



EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA · EMBRAPA

Vinculada ao Ministério da Agricultura

Unidade de Execução de Pesquisa de Âmbito Estadual de Pelotas, RS

Convênio EMBRAPA/UFPEL

Perspectivas climáticas da ...
1983

LV-PP-1986.00621



CPACT-800--1

PERSPECTIVAS CLIMÁTICAS DA AGRICULTURA ATÉ O ANO 2000 NO SUL DO BRASIL SOB UMA PROVÁVEL AÇÃO DO EFEITO ESTUFA

30.2516
917p
983
LV-PP-1986.00621

Departamento de Difusão de Tecnologia
Brasília, DF
1984

ID 800



EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA
Vinculada ao Ministério da Agricultura
Unidade de Execução de Pesquisa de Âmbito Estadual de Pelotas,
RS. Convênio EMBRAPA/UFPEL.

PERSPECTIVAS CLIMÁTICAS DA AGRICULTURA ATÉ O ANO 2000 NO SUL
DO BRASIL SOB UMA PROVÁVEL AÇÃO DO EFEITO ESTUFA

Fernando Silveira da Mota
Zilá Brisolará Berny
Marisa Oliveira de Oliveira Agendes

Departamento de Difusão de Tecnologia
Brasília, DF
1974

EMBRAPA-UEPAE de Pelotas. Documentos, 11

Exemplos desta publicação podem ser solicitados à

UEPAE de Pelotas
 Campus Universitário
 Caixa Postal 553
 96100 Pelotas, RS

Tiragem: 1.100 exemplares

Comitê de Publicações

Francisco de Jesus Vernetti - Presidente

Roberto Mario Scarsi Sarriegui

Marilda Pereira Porto

Eliana Candeira Valois

Darci Bitencourt

Sirlei Xavier de Souza

EMBRAPA/DID	
Valor Aquisição Cr\$
N.º N. Fiscal Futuro
Fornecedor
N.º Ordem Compra
Origem
N.º de Tombo	85.00622

Mota, Fernando Silveira da

Perspectivas climáticas da agricultura até o ano 2000 no sul do Brasil sob uma provável ação do efeito estufa, por Fernando Silveira da Mota, Zilá Brisolará Berny e Marisa Oliveira de Oliveira Agendes. Pelotas, EMBRAPA - DDT, 1984

70 p. (EMBRAPA-UEPAE de Pelotas. Documento, 11).

1. Agricultura-Clima-Efeitos. I. Berny, Zilá Briso solará, colab. II. Agendes, Marisa de Oliveira de Olivei ra, colab. III. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecua ria. Unidade de Execução de Pesquisa de Âmbito Estadual de Pelotas, RS. IV. Título. V. Série.

CDD 630.2516

© EMBRAPA

630.2516
 M 917 P
 1984

SUMÁRIO

Resumo	5
Abstract	7
1. Introdução	8
2. Revisão de Literatura	15
3. Material e Métodos	20
4. Resultados Obtidos	25
4.1 Rendimentos e índices agroclimáticos	25
4.2 Temperatura média anual	52
4.3 Correlação entre os parâmetros	59
4.4 Variação espacial do cenário agroclimático	61
4.5 Considerações Gerais	62
5. Conclusões	63
6. Agradecimentos	66
7. Referências	67

PERSPECTIVAS CLIMÁTICAS DA AGRICULTURA ATÉ O ANO 2000 NO SUL
DO BRASIL SOB UMA PROVÁVEL AÇÃO DO EFEITO ESTUFA

Fernando Silveira da Mota¹

Zilá Brisolará Berny²

Marisa Oliveira de Oliveira Agendes³

RESUMO - Procurou-se investigar as possíveis conseqüências do "efeito estufa" produzido pelo aumento cada vez maior do conteúdo de CO₂ na atmosfera sobre o rendimento das principais culturas do sul do Brasil, utilizando períodos de anos quentes no Hemisfério Norte como analogias do clima futuro da terra. Para isso, nas curvas representativas das regressões polinomiais cúbicas com o tempo, dos desvios da média 1946-60, dos rendimentos das culturas de arroz irrigado e pessegueiro no município de Pelotas, do trigo no Rio Grande do Sul, do milho e da soja no sul do Brasil, do índice climático de crescimento de pastagem nativa no município de Uruguaiana no Rio Grande do Sul e das temperaturas médias anuais do Hemisfério Norte e do Rio Grande do Sul, identificaram-se períodos de 15 ou 20 anos mais quentes ou mais frios do que a média no Hemisfério Norte. Da mesma forma procedeu-se para os índices agroclimáticos incluídos nos modelos clima-rendimento das culturas estudadas, isto é, número de dias climaticamente trabalháveis para maquinaria agrícola, no caso da cultura do arroz irrigado e índices de seca para as demais culturas. O comportamento dos rendimen-

¹Engº Agrº M.Sc. Dr. Professor Estação Agroclimatológica da Universidade Federal de Pelotas (UFPEL) e pesquisador do Convênio EMBRAPA/UFPEL, Caixa Postal, 49, CEP 96100 Pelotas, RS.

²Engº Agrº Aluna de Pós-Graduação. UFPEL, Pelotas, RS.

³Engº Agrº Especialista em Agroclimatologia, UFPEL, Pelotas, RS.

tos e dos índices agroclimáticos, nos períodos de anos quentes, foram considerados como analogias do que poderá ocorrer sob a ação do "efeito estufa" causado pelo aumento de CO₂ atmosférico que é esperado nos próximos 20 anos, alcançando o ano 2000. Procedeu-se à análise da variação das diferenças entre os valores ocorridos nos períodos quentes e frios. O teste de Duncan mostrou que os rendimentos do arroz irrigado são superiores nos períodos de anos quentes e os das demais culturas nos períodos de anos frios, ocorrendo resultados correspondentes para os índices agroclimáticos respectivos. A produtividade da pastagem nativa na primavera, no verão e no outono é superior nos períodos de anos frios e, no inverno, não há diferença entre os períodos de anos quentes e frios. A temperatura média anual é estatisticamente superior nos períodos considerados quentes, no Hemisfério Norte. A temperatura média anual no Rio Grande do Sul é correlacionada negativamente com a do Hemisfério Norte. Há fortes indicações de que se está entrando em um período de anos quentes no Hemisfério Norte o que viria favorecer o rendimento do arroz irrigado no sul do Brasil e desfavorecer o rendimento das culturas de milho, soja, pessegueiro e a pecuária, devido ao menor crescimento da pastagem nativa, caso a tecnologia agrícola da região venha a permanecer igual a que é empregada atualmente. Esses aumentos e decréscimos não deverão ser muito acentuados até o ano 2000. Contudo, o estudo das conseqüências do "efeito estufa" deve prosseguir.

CLIMATIC PERSPECTIVES OF SOUTH BRAZILIAN AGRICULTURE TO THE YEAR 2000
UNDER A POSSIBLE ACTION OF THE GREENHOUSE EFFECT

ABSTRACT - An investigation was performed on the possible consequences of the "greenhouse effect" caused by increasing CO₂ atmospheric content on the yields of South Brazil main crops, using warm year periods in the Northern Hemisphere as analogues of Earth's future climate. Thus, in the lines of the polynomial cubic regressions of the departures from the 1946-60 averages with time, of the county Pelotas irrigated rice and peach yields; Rio Grande do Sul State wheat yields; South of Brazil corn and soybeans yields; climatic index of natural pasture growth and Northern Hemisphere and Rio Grande do Sul average annual temperatures, the cold and warm periods of 15 or 20 years in the Northern Hemisphere were identified. The same procedure was followed for the agroclimatic indexes included in the weather-yield models for the above mentioned crops, such as the drought indexes for peach, corn and soybeans and the number of working days for irrigated rice land preparation. The behaviour of yields and climatic indexes in the warm periods were considered as analogues of what should be expected in the next 20 years, including the year 2000. An analyses of variance between the differences observed in the yields and climatic indexes in the warm and cold periods was performed. The Duncan test shows that irrigated rice yields were greater in the warm than in the cold periods. On the other hand the yields of peach, wheat, corn and soybean crops were lower in the warm than in the cold periods. A correspondent behaviour was observed for the climatic indexes. The growth of the native pasture in spring, summer and fall was greater in the cold than in the warm periods and no difference was found for the winter period. The average annual temperature of Rio Grande do Sul State is negatively correlated with the Northern Hemisphere average annual temperature. There is strong evidence that a warm period started in the Northern Hemisphere and small increases in irrigated rice yields and small decreases in the peach, wheat, corn, soybeans and native pasture yields may be expected in the years ahead, until of year 2000, if the agricultural technology remains the same.

1. INTRODUÇÃO

A maioria dos cientistas é de opinião que o clima mundial vai mudar. Estimam que a temperatura média anual da atmosfera, na superfície, aumentará se a poluição não for efetivamente controlada (Braden 1976).

