Figura 6). Nessa figura, apenas para São Paulo, representado na parte (b), ficam estocasticamente definidas as maiores chances de desvios negativos no rendimento, em anos de El Niño (curva deslocada para a esquerda), bem como de desvios positivos, em anos de La Niña (curva deslocada para a direita).

Considerando-se os dados de rendimento de grãos de trigo agregados para o Brasil, 1920 a 1997, nota-se, na Figura 7, parte (a), uma tendência quadrática na elevação do rendimento médio, vinculada ao ano, crescimento que pode ser atribuído aos avanços tecnológicos incorporados nas lavouras trícolas brasileiras. A parte (b), da Figura 7, mostra a variabilidade do rendimento de grãos de trigo no Brasil, por razões de natureza não tecnológica, uma vez que da série original foi retirada a tendência detectada.

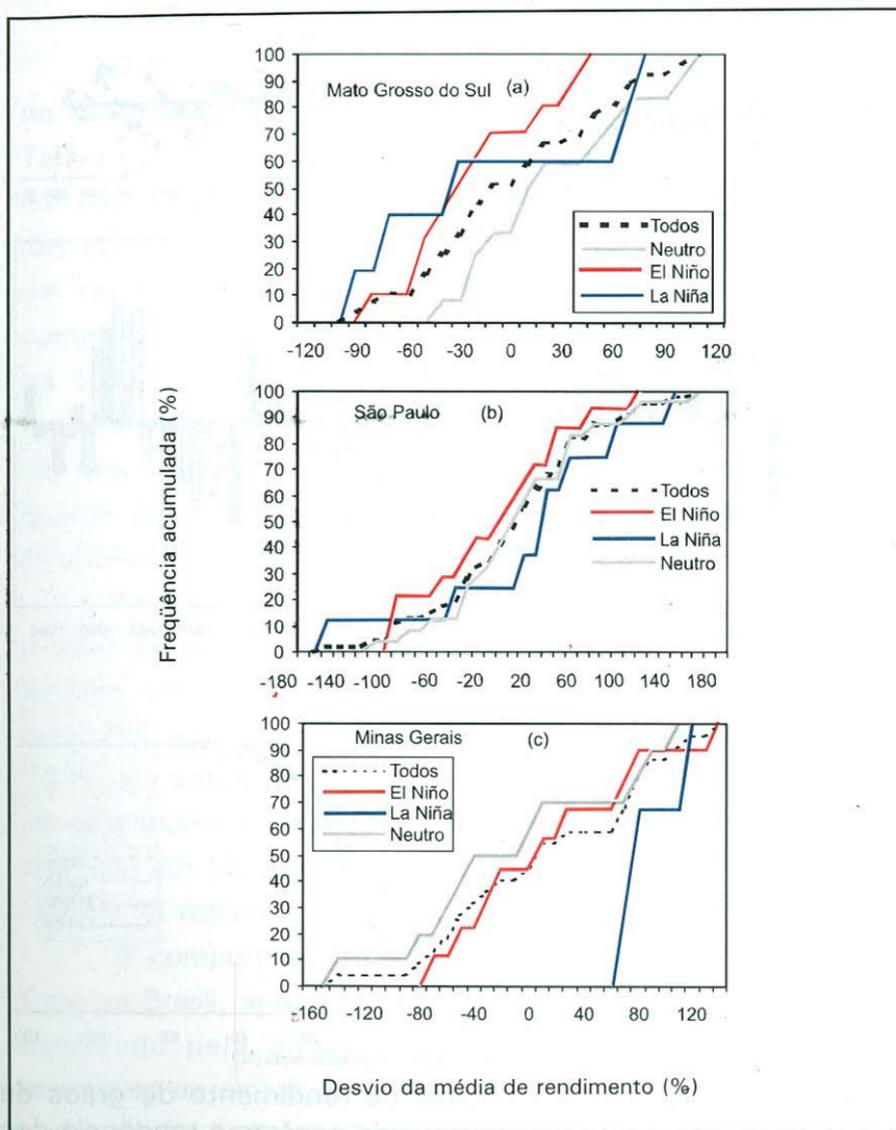


Figura 6. Frequência acumulada (%) dos desvios da média de rendimento de grãos de trigo, de acordo com a fase do fenômeno ENOS, para os estados de Mato Grosso do Sul, 1971 a 1997 (a), de São Paulo, 1952 a 1997 (b), e de Minas Gerais, 1976 a 1997 (c).

