



Análise de tendências na temperatura do ar e na precipitação pluvial na região de Passo Fundo, RS

Gilberto Rocca da Cunha¹, Anderson Santi¹, Genei Antonio Dalmago¹, Márcio Nicolau² e Aldemir Pasinato³



**Passo Fundo, RS
2007**

Resumo

Analisou-se a série histórica de observações meteorológicas de Passo Fundo (1917-2006), com vistas a identificação de possíveis sinais de mudança no clima regional ao longo do século 20. Entre os resultados encontrados, destacam-se: elevação nas temperaturas mínima (1,1°C) e média do ar (0,8°C) e elevação na precipitação pluvial (4,4 mm ao ano). A elevação térmica foi mais intensa na temperatura média das mínimas. O maior impacto no regime de chuvas ocorreu na primavera (outubro e novembro), havendo evidências de aumento na intensidade dos eventos de precipitação pluvial. Para as temperaturas, potenciais anomalias foram observadas no outono (abril) e na primavera (outubro), onde as tendências observadas indicaram elevação mais acentuada das temperaturas. Também se constatou que, nas últimas décadas, houve tendência de estabilização da temperatura média e mínima anuais.

¹ Pesquisador da Embrapa Trigo, Cx. P. 451, CEP 99001-970, Passo Fundo/RS. E-mail: cunha@cnpt.embrapa.br.

² Analista em Estatística da Embrapa Trigo.

³ Analista de sistemas da Embrapa Trigo.

Trend analysis of air temperature and rainfall in the region of Passo Fundo, RS

Abstract

Historical series of weather observations from Passo Fundo(1917-2006) were examined aiming to identify possible signs of regional climate change during 20 th century. Amongst the findings are: 1) increase of 1.1 °C for the minimum temperature; 2)increase of 0.8°C for the mean air temperature; 3) increase in rainfall (4.4 mm per year). Warming was more evident in the average minimum temperature. The biggest impact on rainfall pattern occurred in the spring (October and November), with evidence of increase in the intensity of the rainfall events. For temperatures, potential anomalies were observed in autumn (April) and spring (October), where the trends showed more marked elevation of temperature. It also found that, in recent decades, there was a tendency to stabilize the annual mean and minimum temperature.

Introdução

A temperatura do ar e a precipitação pluvial são elementos climáticos que influenciam, significativamente, as atividades agrícolas, humanas e o meio ambiente em geral. O conhecimento detalhado dessas informações é importante para avaliação dos processos que ocorrem no ambiente e, principalmente, para definir a utilização racional dos recursos naturais nos diferentes ecossistemas, visto que essas informações podem subsidiar pesquisas em diferentes áreas do conhecimento direcionadas a avaliações de resposta e adaptação ao meio. Atualmente, a importância na determinação da variabilidade espaço-temporal da temperatura e precipitação tem merecido maior destaque, devido à preocupação com as mudanças no clima, que podem estar contribuindo para o aquecimento global, causando profundas modificações na estrutura organizacional dos ecossistemas, em várias partes do mundo (IPCC, 2007a).

Neste sentido, evidências sobre mudanças climáticas, em escala global e regional, têm sido apontadas na bibliografia, utilizando diversos indicadores ecológicos (Parmesan, 2006) e climáticos (IPCC, 2007b). Entre as sinalizações ecológicas apresentadas por Parmesan (2006), que compilou 866 trabalhos científicos, disponibilizados entre 1899 e 2003, estão evidências de florescimento antecipado de cerejeiras no Japão e colheitas precoces de uva na Europa, em relação à média histórica, especialmente, a partir de 1952. A antecipação dos ciclos foi atribuída ao efeito do aumento da temperatura do ar no ambiente na primavera (Menzel & Dose, 2005, citado por Parmesan, 2006), que acaba desencadeando processos bioquímicos importantes para as plantas antes do período normal de ocorrência das mesmas. Os impactos negativos aos ecossistemas, advindos das mudanças climáticas, podem alterar a dinâmica do meio frente à problemática exposta, inclusive, intensificando a contribuição de locais já degradados para o agravamento das anomalias.

Estudos globais recentes têm demonstrado mudanças consistentes na temperatura do ar e na precipitação pluvial nos últimos anos, em várias partes do mundo (Alexander et al., 2006; IPCC, 2007b). A temperatura média da terra poderá

umentar entre 1,8°C e 4,0°C nos próximos 100 anos (Solomon et al., 2007), com incrementos mais significativos sobre as temperaturas mínimas do ar, do que sobre as máximas, as quais não apresentam tendências consistentes, como no caso das análises realizadas para a América do Sul (Vincent et al., 2005). Trabalhos científicos contemporâneos têm advertido para anomalias na temperatura e nos padrões de precipitação, indicando a ocorrência de mudanças globais, com consequências diretas nas atividades humanas e, especialmente, naquelas relacionadas à produção agrícola (IPCC, 2007b).

Tendências observadas em trabalhos de grande escala, também foram apontadas em vários estudos regionais, independente da série histórica de dados meteorológicos utilizados e do período analisado (Blain et al., 2007b; Silveira et al., 2007; Steinmetz et al., 2007). No entanto, outros resultados mostram tendência de redução da temperatura do ar, sinalizando para um resfriamento da superfície, conforme observado por Marques & Diniz (2007), numa pequena área sobre o Chile Central. De acordo com Varejão-Silva (2000), fatores físicos como altitude, relevo, latitude, correntes oceânicas, continentalidade, entre outros, podem modificar o clima de uma região ou de um local.

Com relação à precipitação pluvial, o IPCC (2007a), relata aumento na frequência de eventos fortes de chuva, na maior parte das áreas continentais do globo, representando também, um acréscimo na quantidade de chuvas, conforme apresentam Alexander et al. (2006) e Wentz et al. (2007). Por outro lado, estudos realizados em Campinas (SP) não detectaram tendência na variabilidade dos totais pluviométricos, na escala temporal de 116 anos (1890 – 2005), mostrando, dessa forma, não haver mudanças significativas no regime de precipitação pluvial na série histórica avaliada (Blain et al., 2007a). Essa mesma constatação foi feita por Berlatto et al. (1995), que demonstraram não haver tendência temporal do regime pluviométrico no longo prazo para o estado do Rio Grande do Sul, e sim, uma alta variabilidade interanual da precipitação pluvial. Por outro lado, Fontana & Almeida (2002) encontraram aumento no número de dias com precipitação para o Rio Grande do Sul, na ordem de um dia a cada três anos, aproximadamente.

Embora haja resultados que indicam variações na temperatura do ar e precipitação pluvial ao longo do tempo, ainda existem dúvidas a respeito da ocorrência de mudança no clima e principalmente, na escala das mudanças que podem estar ocorrendo ou que poderão acontecer no futuro, em alguns elementos climáticos. Evidências encontradas em alguns trabalhos, nem sempre consistentes com o modelo global, justificam a importância desse tipo de estudo como forma de qualificar e gerar informações em escala microrregional. Além disso, os possíveis impactos negativos em atividades humanas e agrícolas, como a limitação da produção de energia em algumas regiões, savanização de parte da floresta amazônica e mudança do eixo de produção das culturas de soja, arroz e feijão (Marengo, 2006), reforçam a necessidade e a importância da realização de estudos sobre mudanças nos elementos climáticos em escalas que avaliam a tendência em cenários regionais. A necessidade de realização destes estudos reside no fato do conhecimento das tendências, enquanto a importância se refere na possibilidade de ações de mitigação, de adaptação e/ou de convivência com o risco em processos que regulam o ciclo de vida no planeta com a ocorrência e/ou ampliação da mudança no clima. Por isso, o objetivo deste trabalho foi avaliar tendências de alterações na variabilidade natural da temperatura do ar e da precipitação pluvial na região de Passo Fundo, RS.