O homem modificou o ciclo global do carbono pela queima dos combustíveis fósseis e, provavelmente, pelo desmatamento e pela modificação do uso da terra.

O resultado dessas atividades aumentou o conteúdo de CO_2 da atmosfera e dos oceanos (Fig. 1). Um aumento do bióxido de carbono na atmosfera tende a perturbar o balanço de radiação do sistema terra-atmosfera, diminuindo a transmissividade da atmosfera para as radiações infravermelhas e, conseqüentemente, aumentando o "efeito estufa". Isso tende a aumentar a altitude onde ocorre o equilíbrio das radiações, presentemente a 5 - 6 km acima da superfície e, também, a temperatura da superfície terrestre e da atmosfera abaixo dessa altitude. Além disso, o aumento na disponibilidade de energia resultante da modificação do balanço da radiação perturba todo o sistema de circulação geral da atmosfera. Mudanças na distribuição da pressão atmosférica, tanto geográfica como estacionalmente, afetam a quantidade e distribuição das chuvas, as temperaturas, os ventos e todas as demais variáveis meteorológicas que contribuem para determinar o clima de uma dada região. Essas modificações afetam as atividades econômicas que dependem das condições climáticas, especialmente a agricultura. Acredita-se que, se o uso dos combustíveis fósseis continuar a aumentar na mesma ta-

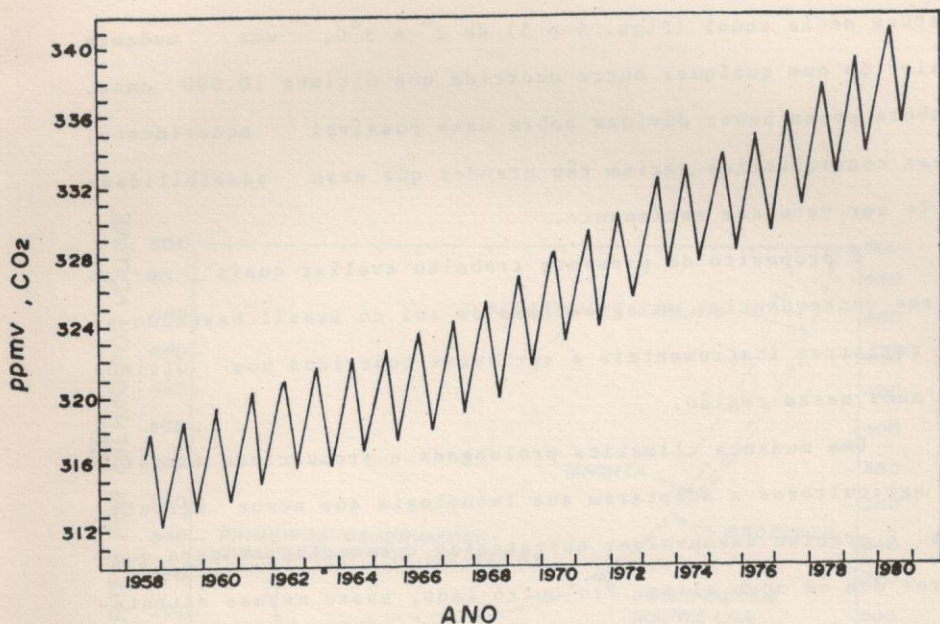


Fig. 1 . Concentração do CO₂ atmosférico (médias semanais) medidas em Mauna Loa , Haváí . Segundo Rycroft 1982 .

xa verificada neste século, os níveis de CO_2 serão duplicados na metade do próximo século (Figs. 2 e 3). Como consequência, nessa época, poderá haver um aumento na média global da temperatura média anual (Figs. 4 e 5) de 2° a 3°C , uma mudança maior do que qualquer outra ocorrida nos últimos 10.000 anos. Embora possa haver dúvidas sobre esse possível aquecimento, suas consequências seriam tão grandes que essa possibilidade deve ser estudada seriamente.

É propósito do presente trabalho avaliar quais seriam essas consequências em agroclimas do sul do Brasil baseando-se em registros instrumentais e agrícolas ocorridos nos últimos 82 anos nessa região.

Uma mudança climática prolongada e pronunciada forçaria os agricultores a adaptarem sua tecnologia aos novos agroclimas. É preciso desenvolver estratégias e tecnologias para conviver com um novo clima. Pro outro lado, essas mesmas estratégias e tecnologias servirão também para minimizar os efeitos das flutuações climáticas que ocorrem e que influenciam a agricultura e, conseqüentemente, a disponibilidade de alimentos. Não se pode "prever" os agroclimas futuros, mas se pode desenvolver "cenários" de como seriam, de acordo com as informações e os métodos de estudo atualmente disponíveis, os seus aspectos mais importantes no futuro. Não se pode, atualmente, depositar demasiada confiança nos "cenários" para um futuro mundo mais quente, além da primeira década do século XXI. Por exemplo, o aquecimento de $0,4^\circ\text{C}$, observado no período 1934-53 no Hemisfério Norte, é substancialmente menor do que o esperado como resultante de uma duplicação do conteúdo de CO_2 , e extra-

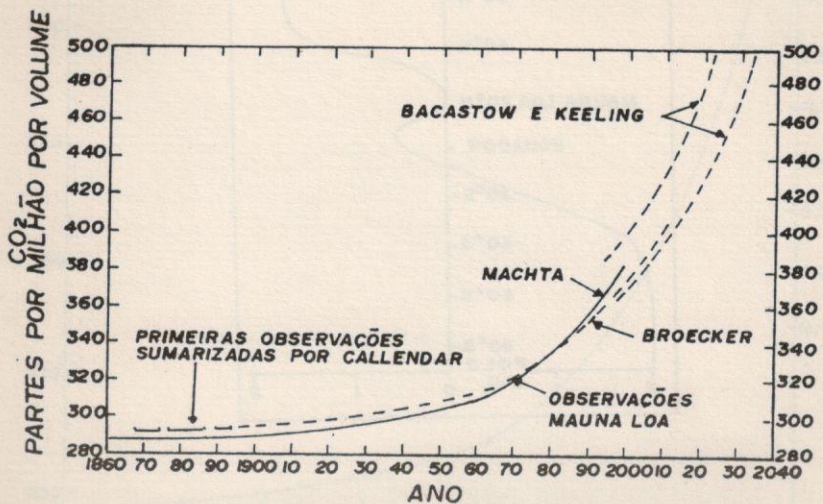


Fig.2 .Aumento a longo prazo do CO₂ da atmosfera desde a Revolução Industrial até o próximo século, segundo vários autores. Adaptado de Kellogg 1977.

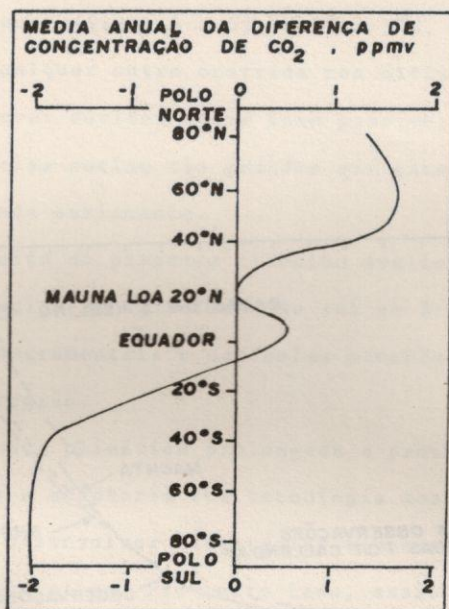


Fig. 3 . Diagrama esquemático mostrando as diferenças latitudinais das concentrações médias anuais do CO₂ atmosférico com os valores médios anuais em Mauna Loa , baseado em observações relatadas na Conferência de Berna, em 1981, por P. Hyson e G. I. Pearman (CSIRO, Austrália), C. D. Keeling (Scripps Institution of Oceanography) e W. D. Komhyr (NOAA, Boulder, Colorado). Segundo Rycroft, 1982.