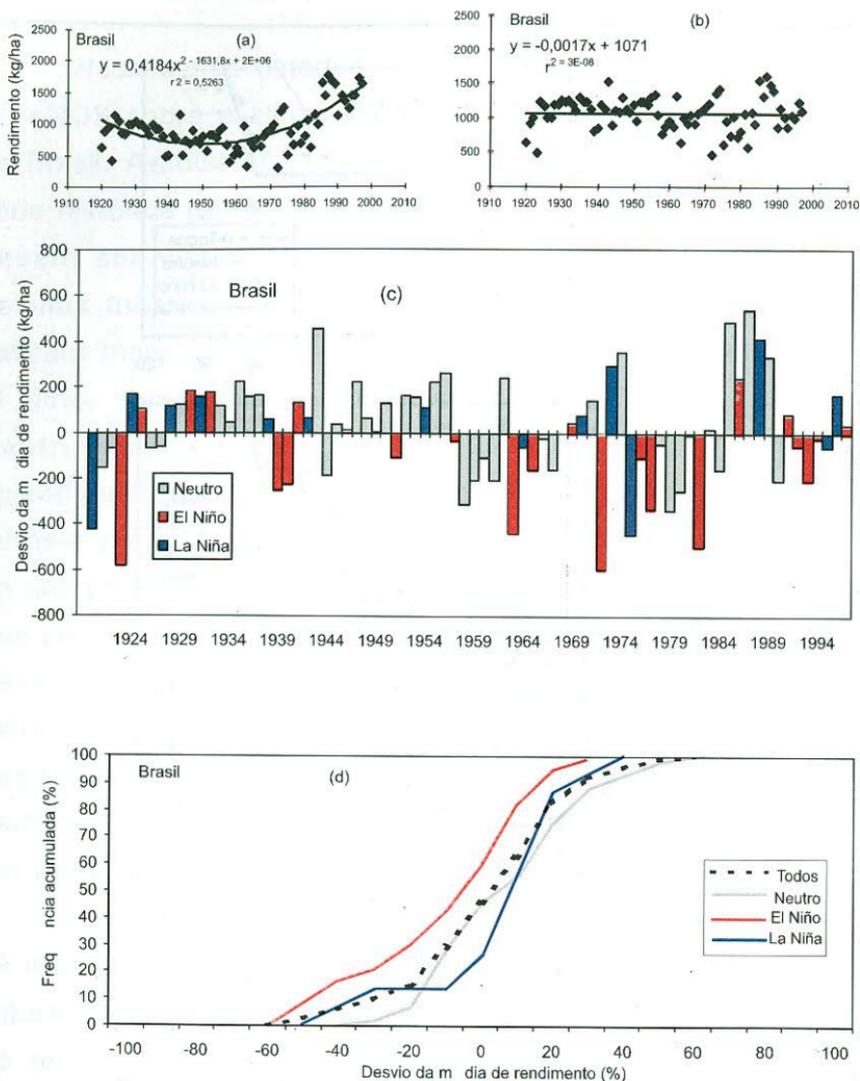


Figura 7. Série histórica original de rendimento de grãos de trigo (kg/ha) (a) e corrigida conforme tendência dos dados (b); série histórica de desvios da média de rendimento (kg/ha) (c) e freqüência acumulada (%) dos desvios da média (d) de rendimentos de trigo, de acordo com as fases do fenômeno ENOS, Brasil, 1920 a 1997.