Material e métodos

Para a realização deste trabalho foi utilizada a série história de dados diários de temperatura máxima e mínima do ar e de precipitação pluvial do período entre os anos de 1917 a 2006, medidos na Estação Meteorológica pertencente ao 8º Distrito de Meteorologia (DISME) do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), localizada na Embrapa Trigo (28°15' S, 52° 24' W e 687 m de altitude). De 1º de janeiro de 1913 a 31 de dezembro de 1975 a estação estava localizada no centro da cidade de Passo Fundo (RS), em dois locais distintos, sendo transferida para a área pertencente a Embrapa Trigo a partir de 1º de janeiro de 1976, local em que permanece até os dias atuais.

Em função das informações meteorológicas da série climatológica terem sido medidas em três locais, foi feita análise de distribuição dos dados ao longo do tempo para detecção de padrões atípicos entre os dados oriundos dos três pontos de realização das medições. Posteriormente, a série climatológica foi submetida à análise de aderência à distribuição normal, com identificação de pontos influentes (*outlier*), avaliação e retirada dos mesmos da série histórica, segundo Steel & Torrie (1981). Também, foi feita análise crítica e de consistência das informações para identificar possíveis distorções, como, por exemplo, temperatura mínima maior que a temperatura máxima do ar num mesmo dia.

A partir dos dados diários das temperaturas máxima e mínima foi calculada a temperatura média diária, somando-se a máxima e mínima e dividindo-se por dois. Posteriormente, foram calculadas as temperaturas médias, máximas e mínimas mensais e anuais, por meio da média aritmética dos valores diários e mensais, respectivamente. Para garantir maior representatividade das médias, considerou-se apenas os meses com mais de 21 dias de registro de dados e os demais foram descartados da análise. Na média anual foram considerados apenas os anos que apresentaram médias calculadas em, no mínimo, 11 meses, desde que o mês faltante não fosse janeiro ou julho, considerados como o mês mais quente e o mais frio do ano, respectivamente. Isso resultou na obtenção de uma série climatológica de dados, com seqüência não homogênea, dentro do período de 1917 a 2006. Para cada variável analisada o número de anos utilizados variou de 70 a 76.

Para a precipitação pluvial o procedimento básico adotado foi o mesmo aplicado para a temperatura, com algumas alterações nos critérios de representatividade. Devido à alta variabilidade espaço-temporal das precipitações, somente foram considerados na análise, meses com registros diários completos e anos com somas mensais completas. Isso foi necessário para não incorrer em erros em que, por exemplo, eventos de precipitação muito elevados num único dia poderiam comprometer a representatividade do total de precipitação no mês.

As análises foram feitas em base anual e mensal, considerando toda a série de dados selecionados. Também, foram feitas avaliações em períodos de tempo de 10 anos, determinados retroativamente a partir da data mais recente, para detectar possíveis tendências não percebidas na série climatológica mais longa. Ainda, foram feitas análise da variação da temperatura média e da precipitação pluvial anuais com relação à variação da Oscilação Decadal do Pacífico (ODP), de acordo com Mantua (2000). Foram avaliados apenas três períodos característicos da ODP, sendo dois quentes e um frio, como segue: quente (1925 a 1946 e 1977 a 1998) e frio (1947 a 1976).

Para a base anual e mensal foram calculados os desvios em relação à média do período em estudo, tanto para as temperaturas (máxima, mínima e média), quanto para a precipitação, exceto para os períodos de 10 anos em que foi utilizada a média da normal climática de 1961 a 1990. Para cada uma das variáveis e situação de análise, realizou-se regressão linear dos desvios em relação ao tempo, visando à obtenção da taxa de variação do elemento analisado. Os coeficientes foram testados pelo teste t a 5 % de probabilidade de erro.

Resultados e discussão

Não foram detectadas influências, na série climatológica, relacionadas ao fato da estação meteorológica ter estado em locais distintos em anos anteriores. Isso demonstra que o conjunto de dados utilizados representa a condição climática da região de Passo Fundo de forma contínua. Desta maneira, considerando a série climatológica selecionada, verificou-se que as temperaturas média, máxima e mínima do período foram de 17,5°C, 23,6°C e 13,1°C, respectivamente, com desvio padrão de $\pm 0,5^\circ\text{C}$ para as temperaturas máxima e média e $\pm 0,6^\circ\text{C}$ para a mínima.

A análise dos desvios da temperatura anual, em relação à média da série climatológica, indica tendência de aumento significativo na temperatura mínima e média (Fig. 1), sendo os aumentos mais acentuados na mínima do que na média (Fig. 1), conforme mostra o coeficiente angular das equações de regressão. Por outro lado, a falta de significância para os desvios da temperatura máxima, indica que a mesma vem se mantendo estável. Portanto, pode-se inferir que o aumento da temperatura média, na região de Passo Fundo, é resultante da elevação da temperatura mínima anual média. Tal fato é confirmado ao observar que o coeficiente angular estimado para os desvios da temperatura mínima é cerca de 1,3 vezes maior que aquele obtido para a média e 3,5 vezes mais elevado daquele da máxima. Esses resultados estão de acordo com aqueles obtidos por Marques & Diniz (2007), para o Rio Grande do Sul, Peng et al. (2004), nas Filipinas e seguem as tendências observadas em escala global (IPCC, 2007b).