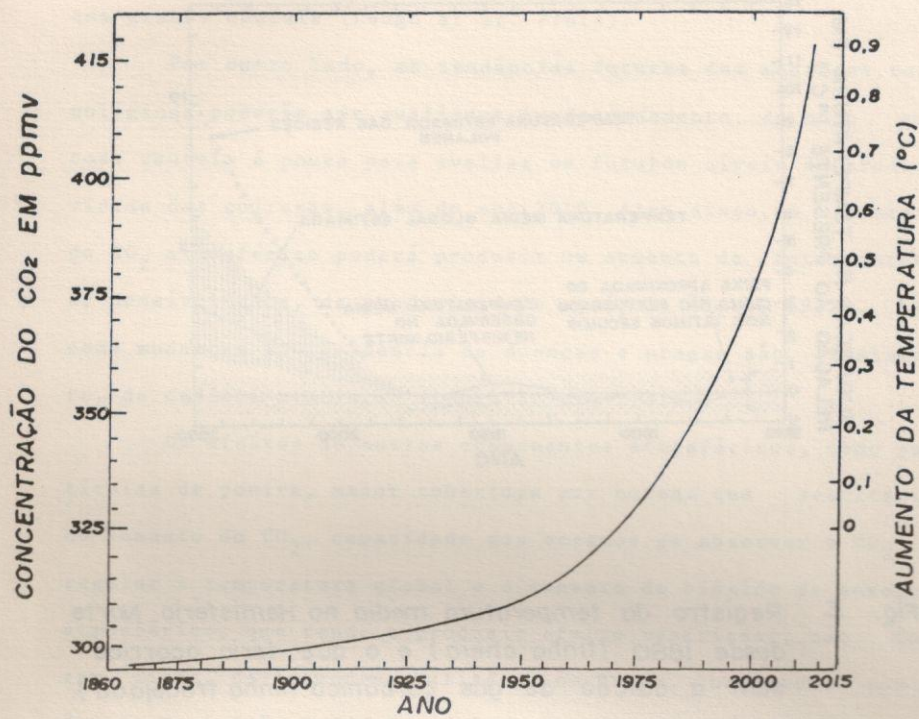


Fig. 4. Aumento observado e projetado do CO₂ atmosférico e estimativa correspondente do aumento de temperatura mundial, segundo Landsberg & Matcha 1974.

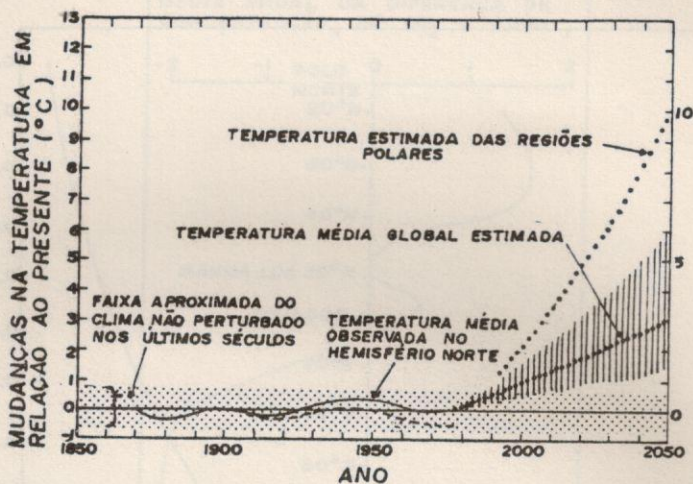


Fig. 5 . Registro da temperatura média no Hemisfério Norte desde 1860 (linha cheia) e o que teria ocorrido sem a adição de gás carbônico (linha tracejada). A área sombreada inclui a faixa de flutuações de temperatura durante os últimos 1000 anos ou mais. A mudança futura da temperatura (linha pontilhada) e sua faixa de incerteza (faixa de linhas verticais), segundo os cálculos dos modelos climáticos empregados. A mudança de temperatura das regiões polares deverá ser 3 a 5 vezes maior que a média global, segundo Mitchell 1977.

polações a partir de dados históricos, tanto em termos da magnitude das mudanças nos índices agroclimáticos, como nas condições do sistema de circulação geral da atmosfera, que poderão ocorrer em um futuro mais distante, só podem ser feitas com grande cautela (Lough et al. Prelo).

Por outro lado, as tendências futuras das mudanças tecnológicas poderão ser avaliadas inadequadamente, de modo que toda cautela é pouca para avaliar os futuros níveis da produtividade das culturas, além do ano 2010. Além disso, o aumento do CO₂ atmosférico poderá produzir um aumento da fotossíntese e, possivelmente, da produtividade agrícola (Idso, 1982), bem como mudanças na incidência de doenças e pragas são, atualmente, de difícil avaliação (Lough et al. Prelo).

Os efeitos de outros componentes atmosféricos, como partículas de poeira, maior cobertura por nuvens que resultaria do aumento do CO₂, capacidade dos oceanos de absorver o CO₂ e regular a temperatura global e o aumento do bióxido de enxofre atmosférico, que tende a produzir efeito resfriador, não foram, ainda, devidamente avaliados, os quais, juntamente com o "efeito estufa", podem determinar "cenários" climáticos futuros difíceis de avaliar além do ano 2010, segundo se pode deduzir das considerações de Bryson (1968) e Idso (1982).

2. REVISÃO DE LITERATURA

Desde os trabalhos pioneiros de Chamberlin (1899) de Arrhenius (1903), que sugeriram que o aumento de CO₂ atmosférico tenderia a aquecer o clima, tem havido muito interesse cientí-

fico nessa teoria (Angell & KorsKover 1978a, 1978b; Bryson 1968; Callendar 1938; Epstein 1982; Gilliland 1982; Kellogg 1979; Kukla 1982; Madden & Ramanathan 1980; Manabe & Wetherald 1975; Manabe & Stouffer 1979-1980; Wigley & Jones 1981; Lought et al. Prelo).

Os primeiros sinais do efeito do aumento do CO_2 no aumento da temperatura média anual global não foram cientificamente comprovados. Enquanto Wigley & Jones (1981) acham que eles serão detectáveis no fim deste século, Epstein (1982) apresenta uma metodologia que poderá detectar uma mudança climática devida ao aumento do CO_2 atmosférico em 1986.

Nos últimos 30 anos, vários trabalhos foram publicados fornecendo estimativas das variações da temperatura global média anual, estacional e mensal baseadas nos registros instrumentais (Angell & Korshover 1978a, 1978b; Budyko 1969; Jones et al. 1982; Callendar 1938; Mitchell 1963).

Wigley et al. (1980) indicam duas metodologias que podem ser usadas para derivar um novo cenário devido a mudanças climáticas resultantes de um aumento do CO_2 atmosférico. Essas são: a modelagem numérica usando modelos de circulação geral da atmosfera e o uso de períodos climáticos quentes do passado como analogias do futuro. Esta última inclui a possibilidade de usar dados instrumentais de séries climáticas históricas para determinar as características meteorológicas de grupos de anos quentes que podem ser usados como analogias do clima futuro. Como a temperatura média anual global do Hemisfério Norte (e, conseqüentemente, do Globo Terrestre como um todo) varia consideravelmente de ano para ano, podem ser selecionados

grupos de anos quentes como analogias de um mundo futuro mais quente (resultante de um maior teor de CO_2 ou outras causas). Esse método foi usado por Wigley et al. (1980) e por Williams (1979). Lough et al. (Prelo) usaram o período pré-industrial de 20 anos, 1901-20 e o compararam com o período quente industrial, 1934-53 (Fig. 6) para construir cenários climáticos europeus em um futuro mundo mais quente. Como aspectos atrativos desse método salientam-se o uso do período frio pré-industrial com níveis mais baixos de CO_2 e a possibilidade de estudar a variabilidade climática em períodos de 20 anos sucessivos. Essa metodologia é a mais apropriada para estudos do impacto das mudanças climáticas sobre a agricultura. Embora as causas das flutuações anuais da temperatura global deste século não tenham sido ainda completamente entendidas, o teor de CO_2 pode ter sido a causa do período quente 1934-53 (Wigley Prelo). Os resultados dos modelos numéricos indicam, sejam quais forem as causas do aquecimento, que existem grandes semelhanças nas características da mudança climática resultante. As estimativas dos efeitos, por exemplo, de um aumento na constante solar são semelhantes às devidas ao aumento do CO_2 atmosférico (Wigley et al. 1980).

Outros (Kellogg & Schware 1982) basearam-se em reconstruções paleoclimáticas do período altitermal (4500 a 8000 anos atrás), comparações de anos recentes quentes e frios e modelagem climática para construir o futuro cenário climático em uma terra mais quente (Fig. 7).

A verificação dos efeitos de uma modificação futura das condições agroclimáticas sobre o rendimento das culturas pode

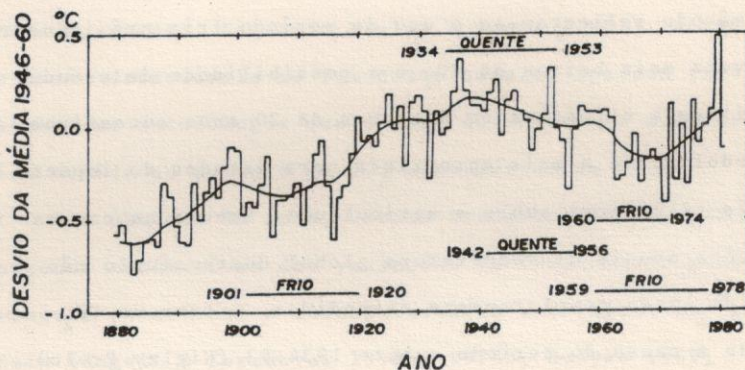


Fig. 6 .Variações da temperatura média anual do Hemisfério Norte mostrando os períodos frios e quentes de 15 e 20 anos escolhidos para a comparação. A curva representa os valores filtrados das variações de curto prazo. Adaptado de Lough et al. Prelo.