O Rio Grande do Sul e o Paraná têm maior influência na composição das estatísticas de trigo agregadas no país. Talvez por isso, a Figura 7, parte (c), desvios de rendimento em relação à média histórica, e a parte (d), representação das curvas de probabilidades acumuladas para os desvios de rendimento, mostre grande similaridade com o comportamento detectado no RS e no PR. Estocasticamente, há uma dominância de primeira ordem (curvas de probabilidade acumuladas não se cruzam, Figura 7, parte (d)) dos eventos La Niña, em relação aos eventos El Niño, quanto às chances de trazerem impactos positivos sobre o rendimento da cultura de trigo no Brasil.

Os dados da Tabela 1 reforçam o mostrado na Figura 7. Nos 23 episódios El Niño analisados, em 61 % deles os desvios em rendimento foram negativos. Nos eventos La Niña (15 eventos considerados) ocorreu o inverso: em 73 % dos casos os desvios em rendimento foram positivos, ou seja acima do esperado. E nos 40 anos considerados Neutros, em 55 % das vezes os desvios foram positivos, e nas 45 % restantes, negativos.

O comportamento da variabilidade do rendimento de trigo no Brasil, ante as fases do fenômeno ENOS, pode ser explicado pela influência que o episódio exerce nas anomalias de chuva no período de primavera e começo do verão, no Sul do Brasil (Grimm et al., 1996a e 1996b; Fontana & Berlato, 1997). Essa região concentra, no Paraná e no Rio Grande do Sul, grande parte da produção nacional. E excesso de chuva, para trigo, como ocorre em anos de El Niño, cria condições de ambiente favoráveis ao

desenvolvimento de doenças. Além disso, o encharcamento do solo e a redução de luminosidade, verificada em períodos chuvosos, diminuem o crescimento de raízes e da parte aérea (massa seca), influenciando negativamente nos componentes de rendimento, conforme estudos realizados com trigo no Sul do Brasil por Wendt & Caetano (1985) e por Scheeren et al. (1995a) (1995b). No evento El Niño de 1997, Berlato & Fontana (1997) indicaram estimativas de perdas de 568.641 toneladas na safra agrícola da Região Sul. Desse total, 82 % referia-se à cultura de trigo.

Também ficou evidente que nem todo El Niño causa necessariamente impactos negativos sobre o rendimento da cultura de trigo no Brasil. Isso dependerá muito da intensidade do fenômeno e da anomalia causada no regime de chuvas.

Pelo exposto, em decorrência do peso representado pelos estados do Sul na produção brasileira de trigo, fica evidente o maior risco para a cultura, nos anos em que o fenômeno El Niño está atuando. As chances maiores de impactos climáticos positivos ocorrem nos anos de La Niña, seguidos dos anos Neutros. Isso se deve ao comportamento do regime de chuvas no Sul do Brasil e à sua associação com as fases do fenômeno ENOS.

Impactos sobre a cultura de cevada no Brasil

A cevada, para fins cervejeiros, tem sido cultivada principalmente no Sul do Brasil. Na safra de 1999, foram cultivados 123.395 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 8. Nesta, as partes (a), (c) e (e) contêm as séries históricas originais, apresentando, similar ao verificado com a cultura de trigo, uma tendência quadrática de crescimento no rendimento médio em função do ano. Nesse caso, também, os aumentos de rendimento de grãos podem ser creditados à incorporação de novas tecnologias no sistema de produção. As partes (b), (d) e (f)) da Figura 8 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, se constata o efeito de outro(s) fator(es) sobre o rendimento, atribuindo-se, no caso, 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 na Figura 9, partes (a), (b) e (c), 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 (vermelha), La Niña (azul) e neutro (cinza).