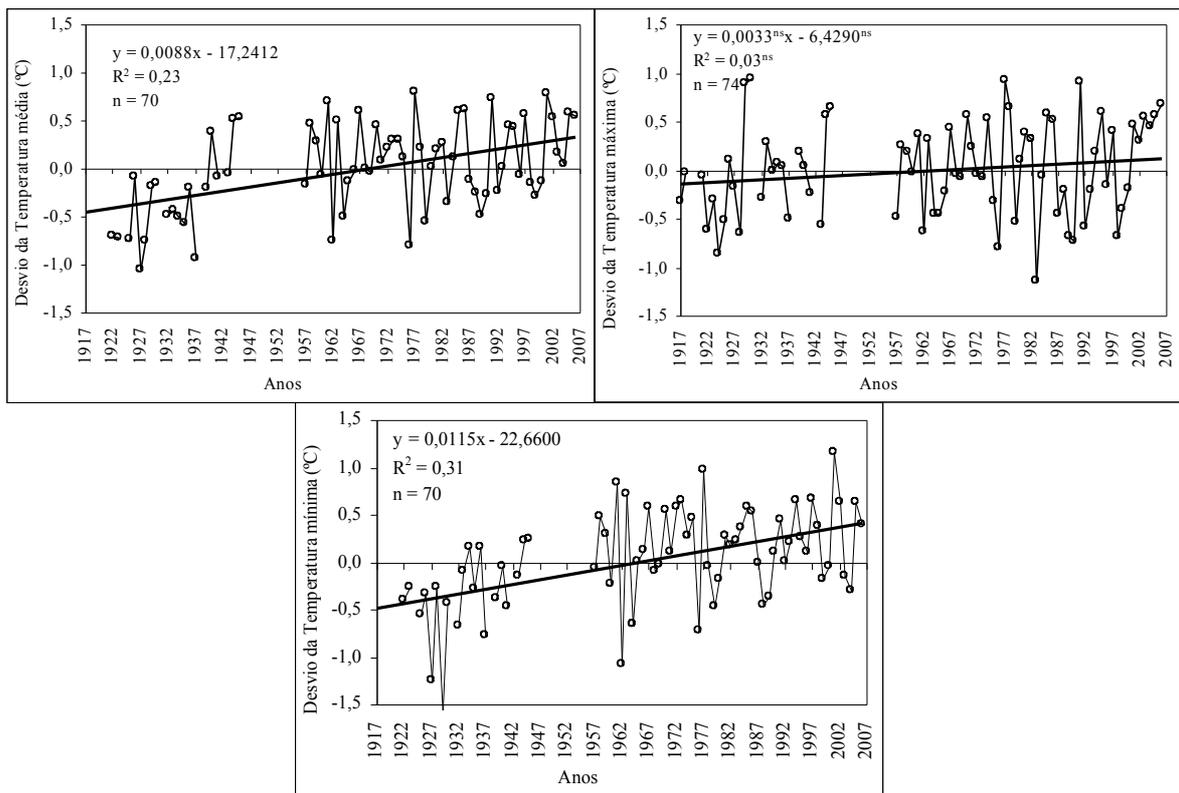


Fig. 1. Desvios da temperatura máxima, mínima e média anual, em relação à média do período de 1917 a 2006 em Passo Fundo, RS. Passo Fundo-RS, 2007. (ns = não significativo pelo teste t a 5% de probabilidade de erro)

As temperaturas máxima e mínima absolutas apresentaram tendências opostas àquelas da média das máximas e das mínimas, embora as mesmas não tenham sido estatisticamente significativas (Fig. 2).

De acordo com as tendências verificadas na Fig. 1, observa-se que, em termos absolutos, ocorreu um aumento de $0,8^{\circ}\text{C}$ na temperatura média e de $1,1^{\circ}\text{C}$ na mínima, durante o período avaliado. Para as temperaturas extremas absolutas, a variação dos desvios se mantém em 0°C , embora, nos últimos anos da série climatológica avaliada (a partir de 1984), se observe tendência de redução, da temperatura mínima absoluta (Fig. 2). A manutenção desse padrão aponta para invernos, provavelmente, mais frios, no futuro.

Na projeção da tendência atual para o ano de 2100, verificam-se aumentos significativos de temperatura em relação à condição atual na região de Passo Fundo, RS. Em termos absolutos, pode ser esperado aumento de $2,2^{\circ}\text{C}$ na temperatura mínima e $1,6^{\circ}\text{C}$ na média, em relação ao início do período analisado (1917). Porém, na análise mais detalhada das Fig. 1 e 2, observa-se tendência de estabilização do aumento da temperatura média anual das mínimas (Fig. 1) e tendência de queda na mínima absoluta (Fig. 2), aproximadamente, a partir do ano de 1978. A seleção do período pós 1978 aponta para tendência de elevações menos intensas para o ano de 2100, do que aquelas verificadas usando toda a série climatológica, apesar dos coeficientes angulares não serem estatisticamente significativos (dados não apresentados).

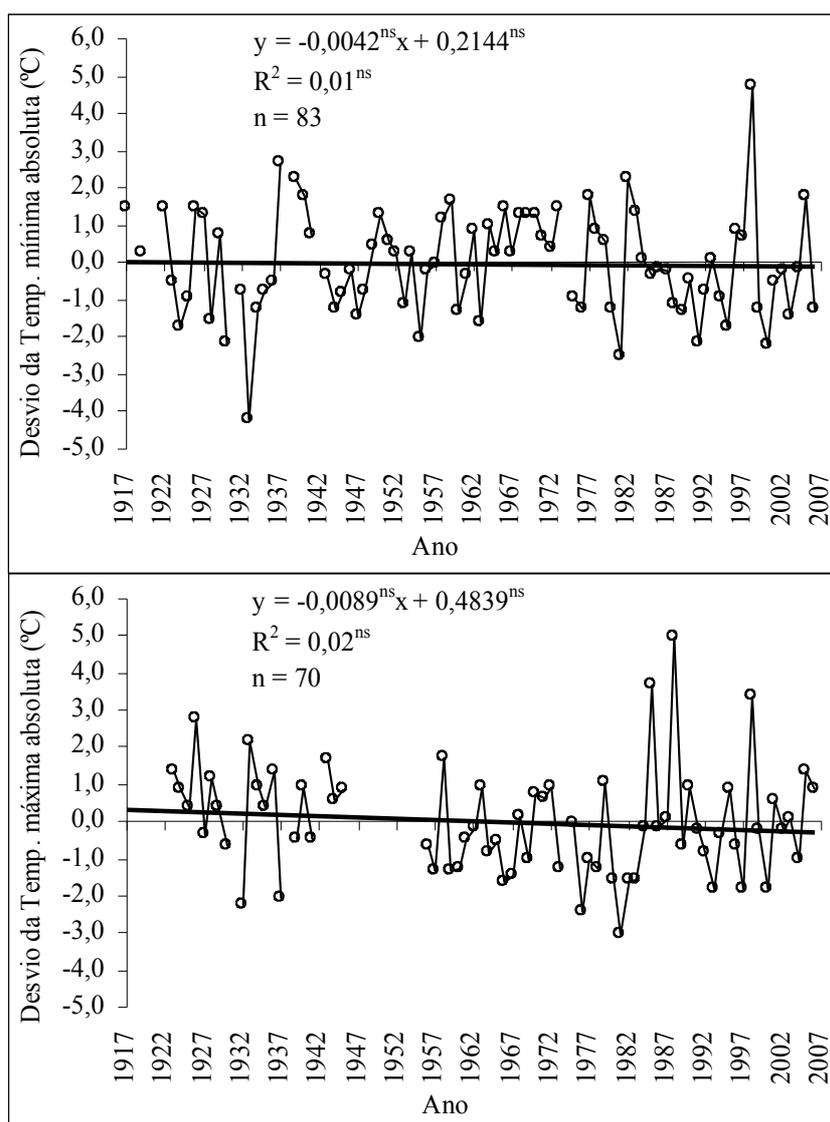


Fig. 2. Desvios da temperatura máxima e mínima absoluta anual, em relação à média das mesmas no período de 1917 a 2006, em Passo Fundo, RS. Passo Fundo-RS, 2007. (ns = não significativo pelo teste t a 5% de probabilidade de erro)

As tendências verificadas nos últimos anos na série climatológica, embora ainda não estejam totalmente claras para algumas variáveis de temperatura, demonstra a necessidade de avaliações, considerando período mais curtos de tempo, a fim de captar padrões encobertos por análise de séries de dados mais longas. Para períodos de 10 anos (Fig. 3), verificou-se que a tendência geral (Fig. 1) não permaneceu consistente em todos os momentos. Na temperatura mínima, que é a variável com maior modificação, ficou evidente a ocorrência de dois períodos com taxas positivas (aumento), seguidos por duas décadas com tendência de redução da temperatura (taxas negativas). Para a temperatura média isso foi observado com menos intensidade que a mínima, devido a influência da temperatura máxima, principalmente para os 10 anos mais recentes (97-06), a qual apresentou taxa mais elevada no período (Fig. 1). Entretanto, tanto para a temperatura mínima quanto para a média, ocorreu redução das taxas de incremento da temperatura nas últimas décadas, em relação aos períodos iniciais da série avaliada (Fig. 3).