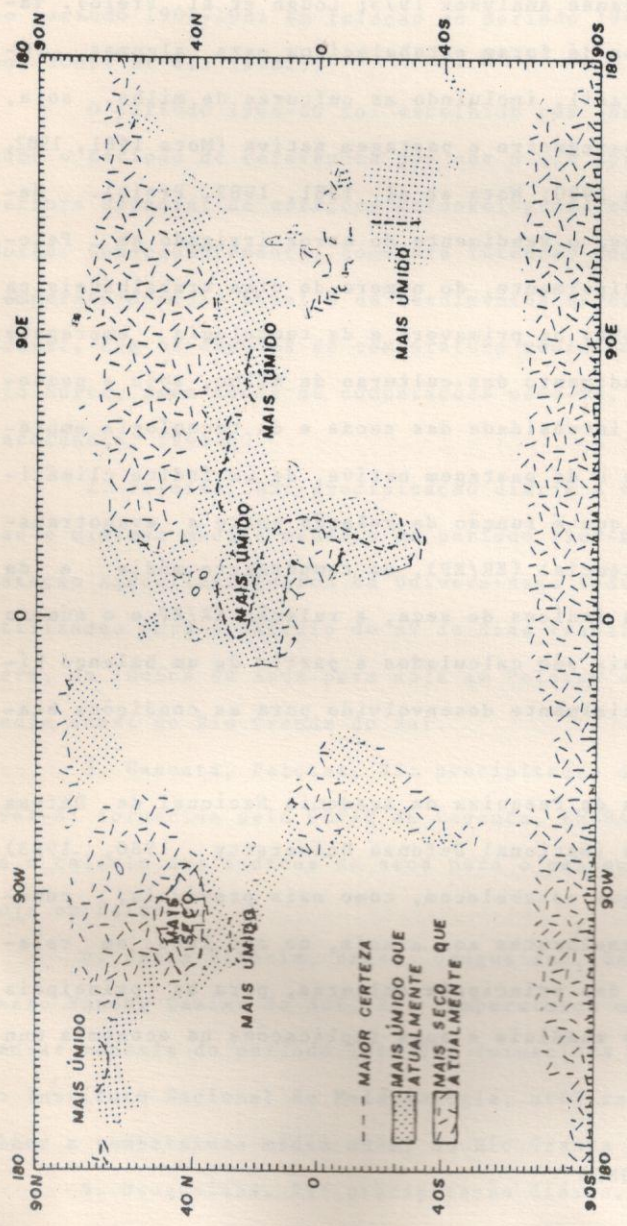


Fig. 7 . Exemplo de um "cenário" da umidade do solo em uma Terra mais quente, baseado em reconstruções Paleoclimáticas do período altitermal (4500 a 8000 anos atrás), comparações de anos recentes quentes e frios e experimentos com modelos climáticos. Segundo Kellogg & Schware 1982.

ser efetuada com o uso dos modelos clima-rendimento-tecnologia (Institute for Defense Analyses 1975; Lough et al. Prelo). Vários desses modelos já foram estabelecidos para algumas regiões do sul do Brasil, incluindo as culturas de milho, soja, arroz irrigado, pessegueiro e pastagem nativa (Mota 1981, 1982, 1983; Mota & Silva 1980; Mota et al. 1981, 1982, Prelo). Segundo esses modelos, o rendimento do arroz irrigado em Pelotas depende, principalmente, do número de dias trabalháveis para máquinas agrícolas na primavera e da tecnologia empregada em cada ano; o rendimento das culturas de milho, soja e pessegueiro depende da intensidade das secas e da tecnologia empregada em cada ano e o da pastagem nativa, de um índice climático de crescimento que é função da relação entre a evapotranspiração real e potencial (ER/EP), da temperatura média e da radiação solar. Os índices de seca, a relação ER/EP e o número de dias trabalháveis são calculados a partir de um balanço hídrico diário especialmente desenvolvido para as condições brasileiras.

A Diretoria de Pesquisa da Academia Nacional de Defesa dos Estados Unidos (National Defense University 1980, 1983) realizou estudos que estabelecem, como mais prováveis, cenários climáticos semelhantes aos atuais, no ano 2000, em relação ao rendimento das principais culturas, para as principais regiões produtoras mundiais e suas implicações na economia mundial dos grãos.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados os seguintes dados meteorológicos:

1. Hemisfério Norte: desvios da temperatura média anual no período 1901-1981 em relação ao período 1946-60, publicados por Jones et al. (1982).

O período 1946-60 foi escolhido por Jones et al. (1982) como o período de referência por ser o que apresenta melhor cobertura espacial de estações meteorológicas sobre o Hemisfério Norte. Conseqüentemente, como era intenção comparar desvios da temperatura média anual e de rendimentos de culturas do sul do Brasil, com os desvios da temperatura média anual no Hemisfério Norte, para todas as comparações usou-se, como período de referência, 1946-60.

2. Pelotas, RS: precipitação diária e temperaturas máximas e mínimas médias mensais do período 1900-81, observadas na Estação Agroclimatológica da Universidade Federal de Pelotas, utilizadas para o cálculo do nº de dias trabalháveis na primavera, do índice de seca para soja em Pelotas e da temperatura média anual do Rio Grande do Sul.

3. Cascata, Pelotas, RS: precipitação diária do período 1941-81 fornecida pela UEPAE de Cascata, EMBRAPA, utilizada para o cálculo dos índices de seca para o pessegueiro e para a soja em Pelotas.

4. Santa Vitória, Bagé, Uruguaiana, São Luiz Gonzaga, Passo Fundo, Caxias do Sul, RS: temperaturas máximas e mínimas médias mensais do período 1913-81, fornecidas pelo 8º Distrito do Instituto Nacional de Meteorologia, utilizadas para determinar a temperatura média anual do Rio Grande do Sul.

5. Uruguaiana, RS: precipitação diária, temperaturas máximas e mínimas médias mensais e insolação total mensal, pe-

ríodo 1933-81, fornecidas pelo 8º Distrito do Instituto Nacional de Meteorologia. Esses dados foram utilizados para calcular o índice climático de crescimento da pastagem nativa, constituída, principalmente, por gramíneas tropicais.

6. Santa Cruz do Rio Pardo, SP: precipitação diária do período 1941-81, fornecida pelo Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica, utilizada para o cálculo dos índices de seca para soja e milho no sul do Brasil.

7. São Luiz Gonzaga, RS: precipitação diária do período 1941-81, fornecida pelo 8º Distrito do Instituto Nacional de Meteorologia utilizada para o cálculo dos índices de seca para soja e milho no sul do Brasil.

Os dados de rendimento foram fornecidos pela FIBGE.

Os valores de rendimento, nos períodos utilizados no estudo de cada cultura, foram estimados utilizando-se os modelos clima-rendimento estabelecidos, para o arroz irrigado em Pelotas, por Mota et al. Prelo, para o pessegueiro no município de Pelotas, por Mota 1982, para as culturas de soja e milho, no sul do Brasil, por Mota 1983 e, para pastagem nativa em Uruguaiana, por Mota et al. 1981. Tais estimativas foram calculadas usando-se a tecnologia do ano de 1978 e os valores observados dos índices agroclimáticos em cada ano, para cada cultura; com esse procedimento eliminou-se a influência das variações tecnológicas, visando a caracterizar a influência apenas das flutuações climáticas sobre os rendimentos das culturas. Também foram estimados os rendimentos usando-se a tecnologia do ano e considerando-se clima constante representado pelos valores observados dos índices agroclimáticos correspondentes ao

clima mais benigno ocorrido na região determinada, objetivando visualizar a evolução tecnológica das culturas.

As temperaturas máximas e mínimas médias mensais foram somadas e dividido o resultado por dois para se determinar as temperaturas médias mensais e anuais, com a finalidade de evitar heterogeneidades das séries por mudanças havidas, através do tempo, nas fórmulas utilizadas para calcular as temperaturas médias diárias.

Para estabelecer a temperatura média anual representativa do Rio Grande do Sul foi utilizada a metodologia preconizada por Salinger 1979: 1. Foram determinados os desvios mensais da temperatura média 1946-60, para as localidades de Pelotas, Santa Vitória do Palmar, Bagé, Uruguaiana, São Luiz Gonzaga, Passo Fundo e Caxias do Sul; 2. Para cada localidade foram obtidos 180 desvios, procedendo-se à análise de correlação desses desvios entre as 7 localidades mencionadas para se verificar se as tendências eram uniformes para todas. A partir dos valores dos coeficientes de correlação se poderia determinar as áreas homogêneas quanto à variação anual da temperatura e combinar as estações representativas de cada área, para obter a curva representativa da temperatura média anual do Rio Grande do Sul, no período 1913-81 e compará-la com a do Hemisfério Norte.