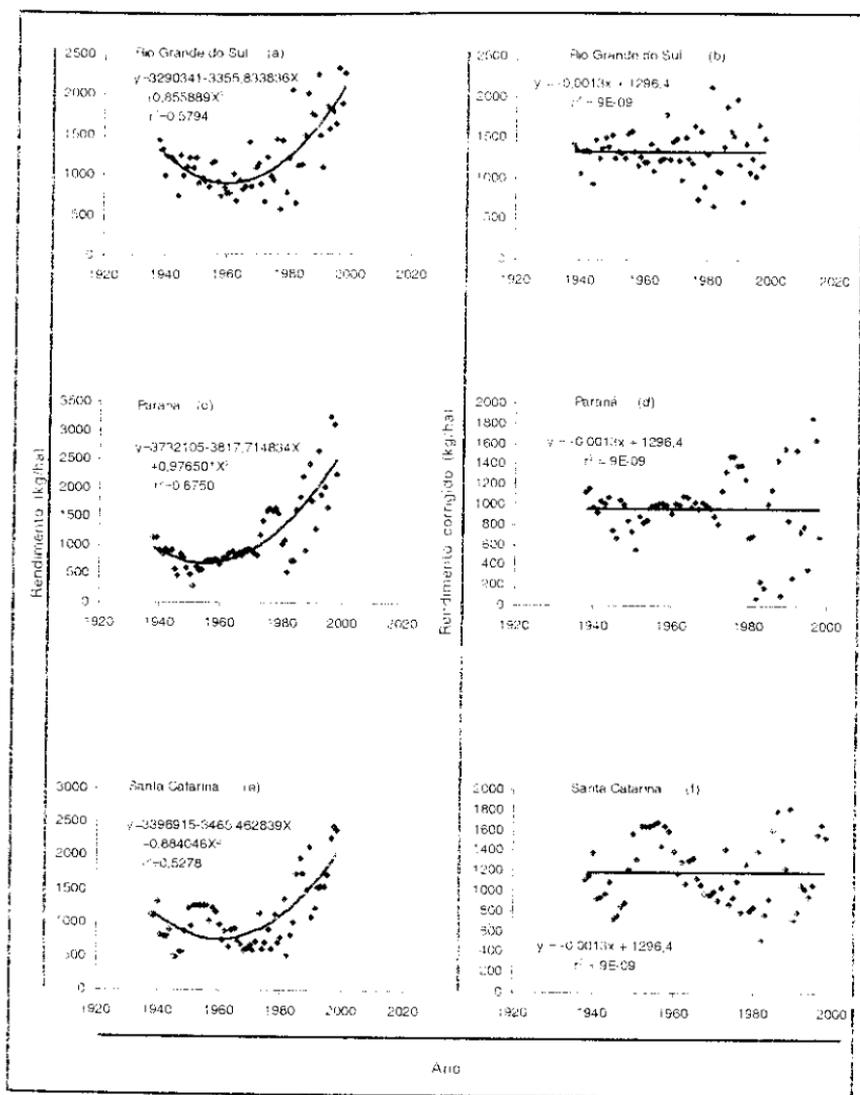


Figura 3. Série histórica original de rendimento de grãos de cevada (kg/ha) [(a), (c) e (e)] e série corrigida conforme tendência dos dados [(b), (d) e (f)], para os estados do Rio Grande do Sul, do Paraná e de Santa Catarina, 1938 a 1998.

Desvio da média de rendimento (kg/ha)