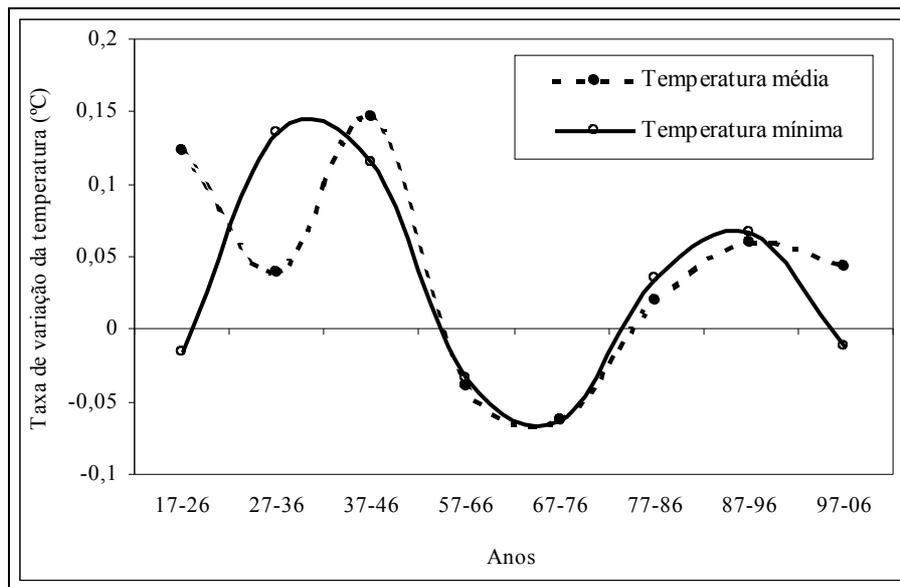


Fig. 3. Taxa de variação da temperatura média e mínima anual para oito períodos de avaliação, em relação à média do período 1917 a 1926 (17-26). Passo Fundo-RS, 2007. (OBS: todas as taxas não foram significativas a 5% de probabilidade de erro pelo teste t)

Para a temperatura mensal do ar, verificou-se, em todos os meses, taxa positiva, indicando aumento de temperatura, exceto para a máxima, em alguns meses do ano (Fig. 4). A temperatura mínima apresentou maior quantidade de meses com taxa (coeficiente angular) significativa, enquanto a máxima teve maior quantidade dos coeficientes angulares não significativos. Essa tendência segue aquela verificada nas temperaturas anuais (Fig. 1), que demonstra ser a temperatura mínima, a variável com maior aumento significativo, e que influencia o incremento da temperatura média.

Os meses do ano que apresentaram aumento mais intenso de temperatura, para todas as variáveis, foram abril e outubro (Fig. 4), exceto para a mínima, em que junho também apresentou maior aumento. O aumento observado foi próximo a 1,5°C para a temperatura média e mínima e cerca de 1,0°C para a temperatura máxima para todos os meses, sendo esse aumento estatisticamente significativo, com exceção para a temperatura máxima no mês de abril. Por outro lado, os meses com menores aumentos foram maio e setembro para a mínima e fevereiro e setembro para a média, enquanto para a máxima os meses de fevereiro e setembro apresentaram redução de temperatura. Essa variabilidade pode estar associada a um provável efeito dos fenômenos de grande escala, como o El Niño e La Niña, uma vez que esses meses (setembro/outubro) correspondem ao início dos fenômenos El Niño e La Niña e ao repique dos mesmos no início do ano seguinte (abril/maio). No entanto, análises mais detalhadas devem ser feitas para verificar a interferência destes fenômenos.

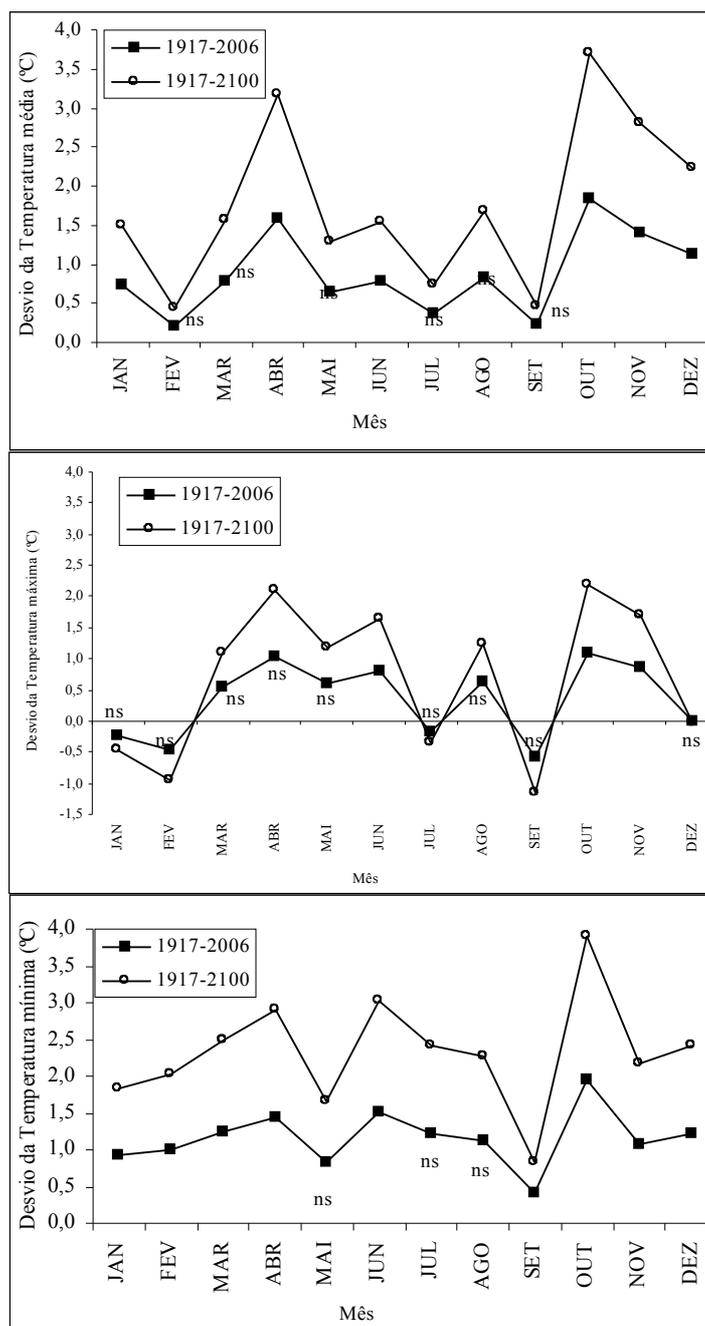


Fig. 4. Desvios da temperatura média, máxima e mínima mensal, em relação à média do respectivo mês do período de 1917 a 2006 (taxa de variação) e projeção para o ano de 2100, a partir do ano inicial da série climatológica. Passo Fundo-RS, 2007. (ns = coeficiente angular da reta de regressão dos valores do mês ao longo da série não significativo pelo teste t a 5% de probabilidade de erro)