Os desvios das temperaturas médias anuais do Hemisfério Norte e do Rio Grande do Sul, dos índices agroclimáticos e dos rendimentos, em relação ao período 1946-60, foram filtrados para variações de curto prazo nos períodos considerados, ajustando-os a uma regressão polinomial cúbica com o tempo, utili-

zando-se o programa de computação denominado Σ POLYC, com um minicomputador HP-41C.

A construção dos cenários climáticos e agroclimáticos caracterizados pelos desvios filtrados das temperaturas médias anuais, rendimentos e índices agroclimáticos em um futuro mundo mais quente, rico em CO_2 , foi realizada da seguinte maneira: comparando grupos de 20 ou 15 anos consecutivos frios com grupos de 20 ou 15 anos consecutivos quentes; para Pelotas os períodos 1901-20 (pré-industrial frio), 1959-78 (industrial quente) para a cultura do arroz irrigado e índice de seca para soja (Campus UFPel) e, 1942-56 (industrial quente) e 1960-74 (industrial frio) para as demais culturas e temperatura média anual no Rio Grande do Sul, tendo em vista os dados disponíveis. Para o trigo os cenários foram construídos diretamente com os desvios filtrados dos rendimentos observados tendo em vista não existir um modelo clima-rendimento satisfatório para essa cultura.

Os efeitos das mudanças em um mundo mais quente devem ser avaliados tanto pelos valores médios dos índices climáticos, agroclimáticos e rendimentos, como pelas mudanças na sua variabilidade. Portanto, são derivados cenários de mudanças nos valores médios da temperatura média anual, nos rendimentos e nos índices agroclimáticos e cenários de mudanças na sua variabilidade. As diferenças entre os valores médios dos períodos quentes e frios foram avaliadas pela análise da variação e pelo teste de Duncan; a variabilidade nos diferentes períodos, pelo desvio padrão e pelo coeficiente de variação.

Para verificar as relações de dependência entre diver-

soz parâmetros foram calculados os seguintes coeficientes de correlação entre os desvios filtrados: 1. Entre os rendimentos das culturas; 2. Entre os rendimentos das culturas e a temperatura média anual do Hemisfério Norte; 3. Entre o rendimento das culturas e a temperatura média anual do Rio Grande do Sul; 4. Entre os índices agroclimáticos e a temperatura média anual do Hemisfério Norte; 5. Entre os índices agroclimáticos e a temperatura média anual do Rio Grande do Sul; 6. Entre a temperatura média anual do Hemisfério Norte e a do Rio Grande do Sul.

4. RESULTADOS OBTIDOS

4.1. Rendimentos e índices agroclimáticos

Os rendimentos estimados com clima constante e tecnologia variável (Tabelas 1, 2, 4 e 5 e Figuras 8, 10, 13 e 15) mostram claramente a grande influência das mudanças tecnológicas sobre o rendimento das culturas de arroz irrigado e pessegueiro em Pelotas e milho e soja no sul do Brasil. Assim, foi absolutamente necessário eliminar a influência dessa variação tecnológica para se poder estudar a influência das flutuações climáticas sobre os rendimentos. Já para o trigo, no Rio Grande do Sul, os dados de rendimentos observados não mostram tendência de aumento ou diminuição por influência tecnológica.

Os dados das Tabelas 1 a 7 e as figuras 9, 11, 12, 14 e 16 a 18 mostram os valores e as curvas representativas dos desvios filtrados da média 1946-60, que representam as tendências temporais de origem climática, dos rendimentos das culturas estudadas e de seus índices agroclimáticos eliminadas as in-

TABELA 1. Valores estimados por regressão polinomial cúbica com o tempo, dos desvios em relação à média 1946-60, dos rendimentos estimados do arroz usando a tecnologia de 1978 e a porcentagem estimada da área semeada até 30 de novembro de cada ano e dos desvios do número de dias trabalháveis na primavera e rendimentos estimados utilizando o valor constante de 100% da área semeada até 30 de novembro e a tecnologia usada em cada ano. Pelotas 1901-81

Ano da Colheita	Desvios do rendimento kg . ha ⁻¹	Desvios do nº de dias trabalháveis	Rendimento estimado kg . ha ⁻¹
1901	-127,80	- 3,31	3096
1902	-112,88	- 2,90	3096
1903	- 98,77	- 2,51	3096
1904	- 85,47	- 2,14	3096
1905	- 72,95	- 1,79	3096
1906	- 61,18	- 1,47	3096
1907	- 50,16	- 1,16	3096
1908	- 39,85	- 0,88	3096
1909	- 30,25	- 0,61	3096
1910	- 21,33	- 0,36	3096
1911	- 13,08	- 0,14	3096
1912	- 5,46	0,08	3096
1913	1,53	0,27	3096
1914	7,92	0,45	3096
1915	13,72	0,61	3096
1916	18,96	0,75	3096
1917	23,65	0,88	3096
1918	27,81	1,00	3096
1919	31,47	1,10	3096
1920	34,65	1,18	3096
1921	37,35	1,26	3096
1922	39,61	1,32	3096
1923	41,44	1,37	3096
1924	42,86	1,41	3096
1925	43,89	1,44	3096
1926	44,55	1,46	3096
1927	44,87	1,47	3096
1928	44,85	1,47	3096
1929	44,52	1,46	3096
1930	43,89	1,44	3096
1931	43,00	1,41	3096
1932	41,85	1,38	3096
1933	40,47	1,34	3096
1934	38,88	1,30	3096
1935	37,09	1,25	3096
1936	35,13	1,20	3096
1937	33,01	1,14	3096
1938	30,76	1,08	3096
1939	28,39	1,01	3096
1940	25,93	0,94	3096
1941	23,38	0,87	3096
1942	20,78	0,80	3096

Continuação da Tabela 1

1943	18,14	0,73	3096
1944	15,49	0,65	3096
1945	12,83	0,58	3096
1946	10,20	0,51	3096
1947	7,60	0,44	3096
1948	5,07	0,37	3096
1949	2,61	0,30	3096
1950	0,26	0,23	3096
1951	- 1,98	0,17	3096
1952	- 4,09	0,11	3096
1953	- 6,03	0,06	3096
1954	- 7,80	0,01	3096
1955	- 9,37	- 0,03	3096
1956	- 10,73	- 0,07	3096
1957	- 11,85	- 0,10	3096
1958	- 12,71	- 0,12	3096
1959	- 13,30	- 0,14	3096
1960	- 13,60	- 0,14	3096
1961	- 13,59	- 0,14	3096
1962	- 13,24	- 0,13	3096
1963	- 12,54	- 0,11	3168
1964	- 11,46	- 0,08	3168
1965	- 10,00	- 0,04	3240
1966	- 8,13	0,02	3384
1967	- 5,82	0,08	3456
1968	- 3,07	0,16	3529
1969	0,16	0,25	3601
1970	3,87	0,35	3673
1971	8,09	0,47	3745
1972	12,84	0,61	3817
1973	18,14	0,75	3889
1974	24,00	0,92	3889
1975	30,45	1,10	3889
1976	37,51	1,30	3889
1977	45,19	1,51	3889
1978	53,52	1,74	3889
1979	62,51	1,99	3889
1980	72,19	2,26	3889
1981	82,57	2,55	3889

TABELA 2. Valores estimados por regressão polinomial cúbica com o tempo, dos desvios em relação à média 1946-60, dos rendimentos estimados do pessegueiro usando a tecnologia de 1978 e o índice de seca de cada ano e dos desvios do índice de seca e rendimentos estimados utilizando o valor mínimo observado do índice de seca e a tecnologia usada em cada ano. Pelotas 1942-81

Ano da Colheita	Desvios do rendimento kg . ha ⁻¹	Desvios do índice de seca	Rendimento estimado
1942	-698	5,29	3688
1943	-591	4,54	3688
1944	-492	3,85	3688
1945	-402	3,21	3688
1946	-320	2,62	3688
1947	-246	2,08	3688
1948	-180	1,59	3688
1949	-120	1,14	3688
1950	- 67	0,74	3688
1951	- 20	0,38	3688
1952	21	0,05	3688
1953	56	-0,23	3688
1954	87	-0,48	3688
1955	113	-0,70	3688
1956	134	-0,89	3688
1957	152	-1,04	3688
1958	167	-1,17	3688
1959	178	-1,28	3688
1960	187	-1,36	3688
1961	193	-1,42	3688
1962	198	-1,46	3688
1963	201	-1,49	3688
1964	203	-1,50	3688
1965	205	-1,50	3688
1966	206	-1,48	3688
1967	207	-1,46	3688
1968	209	-1,43	4040
1969	212	-1,40	4216
1970	216	-1,36	4391
1971	222	-1,32	4391
1972	230	-1,29	4391
1973	241	-1,26	4391
1974	254	-1,23	4567
1975	271	-1,21	4567
1976	291	-1,20	4919
1977	316	-1,20	5271
1978	345	-1,22	5622
1979	379	-1,25	6325
1980	418	-1,30	6325
1981	463	-1,36	6325