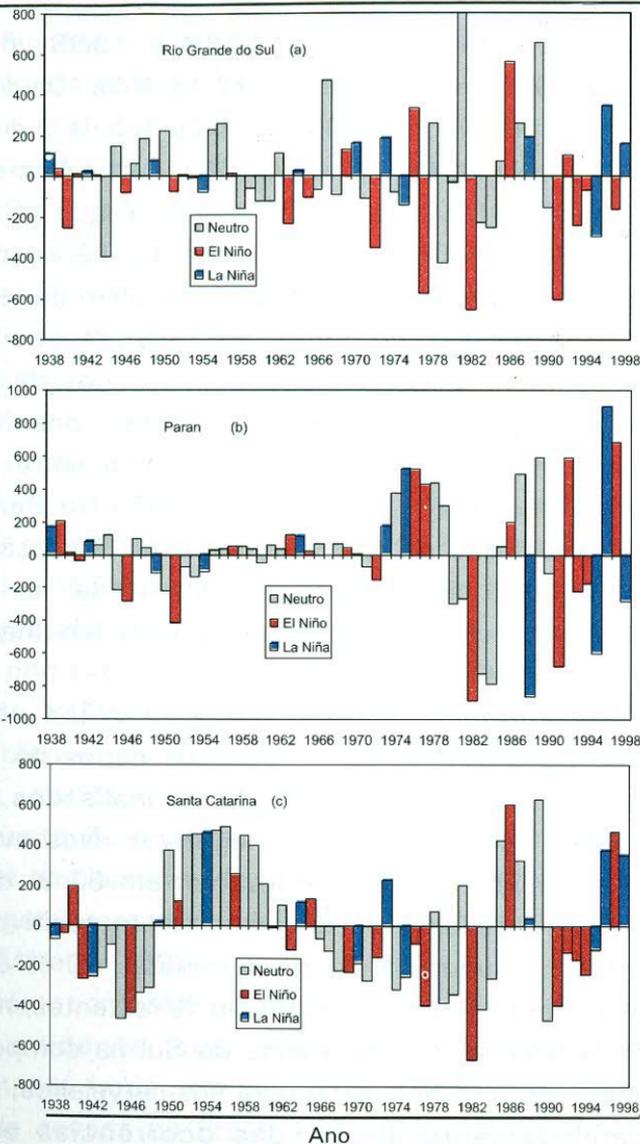


Figura 9. Série histórica de desvios da média de rendimento de grãos de cevada (kg/ha), dados corrigidos conforme tendência, de acordo com a fase do fenômeno ENOS, para os estados do Rio Grande do Sul (a), do Paraná (b) e de Santa Catarina (c), 1938 a 1998.

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 2 e a análise da Figura 9 e da Figura 10 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 RS e em SC. 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, 1938 a 1998, os dados da Tabela 2 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 comportamento 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 RS e em SC. A Figura 11 evidencia esse fato, mostrando, no país, a semelhança do verificado para

o RS, uma tendência quadrática na elevação do rendimento médio em virtude do ano (Figura 11, parte (a)), 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 11 parte (b)). Também, estocasticamente, em termos de país, há dominância de primeira ordem (curvas de probabilidade acumuladas não se cruzam, Figura 11, parte (d)) 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.

O comportamento da 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 e 1996b; Fontana & Berlato, 1997). E excesso de chuva, para cevada, como ocorre em anos de El Niño, cria condições de ambiente favoráveis ao desenvolvimento de doenças, principalmente necrotróficas, conforme foi amplamente discutido por Arias (1995), além de afetar negativamente as características de qualidade para malteação (Minella, 1998 e 1999).

Também, conforme verificado para a cultura de trigo, 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.