A projeção para o ano de 2100 seguiu a variação do período em análise, mas com aumento dos valores absolutos, principalmente, nos meses com maiores desvios positivos (Fig. 4). Isso ocorreu com todas as variáveis de temperatura do ar, sendo mais intenso na média e mínima do que na máxima. O mês de outubro teve maior projeção de aumento de temperatura média e mínima, atingindo, valores próximos a 4,0°C para o ano de 2100. Para a mínima, a grande maioria dos meses apresentou

projeção de aumento igual ou superior a 2,0°C, o que é um valor considerável, principalmente para os meses de inverno. O aumento médio, em cerca de 2,0°C para 2100, tornará os invernos mais amenos na região, o que poderá interferir no cultivo de espécies que necessitam somatório de horas de frio (Wrege et al., 2007).

A análise da tendência de temperatura, em função dos períodos de Oscilação Decadal do Pacífico (ODP), conforme apresentado por Mantua (2000), mostrou-se coincidente com a variação do ODP, nos dois primeiros períodos avaliados, seguindo aquele observado por Molion (2006) (Fig. 5), enquanto no terceiro período a tendência foi oposta à variação da ODP. Na primeira fase quente do ODP (1925 a 1946) a taxa positiva de variação de temperatura, indica aumento de 1,14°C no período de 26 anos, valor abaixo dos 2,7°C ocorrido no Ártico entre 1918 e 1938, relatado por Molion (2007). A partir de 1947 até 1978, coincidindo com a fase fria do ODP, ocorreu um resfriamento de aproximadamente 0,18°C no período de 31 anos e, após, novamente observou-se redução inexpressiva da temperatura de 0,01°C no terceiro período (1979 a 1998). Essas evidências reforçam a existência da associação entre oceano e atmosfera e, portanto, não permitem descartar outros fatores que afetam a temperatura do ar, além do aumento da concentração de gases de efeito estufa na atmosfera, apregoadado por IPCC (2007b).

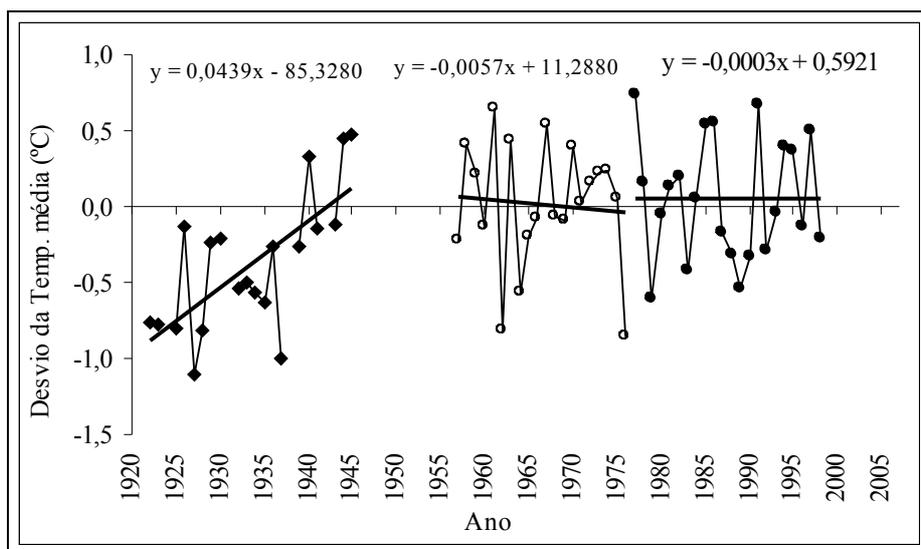


Fig. 5. Desvios da temperatura média do ar, em relação à média de 1961 a 1990, associada a três períodos de Oscilação Decadal do Pacífico: Período um – 1920 a 1946, dois – 1947 a 1978 e três – 1979 a 1998, extraídos da série climatológica de 1917 a 2006. Passo Fundo-RS, 2007.

Para a precipitação pluvial, observa-se alta variabilidade interanual no total precipitado e também na precipitação pluvial máxima (Fig. 6). No longo prazo houve aumento significativo da precipitação pluvial anual em 4,4 mm. Isso corresponde a um incremento de 394 mm no total precipitado anualmente na atualidade, em relação àquele do início do século 20. Entretanto, o aumento de chuva não foi acompanhado por aumento no número de dias com precipitação (Fig. 7), que não apresentou tendência temporal significativa. Isso indica provável aumento de intensidade nos eventos de precipitação, conforme mostra a taxa de desvios das precipitações máximas (Fig. 6). Os resultados, para a condição de Passo Fundo, divergem daqueles encontrados por Berlato et al. (1995), e Fontana & Almeida

(2002), para todo o estado do Rio Grande do Sul, tanto do aumento de precipitação, quanto da falta de tendência temporal para o número de dias com chuva, respectivamente. Porém, para o caso do volume de precipitação total anual a tendência segue os resultados apresentados pelo IPCC (2007b), para várias regiões no mundo.

Analisando a variação da precipitação pluvial nos três períodos mais significativos da ODP (Fig. 8), verificou-se não haver tendência consistente entre fase fria ou quente e taxa de variação dos desvios da precipitação pluvial anual. Enquanto na primeira fase quente da ODP a taxa foi negativa (-19,47), nas fases subseqüentes, fria e quente, as taxas observadas foram positivas da ordem de 10,79 e 21,90, respectivamente. Isso indica que houve uma redução de 19,47 mm por ano no total anual de precipitação pluvial, enquanto nas fases subseqüentes, fria e quente, ocorreu um aumento de 10,79 e 21,90 mm. Entretanto, nas duas fases mais recentes da ODP, a taxa dobrou da fase fria para a quente. Em todas as fases de ODP, a taxa não foi significativa.

Na Fig. 9, está representada a taxa de variação mensal da precipitação (valor absoluto) e o valor relativo da mesma, em relação ao valor anual (100 %) ocorrido entre os anos de 1917 a 2006. Na maioria dos meses a taxa foi positiva, o que indica tendência de aumento da precipitação pluvial dentro do mês, exceto nos meses de junho, agosto e setembro, em que houve tendência de redução da precipitação, em relação à média do período. Entre os meses com taxas negativas, junho apresentou maior redução na precipitação, atingindo cerca de 15 mm no total, ou 1,7 mm ao ano, embora essa redução não tenha sido estatisticamente significativa. Com relação às taxas positivas, observa-se tendência crescente de janeiro a dezembro, com os valores significativamente mais elevados ocorrendo em outubro e novembro. Nesses dois meses, o aumento da precipitação, no período analisado, tem sido de, aproximadamente 90 mm, o que corresponde a cerca de 1 mm ao ano. Isso mostra que, aproximadamente 50 % do aumento no total anual de precipitação, ocorrido entre 1917 e 2006, aconteceu em outubro e novembro. O aumento no total de precipitação, em relação à média do período foi de 368 mm.