TABELA 3. Valores observados e regressão polinomial cúbica com o tempo dos desvios, em relação à média 1946-60, dos rendimentos do trigo e rendimento observado. Rio Grande do Sul, 1941-82

Ano da Colheita	Desvios do rendimento kg . ha ⁻¹		Rendimento observado kg . ha ⁻¹
	Observado	Regressão polinomial cúbica	
1941	64	29,96	787
1942	- 16	14,79	707
1943	5	1,99	728
1944	-252	- 8,57	471
1945	1	-17,03	724
1946	- 22	-23,50	701
1947	165	-28,10	888
1948	- 25	-30,97	698
1949	-123	-32,23	600
1950	76	-32,00	799
1951	-165	-30,41	558
1952	109	-27,58	832
1953	125	-23,64	848
1954	94	-18,71	817
1955	195	-12,92	918
1956	235	- 6,39	958
1957	- 18	0,75	705
1958	-288	8,38	435
1959	-203	16,37	520
1960	-153	24,59	570
1961	-253	32,94	470
1962	195	41,26	918
1963	-262	49,45	461
1964	157	57,38	880
1965	22	64,92	745
1966	120	71,95	843
1967	92	78,35	815
1968	157	83,98	880
1969	294	88,72	1017
1970	275	92,45	998
1971	141	95,05	864
1972	-413	96,38	310
1973	390	96,33	1119
1974	357	94,77	1080
1975	- 73	91,57	650
1976	177	86,61	900
1977	-273	79,76	450
1978	487	70,90	1210
1979	-233	59,91	490
1980	25	46,65	748
1981	464	31,01	1187
1982	-328	12,86	395

TABELA 4. Valores estimados por regressão polinomial cúbica com o tempo, dos desvios em relação à média 1946-60, dos rendimentos estimados do milho usando a tecnologia de 1978 e o índice de seca de cada ano e dos desvios do índice de seca e rendimentos estimados utilizando o valor mínimo observado do índice de seca e a tecnologia usada em cada ano. Sul do Brasil 1940-81

Ano da Colheita	Desvios do rendimento kg . ha ⁻¹	Desvios do índice da seca	Rendimento estimado
1940	12,42	- 3,45	1471
1941	7,14	- 2,18	1471
1942	2,61	- 1,09	1471
1943	- 1,22	- 0,16	1471
1944	- 4,39	0,60	1471
1945	- 6,92	1,21	1471
1946	- 8,88	1,68	1471
1947	-10,28	2,02	1471
1948	-11,19	2,24	1471
1949	-11,63	2,35	1471
1950	-11,64	2,36	1471
1951	-11,27	2,27	1471
1952	-10,56	2,10	1471
1953	- 9,54	1,86	1471
1954	- 8,26	1,55	1471
1955	- 6,76	1,20	1471
1956	- 5,07	0,79	1471
1957	- 3,24	0,36	1471
1958	- 1,30	- 0,11	1471
1959	0,70	- 0,59	1471
1960	2,72	- 1,07	1471
1961	4,72	- 1,55	1471
1962	6,67	- 2,01	1471
1963	8,52	- 2,46	1471
1964	10,23	- 2,87	1471
1965	11,77	- 3,23	1558
1966	13,09	- 3,55	1558
1967	14,15	- 3,80	1558
1968	14,91	- 3,99	1558
1969	15,33	- 4,09	1645
1970	15,38	- 4,10	1645
1971	15,00	- 4,01	1731
1972	14,17	- 3,81	1731
1973	12,84	- 3,49	1818
1974	10,97	- 3,05	1818
1975	8,52	- 2,46	1905
1976	5,46	- 1,73	1905
1977	1,73	- 0,83	1905
1978	- 2,69	0,23	1905
1979	- 7,86	1,46	1905
1980	-13,80	2,89	1905
1981	-20,57	4,51	1905

TABELA 5. Valores estimados por regressão polinomial cúbica com o tempo, dos desvios em relação à média 1946-60, dos rendimentos estimados da soja usando a tecnologia de 1978 e o índice de seca de cada ano e dos desvios do índice de seca e rendimentos estimados utilizando o valor mínimo observado do índice de seca e a tecnologia usada em cada ano. Sul do Brasil 1940-81

Ano da Colheita	Desvios do rendimento kg . ha ⁻¹	Desvios do índice de seca	Rendimento estimado
1940	- 8,74	1,29	1518
1941	-11,33	1,67	1518
1942	-13,53	1,99	1518
1943	-15,36	2,25	1518
1944	-16,83	2,47	1518
1945	-17,98	2,63	1518
1946	-18,83	2,75	1518
1947	-19,39	2,83	1518
1948	-19,69	2,88	1518
1949	-19,76	2,89	1518
1950	-19,62	2,87	1518
1951	-19,29	2,82	1518
1952	-18,79	2,74	1518
1953	-18,14	2,65	1518
1954	-17,38	2,54	1518
1955	-16,52	2,41	1518
1956	-15,58	2,28	1422
1957	-14,59	2,13	1422
1958	-13,58	1,98	1327
1959	-12,55	1,83	1327
1960	-11,54	1,69	1327
1961	-10,58	1,55	1232
1962	- 9,67	1,42	1232
1963	- 8,85	1,30	1137
1964	- 8,14	1,19	1137
1965	- 7,56	1,11	1137
1966	- 7,13	1,05	1137
1967	- 6,89	1,01	1137
1968	- 6,84	1,00	1137
1969	- 7,01	1,03	1137
1970	- 7,43	1,09	1232
1971	- 8,12	1,19	1327
1972	- 9,11	1,34	1422
1973	-10,40	1,53	1422
1974	-12,04	1,76	1518
1975	-14,03	2,05	1708
1976	-16,41	2,40	1708
1977	-19,19	2,81	1708
1978	-22,41	3,28	1708
1979	-26,08	3,81	1708
1980	-30,22	4,41	1708
1981	-34,86	5,09	1708

TABELA 6. Valores estimados por regressão polinomial cúbica com o tempo, dos desvios em relação à média 1946-60, do índice de seca para soja. Pelotas-Campus UFPel, 1901-81 e Pelotas-UEPAE de Cascata, 1942-81

Ano da Colheita	Desvios de Índice de seca	
	Campus-UFPel	UEPAE-Cascata
1901	-3,47	-
1902	-2,47	-
1903	-1,53	-
1904	-0,65	-
1905	0,18	-
1906	0,96	-
1907	1,68	-
1908	2,35	-
1909	2,98	-
1910	3,55	-
1911	4,08	-
1912	4,57	-
1913	5,01	-
1914	5,41	-
1915	5,76	-
1916	6,08	-
1917	6,36	-
1918	6,60	-
1919	6,81	-
1920	6,98	-
1921	7,12	-
1922	7,23	-
1923	7,31	-
1924	7,36	-
1925	7,38	-
1926	7,37	-
1927	7,35	-
1928	7,29	-
1929	7,22	-
1930	7,13	-
1931	7,02	-
1932	6,89	-
1933	6,74	-
1934	6,58	-
1935	6,40	-
1936	6,22	-
1937	6,02	-
1938	5,81	-
1939	5,59	-
1940	5,37	-
1941	5,15	-
1942	4,91	22,65
1943	4,68	19,76
1944	4,45	17,05
1945	4,21	14,51

Continuação da Tabela 6

1946	3,98	12,14
1947	3,75	9,94
1948	3,52	7,89
1949	3,30	6,00
1950	3,09	4,25
1951	2,88	2,66
1952	2,69	1,20
1953	2,51	-0,11
1954	2,34	-1,30
1955	2,18	-2,35
1956	2,04	-3,28
1957	1,91	-4,09
1958	1,81	-4,78
1959	1,72	-5,36
1960	1,65	-5,83
1961	1,61	-6,20
1962	1,59	-6,47
1963	1,59	-6,64
1964	1,62	-6,72
1965	1,68	-6,72
1966	1,77	-6,63
1967	1,88	-6,47
1968	2,03	-6,23
1969	2,22	-5,93
1970	2,43	-5,55
1971	2,69	-5,12
1972	2,98	-4,63
1973	3,31	-4,09
1974	3,68	-3,50
1975	4,09	-2,87
1976	4,54	-2,20
1977	5,04	-1,49
1978	5,58	-0,75
1979	6,17	0,02
1980	6,81	0,80
1981	7,50	1,61