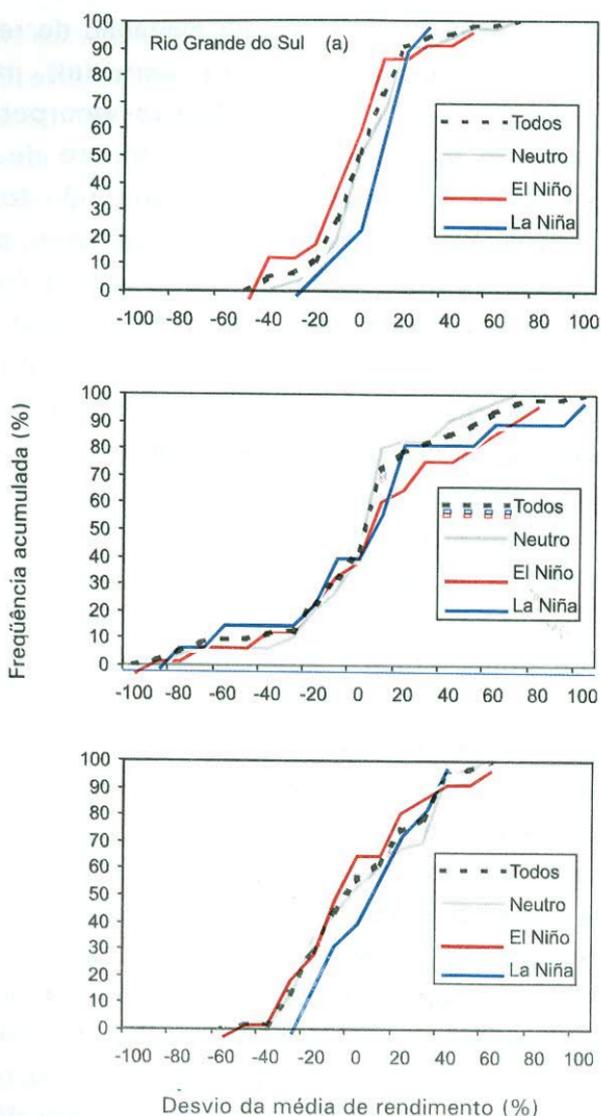


Figura 10. Frequência acumulada (%) dos desvios da média de rendimento de grãos de cevada, de acordo com a fase do fenômeno ENOS, para os estados do Rio Grande do Sul (a), do Paraná (b) e de Santa Catarina (c), 1938 a 1998.

Tabela 2. 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
Ano de El Niño					
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%)
Ano de La Niña					
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%)
Ano Neutro					
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%)