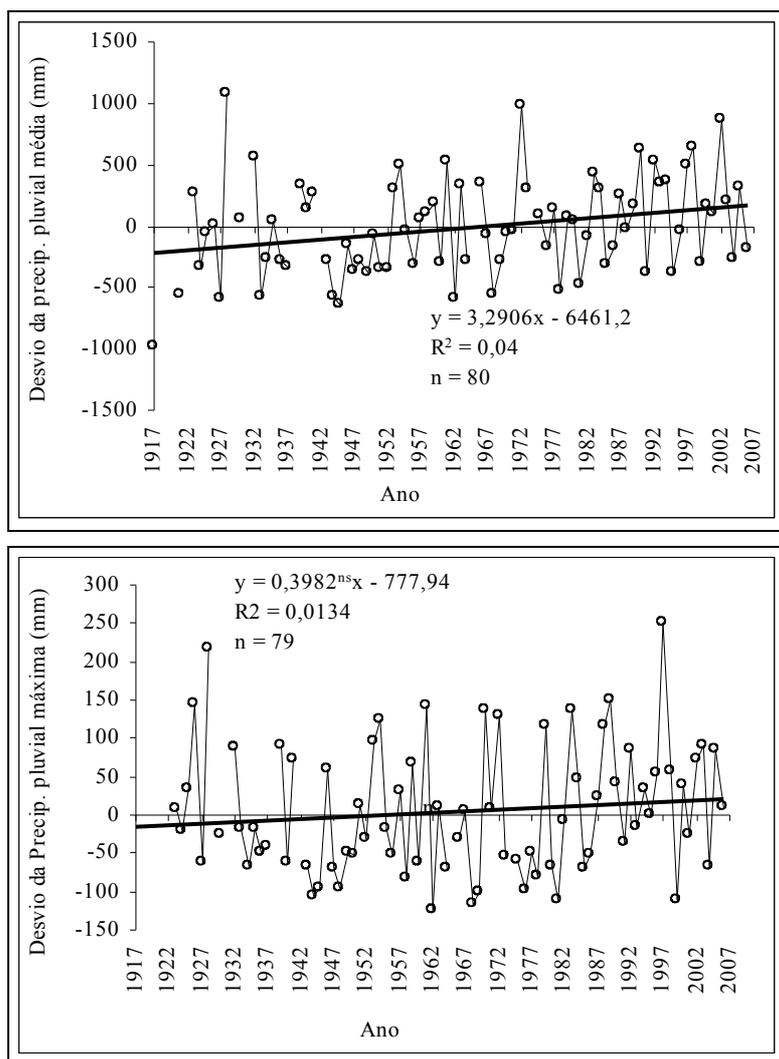


Fig. 6. Desvios da precipitação pluvial total e máxima, em relação à média do período de 1917 a 2006 em Passo Fundo, RS. Passo Fundo-RS, 2007. (ns = não significativo pelo teste t a 5% de probabilidade de erro)

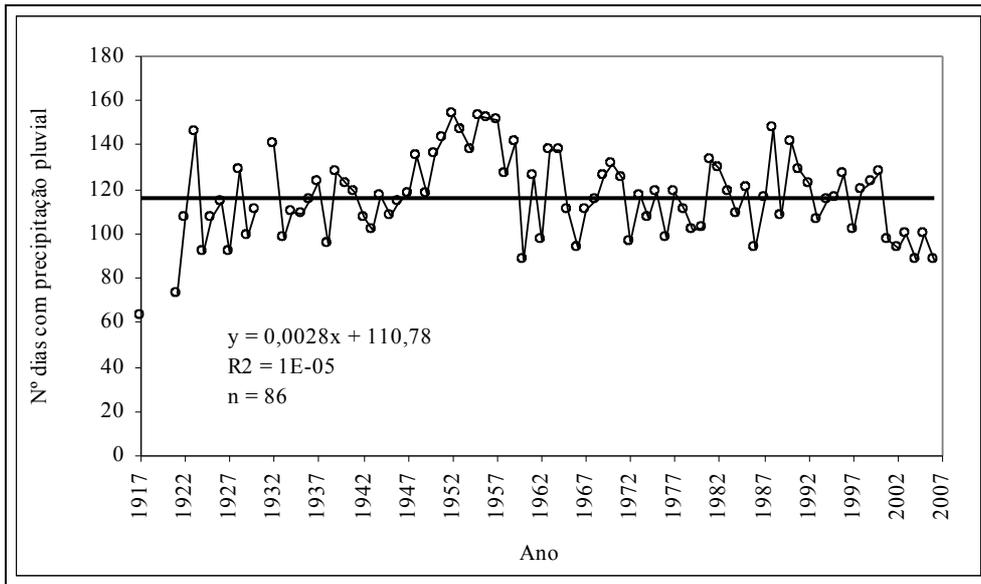


Fig. 7. Número de dias com precipitação pluvial no período de 1917 a 2006 em Passo Fundo, RS. Passo Fundo-RS, 2007.

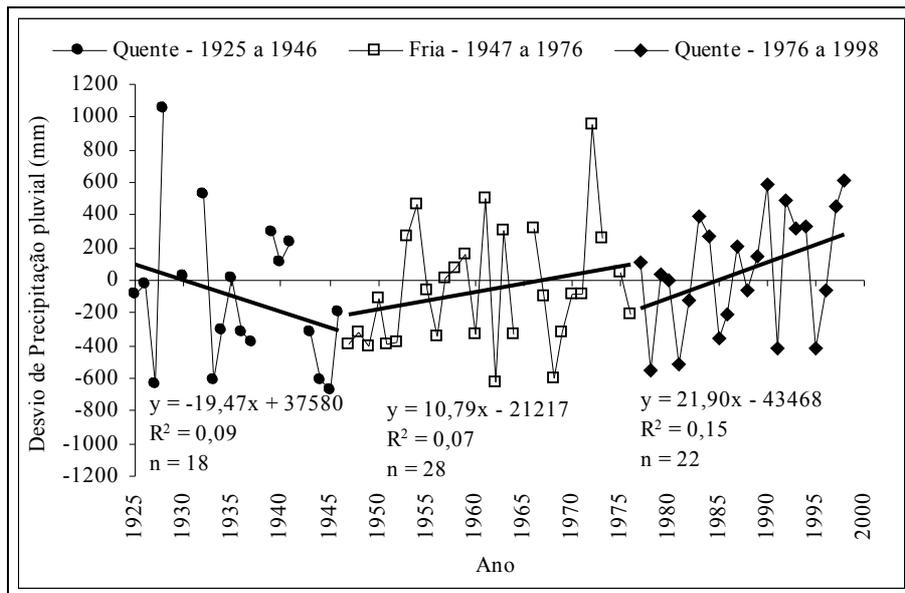


Fig. 8. Desvios da precipitação pluvial anual, em relação à média de 1961 a 1990, associada a três períodos de Oscilação Decadal do Pacífico (ODP) (ODP Quente - 1925 a 1946, ODP Fria - 1947 a 1978 e ODP quente - 1979 a 1998), extraídos da série climatológica de 1917 a 2006. Passo Fundo-RS, 2007.