TABELA 7. Valores estimados por regressão polinomial cúbica com o tempo, dos desvios em relação à média 1946-60, do índice de crescimento da pastagem nativa. Uruguiana, 1940-81

ANO	Desvios do índice			Ano Pecuário*
	Inverno (Jun. Jul. Ago.)	Primavera (Set. Out. Nov.)	Primavera-Verão-Outono (Out. a Mai.)	
1940	0,0100	0,0200	0,0036	0,0100
1941	0,0100	0,0100	0,0023	0,0100
1942	0,0100	0,0100	0,0013	0,0100
1943	0,0100	0,0100	0,0004	0,0100
1944	0,0039	0,0100	0,0003	0,0100
1945	0,0028	0,0045	- 0,0009	0,0100
1946	0,0018	0,0032	- 0,0012	0,0045
1947	0,0010	0,0020	- 0,0014	0,0038
1948	0,0002	0,0011	- 0,0015	0,0033
1949	- 0,0004	0,0003	- 0,0014	0,0029
1950	- 0,0009	- 0,0002	- 0,0012	0,0026
1951	- 0,0013	- 0,0006	- 0,0009	0,0025
1952	- 0,0017	- 0,0008	- 0,0005	0,0024
1953	- 0,0019	- 0,0009	0,0001	0,0024
1954	- 0,0021	- 0,0009	0,0007	0,0026
1955	- 0,0022	- 0,0022	0,0014	0,0028
1956	- 0,0022	- 0,0004	0,0021	0,0031
1957	- 0,0022	0,0000	0,0030	0,0034
1958	- 0,0021	0,0005	0,0039	0,0039
1959	- 0,0019	0,0011	0,0048	0,0043
1960	- 0,0017	0,0017	0,0100	0,0049
1961	- 0,0015	0,0024	0,0100	0,0100
1962	- 0,0012	0,0031	0,0100	0,0100
1963	- 0,0009	0,0038	0,0100	0,0100
1964	- 0,0006	0,0046	0,0100	0,0100
1965	- 0,0002	0,0100	0,0100	0,0100
1966	0,0001	0,0100	0,0100	0,0100
1967	0,0005	0,0100	0,0100	0,0100
1968	0,0008	0,0100	0,0100	0,0100
1969	0,0012	0,0100	0,0100	0,0100
1970	0,0015	0,0100	0,0200	0,0100
1971	0,0019	0,0100	0,0200	0,0100
1972	0,0022	0,0100	0,0200	0,0100
1973	0,0024	0,0100	0,0200	0,0100
1974	0,0027	0,0100	0,0200	0,0100
1975	0,0029	0,0100	0,0200	0,0100
1976	0,0030	0,0100	0,0200	0,0200
1977	0,0032	0,0100	0,0200	0,0200
1978	0,0032	0,0100	0,0200	0,0200
1979	0,0032	0,0100	0,0200	0,0200
1980	0,0031	0,0100	0,0200	0,0200
1981	0,0029	0,0100	0,0200	0,0200

* Ano pecuário: De junho do ano a maio do ano seguinte

TABELA 8. Valores estimados por regressão polinomial cúbica com o tempo, dos desvios em relação à média 1946-60, da temperatura média anual no Hemisfério Norte e no Rio Grande do Sul. Períodos 1901-81 e 1913-81

ANO	Desvios da temperatura média anual, °C		
	Hemisfério Norte		Rio Grande do Sul
	1901-81	1913-81	1913-81
1901	- 0,55	-	-
1902	- 0,51	-	-
1903	- 0,48	-	-
1904	- 0,45	-	-
1905	- 0,42	-	-
1906	- 0,39	-	-
1907	- 0,36	-	-
1908	- 0,33	-	-
1909	- 0,31	-	-
1910	- 0,28	-	-
1911	- 0,26	-	-
1912	- 0,24	-	-
1913	- 0,22	- 0,44	- 0,36
1914	- 0,20	- 0,38	- 0,36
1915	- 0,18	- 0,33	- 0,35
1916	- 0,16	- 0,29	- 0,34
1917	- 0,14	- 0,24	- 0,34
1918	- 0,13	- 0,20	- 0,33
1919	- 0,11	- 0,17	- 0,32
1920	- 0,10	- 0,13	- 0,32
1921	- 0,08	- 0,10	- 0,31
1922	- 0,07	- 0,07	- 0,30
1923	- 0,06	- 0,05	- 0,29
1924	- 0,05	- 0,02	- 0,28
1925	- 0,04	0,00	- 0,28
1926	- 0,03	0,02	- 0,27
1927	- 0,02	0,04	- 0,26
1928	- 0,01	0,05	- 0,25
1929	- 0,01	0,06	- 0,24
1930	0,00	0,08	- 0,23
1931	0,01	0,09	- 0,22
1932	0,01	0,09	- 0,21
1933	0,02	0,10	- 0,20
1934	0,02	0,10	- 0,19
1935	0,02	0,10	- 0,18
1936	0,02	0,11	- 0,17
1937	0,03	0,11	- 0,16
1938	0,03	0,10	- 0,15
1939	0,03	0,10	- 0,14
1940	0,03	0,10	- 0,13
1941	0,03	0,09	- 0,12
1942	0,03	0,09	- 0,11
1943	0,03	0,08	- 0,10
1944	0,03	0,07	- 0,09

Continuação da Tabela 8

1945	0,03	0,07	- 0,08
1946	0,03	0,06	- 0,07
1947	0,02	0,05	- 0,06
1948	0,02	0,04	- 0,06
1949	0,02	0,03	- 0,05
1950	0,02	0,02	- 0,04
1951	0,01	0,01	- 0,03
1952	0,01	0,00	- 0,02
1953	0,01	- 0,01	- 0,02
1954	0,00	- 0,02	- 0,01
1955	0,00	- 0,03	0,00
1956	0,00	- 0,04	0,00
1957	- 0,01	- 0,05	0,01
1958	- 0,01	- 0,06	0,02
1959	- 0,02	- 0,07	0,02
1960	- 0,02	- 0,08	0,02
1961	- 0,02	- 0,08	0,03
1962	- 0,03	- 0,09	0,03
1963	- 0,03	- 0,09	0,04
1964	- 0,04	- 0,10	0,04
1965	- 0,04	- 0,10	0,04
1966	- 0,04	- 0,10	0,04
1967	- 0,05	- 0,11	0,04
1968	- 0,05	- 0,11	0,04
1969	- 0,05	- 0,10	0,04
1970	- 0,05	- 0,10	0,04
1971	- 0,06	- 0,10	0,04
1972	- 0,06	- 0,09	0,04
1973	- 0,06	- 0,08	0,04
1974	- 0,06	- 0,07	0,03
1975	- 0,06	- 0,06	0,03
1976	- 0,06	- 0,05	0,02
1977	- 0,07	- 0,03	0,02
1978	- 0,07	- 0,01	0,01
1979	- 0,07	0,01	0,01
1980	- 0,06	0,03	0,00
1981	- 0,06	0,05	- 0,01

TABELA 9. Valores médios, desvios padrão e coeficientes de variabilidade dos rendimentos¹ e índices e classificação pelo teste de Duncan dos desvios em relação à média 1946-60, obtidos por regressão polinomial cúbica com o tempo, dos rendimentos, índices e temperatura média anual do Hemisfério Norte e Rio Grande do Sul, nos períodos quentes e frios globais.

PARÂMETRO	Períodos Climáticos				
	15 Anos		20 Anos		
	Quente 1942-56	Frio 1960-74	Frio 1901-20	Quente 1934-53	Frio 1959-78
ARROZ IRRIGADO-PELOTAS					
Rendimento, kg.ha ⁻¹					
Média			3637,20	3676,95	3658,15
σ			201,44	132,79	180,05
CV			5,54	3,61	4,92
Classificação			b ³	a ³	a
Dias trabalháveis					
Média			75,45	76,55	76,05
σ			5,62	3,63	5,07
CV			7,45	4,86	6,67
Classificação			b	a	a
PESSEGUEIRO-PELOTAS					
Rendimento, kg.ha ⁻¹					
Média	5265,40	5749,60			
σ	447,69	596,35			
CV	9,07	10,37			
Classificação	b	a			
Índice de Seca					
Média	9,47	6,13			
σ	3,81	4,14			
CV	40,30	67,47			
Classificação	a	b			
TRIGO-RIO GRANDE DO SUL					
Rendimento, kg.ha ⁻¹					
Média	749,80	798,00			
σ	136,03	241,89			
CV	18,14	30,31			
Classificação	b	a			
MILHO-SUL DO BRASIL					
Rendimento, kg.ha ⁻¹					
Média	1850,67	1873,33			
σ	47,08	28,70			
CV	2,54	1,53			
Classificação	b	a			
Índice de seca					
Média	43,80	38,40			
σ	11,19	6,80			
CV	25,56	17,71			
Classificação	a	b			