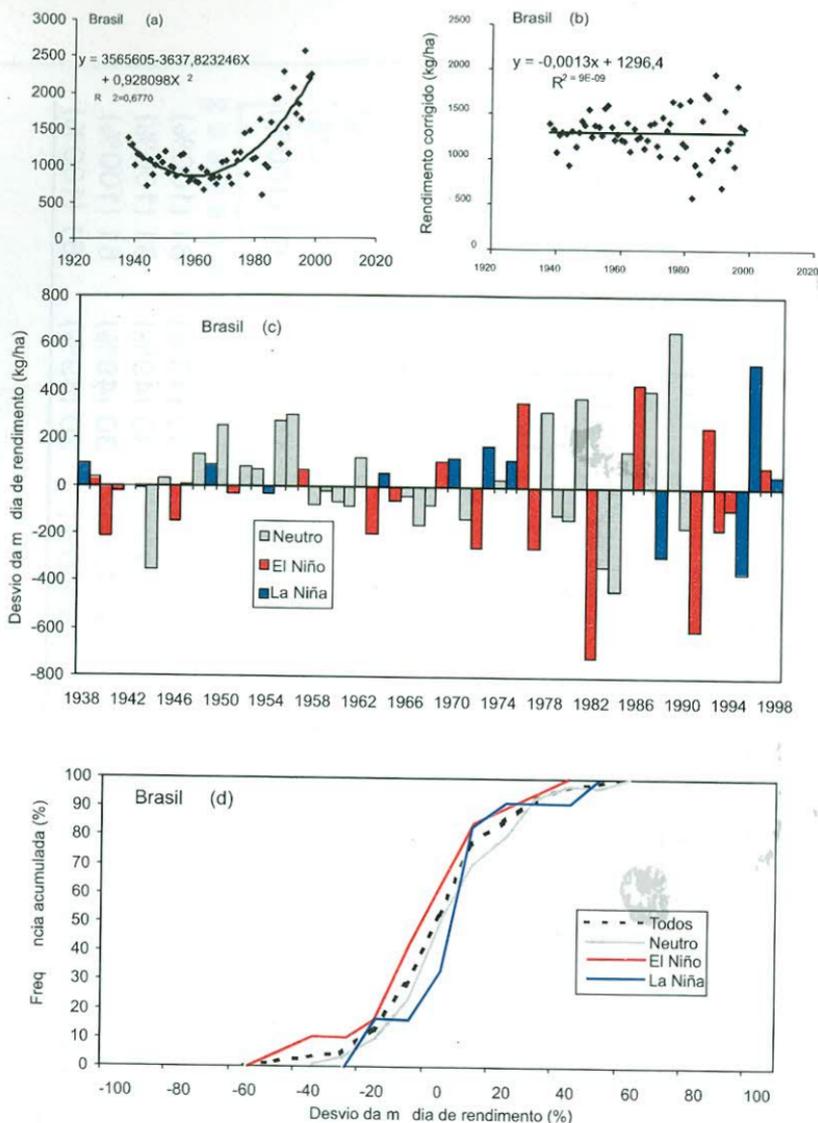


Figura 11. Série histórica original de rendimento de grãos de cevada (kg/ha) (a) e corrigida conforme tendência dos dados (b); série histórica de desvios da média de rendimento (kg/ha) (c) e freqüência acumulada (%) dos desvios da média (d) de rendimentos de cevada, de acordo com as fases do fenômeno ENOS, Brasil, 1938 a 1998.

Conclusão

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 das culturas de trigo e de cevada no país. De modo geral, na maioria das vezes, causa impactos positivos nos anos de La Niña e impactos 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 genetico y produccion de cebada cervecera en America del Sur**. Roma: FAO - Direccion de Produccion y Proteccion Vegetal, 1995. 157p.
- BERLATO, M.A.; FONTANA, D.C. El Niño-Oscilação Sul e a agricultura da região sul do Brasil. In: BERRI, G.J., comp. **Efectos de El Niño sobre la variabilidad climática, agricultura y recursos hídricos en el sudeste de Sudamérica**. [Buenos Aires]: Ministerio de Cultura y Educación - Secretaría de Ciencia y Tecnología, [1997]. p.27-30. Taller y Conferencia sobre El Niño 1997/98, Montevideo, Uruguay, 1997.

- 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. 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. 194p.
- GRIMM, A.M.; TELEGINSKI, S.E.; COSTA, S.M.S. da;
FERLIZI, P.G. 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;
COSTA, S.M.S.; FERLIZI, P.G. Anomalias de
precipitação no sul do Brasil em 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.
- 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.
- 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, July 1994.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (Washington, USA). **Learning to predict climate variations associated with El Niño and the southern oscillation**. Washington: National Academy Press, 1996. 171p.
- PHILANDER, S.G. **El Niño, La Niña, and the southern oscillation**. San Diego: Academic Press, 1990. 293p.
- 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.
- SCHEEREN, P.L.; CARVALHO, F.I.F. de; FEDERIZZI, L.C. Respostas do trigo aos estresses causados por baixa luminosidade e/ou excesso de água no solo. I. Teste em casa de vegetação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.30, n.8, p.1041-1048, 1995a.
- SCHEEREN, P.L.; CARVALHO, F.I.F. de; FEDERIZZI, L.C. Respostas do trigo aos estresses causados por baixa luminosidade e/ou excesso de água no solo. II. Teste no campo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.30, n.5, p.605-619, 1995b.
- UVO, C.B.; REPELLI, C.A.; ZEBIAK, S.; KUSHNIR, Y. **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. 30p. Report of I International Training Course on Practical and Theoretical Aspects of Short-Term Climate Prediction, Columbia, Apr. 1993 - Jan. 1994.
- WENDT, W.; CAETANO, V.R. **Efeito do sombreamento artificial em trigo**. [S.l.: s.n.], 1985. 7p. Trabalho apresentado no IV Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, Londrina, 1985.



Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

Centro Nacional de Pesquisa de Trigo

Rodovia BR 285, km 174 - Caixa Postal 451

99001-970 Passo Fundo, RS

Fone: 0XX 54 311 3444, Fax: 0XX 54 311 3617

e-mail: sac@cnpt.embrapa.br

site: <http://www.cnpt.embrapa.br>

Ministério da Agricultura e do Abastecimento

**MINISTÉRIO DA AGRICULTURA
E DO ABASTECIMENTO**

**GOVERNO
FEDERAL**
Trabalhando em todo o Brasil