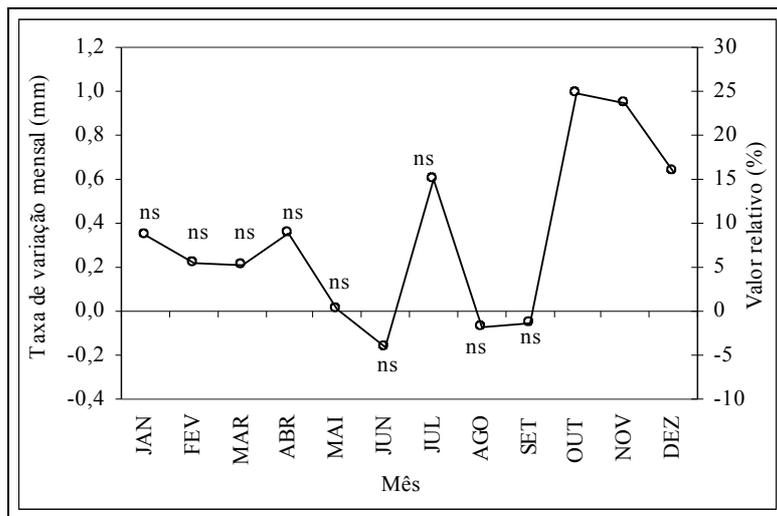


Fig. 9. Taxa de variação mensal e valor relativo anual dos desvios da precipitação pluvial da série climatológica de 1917 a 2006 para os diferentes meses do ano. Passo Fundo-RS, 2007.

Com base nas taxas mensais de variação da precipitação pluvial (Fig. 9) foram estimados os valores relativos mensais de variação da precipitação normal (1961 a 1990), para o ano de 2100 (Fig. 10). Essa relação mostra tendência de redução da precipitação para setembro, considerado o mês mais chuvoso na normal de 1961 a 1990 e projeta aumentos altamente significativos, em relação a essa normal, principalmente em outubro e novembro. No caso de novembro o aumento será superior a 60 % da normal atual. Por outro lado, denota-se uma redução, em cerca de 15 %, da precipitação normal no mês de junho, em relação a normal climatológica mais recente.

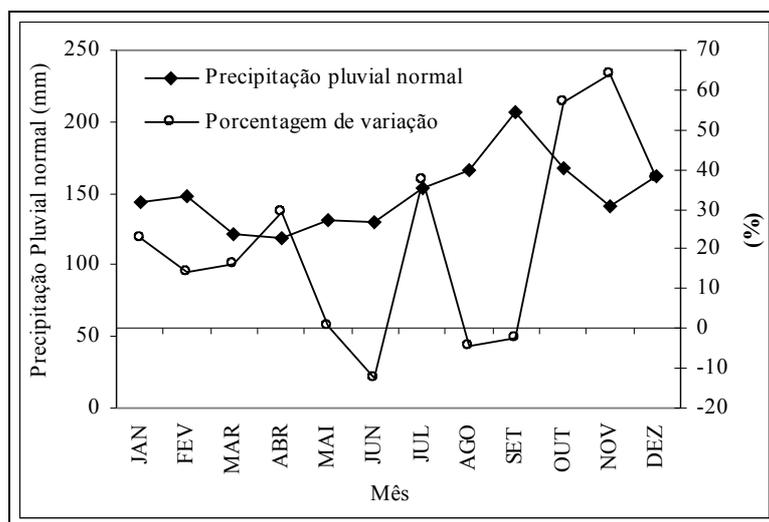


Fig. 10. Precipitação pluvial normal em Passo Fundo, média climatológica de 1961 a 1990, e porcentagem de variação da mesma, estimadas para 2100, com base nas taxas de variação mensal do período de 1917 a 2006. Passo Fundo-RS, 2007.

Para a agricultura de verão a tendência observada e esperada para o futuro, caso se mantenham as taxas atuais de variação, tanto da temperatura (Fig. 4), quanto da precipitação pluvial (Fig. 9 e 10), é de que ocorram benefícios para a fase de

estabelecimento dos cultivos para as espécies de ciclo mais curto ou para aquelas de ciclo mais longo mas com a antecipação da sementeira das mesmas, devido a incidência de temperaturas mais elevadas em setembro. Ainda, o aumento esperado da precipitação em janeiro e fevereiro, tenderá a reduzir o risco de falta de água no solo no período considerado crítico para as culturas de verão. Entretanto, o viés, devido ao acréscimo no total de chuva, é de que estas culturas sejam afetadas negativamente, pois se espera aumento da intensidade das chuvas, uma vez que não se observa ampliação do número de dias com precipitação.

Por outro lado, o aumento esperado da precipitação pluvial em outubro e novembro, poderá afetar negativamente as espécies cultivadas no inverno, como o trigo, o qual é colhido nesse período e é bastante sensível ao excesso de chuvas após a maturação. É provável que os riscos aumentem em anos de ocorrência de El Niño.

Conclusões

- As temperaturas mínima e média do ar, na região de Passo Fundo, apresentam aumentos significativos, sendo mais intenso na mínima do que na média;
- A temperatura máxima do ar se mantém sem alterações, indicando apresentar variação apenas dentro da variabilidade natural esperada para a região de Passo Fundo;
- As taxas de variação da temperatura média e mínima anuais, apresentam tendência de estabilização nas últimas décadas;
- Ocorrem diferenças entre os meses do ano nas taxas de variação de temperatura do ar, sendo os meses de abril e outubro aqueles com taxas mais elevadas de aumento de temperatura;
- O número de dias com precipitação pluvial, na região de Passo Fundo, se mantém sem alteração ao longo da série climatológica estudada;
- A precipitação pluvial, na região de Passo Fundo, apresenta tendência significativa de aumento no período estudado, com taxa de 4,4 mm ao ano;
- Existem fortes evidências de aumento na intensidade dos eventos de precipitação pluvial na região de Passo Fundo.
- Os meses de outubro e novembro apresentam as maiores taxas de aumento no total de precipitação pluvial na região de Passo Fundo;
- O mês de junho é o que apresenta maior redução na quantidade chuva ao longo do tempo, na região de Passo Fundo.
- Existem evidências consistentes de variação entre o índice de Oscilação Decadal do Pacífico e a tendência de variação da temperatura média do ar, mas não com a precipitação pluvial.

Referências Bibliográficas

- ALEXANDER, L. V.; ZHANG, X.; PETERSON, T. C.; CAESAR, J.; GLEASON, B.; TANK, A. M. K.; HAYLOCK, M.; COLLINS, D.; TREWIN, B.; RAHIMZADEH, F.; TAGIPOUR, A.; KUMAR, K. R.; REVADEKAR, J.; GRIFFITHS, G.; VINCET, L.; STEPHENSON, D. B.; BURN, J.; AGUILAR, E.; BRUNET, M.; TAYLOR, M.; NEW, M.; ZHAI, P.; RUSTICUCCI, M.; VAZQUEZ-AGUIRRE, J. L. Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation. **Journal of Geophysical Research**, Washington, v. 111, DO 5109, doi: 10.1029/2005JD006290, March 2006.
- BERLATO, M. A.; FONTANA, D. C.; BONO, L. Tendência temporal da precipitação pluvial anual no Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 3, p. 111-113, 1995.
- BLAIN, G. C.; PIEDADE, S. M. de S.; CAMARGO, M. B. P. de; GIAROLLA, A. Distribuição temporal da precipitação pluvial mensal observada no posto meteorológico do Instituto Agronômico, em Campinas, SP. **Bragantia**, Campinas, v. 66, p. 347-355, 2007a.
- BLAIN, G. C.; ROLIM, G.; SENTELHAS, P. C.; LULU, J. Variabilidade temporal da temperatura do ar em Campinas, SP: Análise de tendências e mudanças climáticas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 15., 2007, Aracaju. **Anais...** Aracaju: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 2007b. 1 CD-ROM.
- FONTANA, D. C.; ALMEIDA, T. S. de. Climatologia do número de dias com precipitação pluvial no Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 10, n. 1, p. 135-145, 2002.
- IPCC Assessment Report, 4., 2007, Valencia, Spain. **Climate change 2007: impacts, adaptation and vulnerability: summary for policymakers**. [Genebra]: IPCC, 2007a. 16 p. A report of Working Group II of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Disponível em: <<http://www.ipcc.ch>>.
- IPCC Assessment Report, 4., 2007, Valencia, Spain. **Climate change 2007: the physical science basis: summary for policymakers**. [Genebra]: IPCC, 2007b. 18 p. A report of Working Group I of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Disponível em: <<http://www.ipcc.ch>>.
- MANTUA, N. J. **The pacific decadal oscillation**. 2000. Disponível em: <http://www.atmos.washington.edu/~mantua/REPORTS/PDO/PDO_egec.htm>. Acesso em: 22 out. 2007.
- MARENCO, J. A. **Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade: caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI**. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2006. 212 p. (Biodiversidade, 26).
- MARQUES, J. R.; DINIZ, G. B. Variabilidade temporal da temperatura do ar na América do Sul e seus efeitos na precipitação durante o verão do Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 15., 2007, Aracaju. **Anais...** Aracaju: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 2007. 1 CD-ROM.

MOLION, L. C. B. Aquecimento global: natural ou antropogênico? In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 15., 2007, Aracaju. **Anais...** Aracaju: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 2007. 1 CD-ROM.

MOLION, L. C. B. Variabilidade e forçantes climáticas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 14., 2006, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: Sociedade Brasileira de Meteorologia, 2006. 1 CD-ROM.

PARMESAN, C. Ecological and evolutionary responses to recent climate change. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, Palo Alto, v. 37, p. 637-669, 2006.

PENG, S.; HUANG, J.; SHEEHY, J. E.; LAZA, R. C.; VIESPERAS, R. M.; ZHONG, X.; CENTENO, G. S.; KHUSH, G. S.; CASSMAN, K. G. Rice yields decline with higher night temperature from global warming. **Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America**, Washington, D.C., v. 101, n. 27, p. 9971-9974, 2004.

SILVEIRA, V. R.; GAN, M. A.; CALBETE, N. O. Estudo de tendência da temperatura mínima nos estados de São Paulo e Rio de Janeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 15., 2007, Aracaju. **Anais...** Aracaju: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 2007. 1 CD-ROM.

SOLOMON, S.; QIN, D.; MANNING, M.; ALLEY, R. B.; BERNTSEN, T.; BINDOFF, N. L.; CHEN, Z.; CHIDTHAISONG, A.; GREGORY, J. M.; HEGERL, G. C.; HEIMANN, M.; HEWITSON, B.; HOSKINS, B. J.; JOOS, F.; JOUZEL, J.; KATTSOV, V.; LOHMANN, U.; MATSUNO, T.; MOLINA, M.; NICHOLLS, N.; OVERPECK, J.; RAGA, G.; RAMASWAMY, V.; REN, J.; RUSTICUCCI, M.; SOMERVILLE, R.; STOCKER, T. F.; WHETTON, P.; WOOD, R. A.; WRATT, D. Technical summary. In: IPCC Assessment Report, 4., 2007, Valencia, Spain. **Climate change 2007: the physical science basis**. [Genebra]: IPCC, 2007. 74 p. A report accepted by Working Group I of the Intergovernmental Panel on Climate Change but not approved in detail. Disponível em: <<http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg1/ar4-wg1-ts.pdf>>.

STEEL, R. G. D.; TORRIE, J. H. **Principles and procedures of statistics: a biometrical approach**. New York: Mc-Graw Hill, 1981. 633 p.

STEINMETZ, S.; WREGE, M. S.; HERTER, F. G.; REISSER JR, C. Influência do aquecimento global sobre as temperaturas máximas, mínimas e médias anuais na região de Pelotas, RS. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 15., 2007, Aracaju. **Anais...** Aracaju: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 2007. 1 CD-ROM.

VAREJÃO-SILVA, M. A. **Meteorologia e climatologia**. Brasília, DF: INMET, 2000. 532 p.

VINCENT, L. A.; PETERSON, T. C.; BARROS, V. R.; MARINO, M. B.; RUSTICUCCI, M.; CARRASCO, G.; RAMIREZ, E.; ALVES, L. M.; AMBRIZZI, T.; BERLATO, M. A.; GRIMM, A. M.; MARENGO, J. A.; MOLION, L.; MONCUNILL, D. F.; REBELLO, E.; ANUNCIAÇÃO, Y. M. T.; QUINTANA, J.; SANTOS, J. L.; BAEZ, J.; CORONEL, G.; GARCIA, J.; TREBEJO, I.; BIDEGAIN, M.; HAYLOCK, M. R.; KAROLY, D. Observed trends in indices of daily temperature extreme in South America 1960-2000. **Journal of Climate**, Washington, v. 18, p. 5011-5023, 2005.

WENTZ, F. J.; RICCIARDULLI, L.; HILBURN, K.; MEARS, C. How much more rain will global warming bring? **Science**, Washington, v. 317, p. 233-235, 2007.

WREGGE, M. S.; HERTER, F. G.; STEINMETZ, S.; REISSER JR, C.; GARRASTAZU, M. C.; CARAMORI, P. H.; MATZENAUER, R.; BRAGA, H. J. Influência do aquecimento global sobre a fruticultura de clima temperado na região sul do Brasil diante de alguns cenários de mudanças climáticas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 15., 2007, Aracaju. **Anais...** Aracaju: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 2007. 1 CD-ROM.

The logo for Embrapa, featuring the word "Embrapa" in a blue, sans-serif font with a green leaf-like shape integrated into the letter 'a'.

Trigo

**Boletim de Pesquisa e
Desenvolvimento Online, 48**

Embrapa Trigo
Caixa Postal, 451, CEP 99001-970
Passo Fundo, RS
Fone: (54) 3316 5800
Fax: (54) 3316 5802
E-mail: sac@cnpt.embrapa.br

Expediente

Comitê de Publicações

Presidente: **Leandro Vargas**

Ana Lúcia V. Bonato, José A. Portella, Leila M.

Costamilan, Márcia S. Chaves, Maria Imaculada P. M.

Lima, Paulo Roberto V. da S. Pereira, Rita Maria A. de
Moraes

Referências bibliográficas: Maria Regina Martins

Editoração eletrônica: Márcia Barrocas Moreira Pimentel

CUNHA, G. R. da; SANTI, A.; DALMAGO, G. A.; NICOLAU, M.; PASINATO, A.
**Análise de tendências na temperatura do ar e na precipitação pluvial na
região de Passo Fundo, RS.** Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2007. 15 p. html
(Embrapa Trigo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento Online, 48). Disponível
em: <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/bp/p_bp48.htm>.