SOJA-SUL DO BRASIL -1

Rendimento, kg.ha

Média	1633,80	1638,40
σ	46,79	65,16
CV	2,86	3,98
Classificação	b	a

Índice de seca

Média	41,80	41,13
σ	6,82	9,48
CV	16,31	23,04
Classificação	a	b

SOJA-PELOTAS, UFPel

Índice de seca

Média	51,22	54,85	51,10
σ	18,28	17,74	17,21
CV	35,68	32,34	33,68
Classificação	b	a	b

SOJA-PELOTAS, CASCATA

Índice de seca

Média	60,82	45,71
σ	17,36	16,10
CV	28,55	35,23
Classificação	a	b

PASTAGEM-URUGUAIANA

Índice climático

Período: JUN-AGO

Média: JUN-AGO	0,03	0,03
σ	0,01	0,01
CV	32,32	34,29
Classificação	a	a

Período: Set-Nov

Média	0,08	0,09
σ	0,02	0,03
CV	28,55	30,51
Classificação	b	a

Período: Out-Maio

Média	0,12	0,13
σ	0,01	0,02
CV	9,70	12,38
Classificação	b	a

Período: Ano pecuário

Média	0,09	0,10
σ	0,01	0,01
CV	12,54	13,43
Classificação	b	a

Continuação da Tabela 9

TEMPERATURA MÉDIA ANUAL
HEMISFÉRIO NORTE

Classificação	a	b	c ³	a	b
RIO GRANDE DO SUL					
Classificação	b	a			

¹ Rendimentos estimados com a tecnologia de 1978 e índices agroclimáticos de cada ano.

² Rendimentos observados.

³ a, indica que a média dos desvios da média 1946-60, suavizados por regressão polinomial cúbica com o tempo, é estatisticamente superior a b e este superior a c ao nível de 5% de probabilidade.

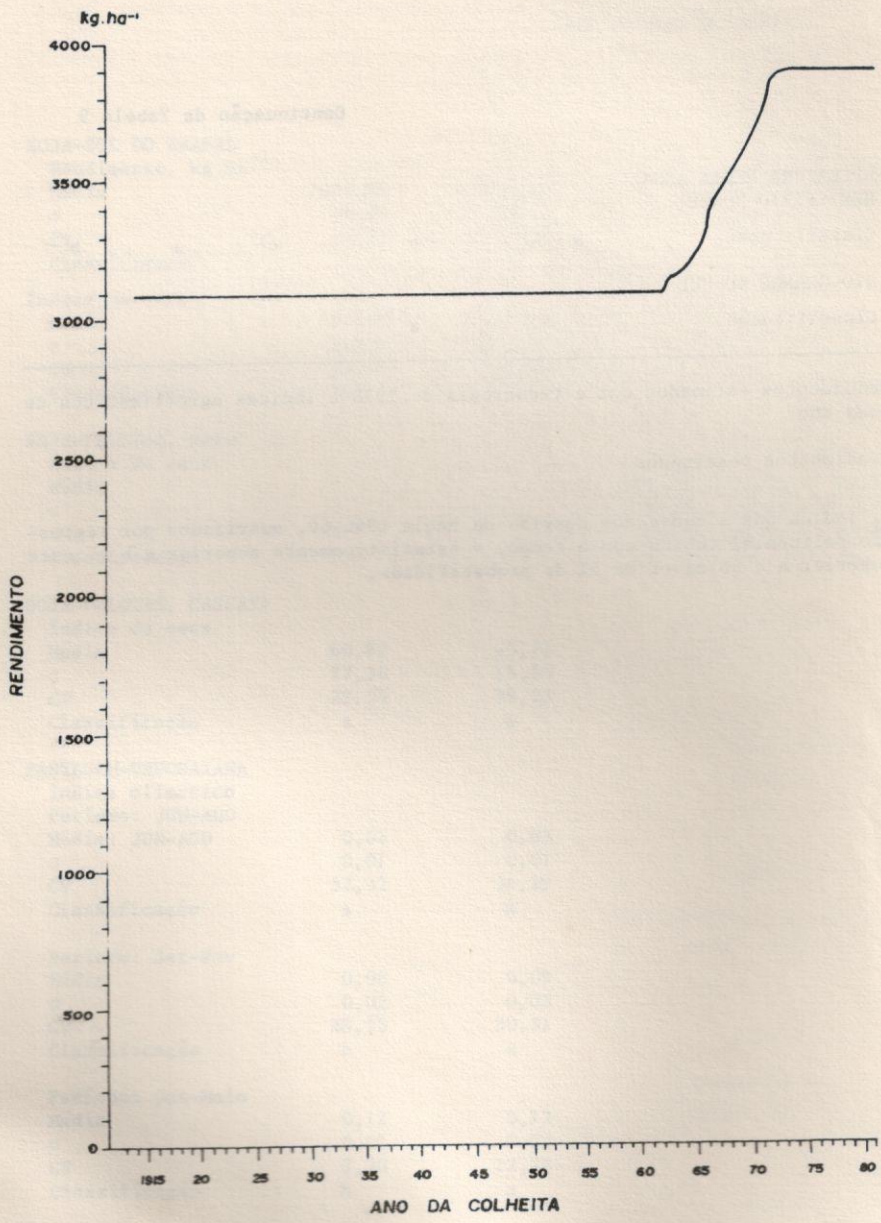


Fig 8 Rendimento do arroz irrigado no Rio Grande do Sul considerando 100 % da área semeada até 15 de novembro e a tecnologia usada em cada ano Período 1913 - 81

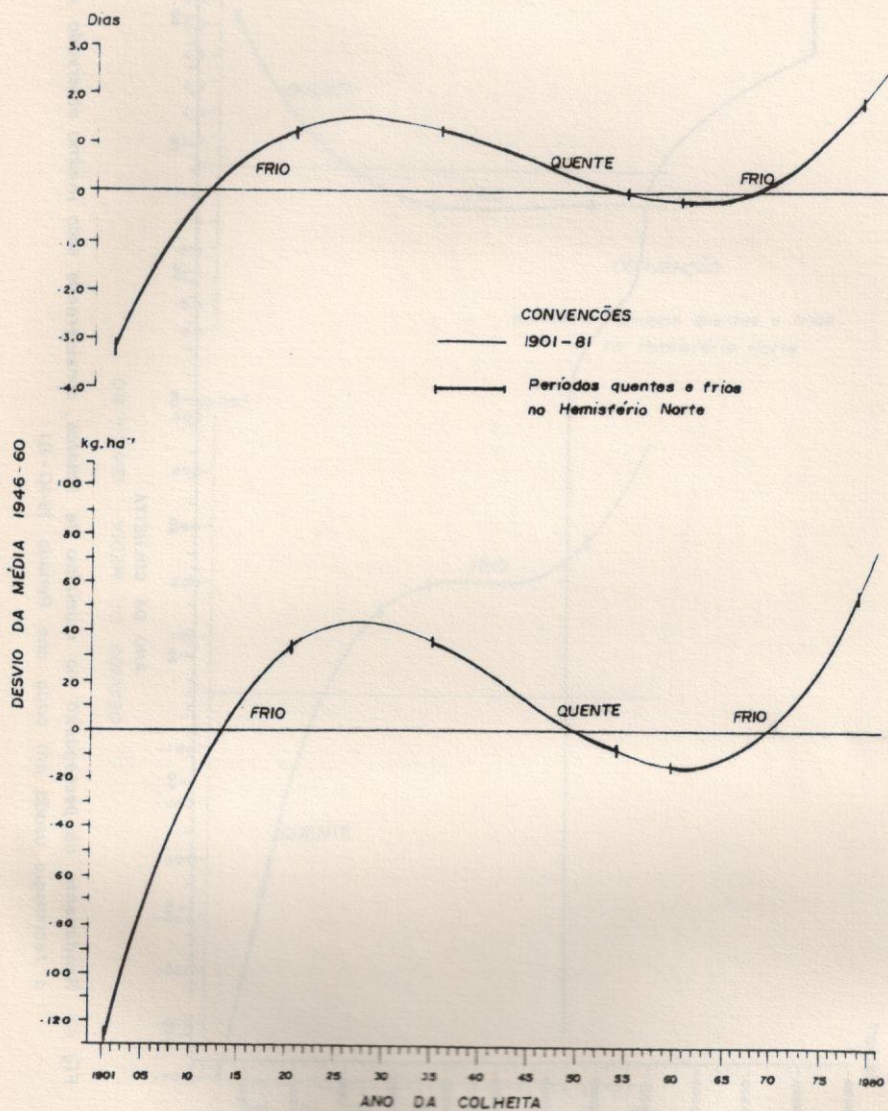


Fig 9 Regressões polinomiais cúbicas dos desvios do rendimento do arroz e do número de dias trabalháveis na primavera em Pelotas, em relação à média 1946-60 com o tempo Período 1901-81

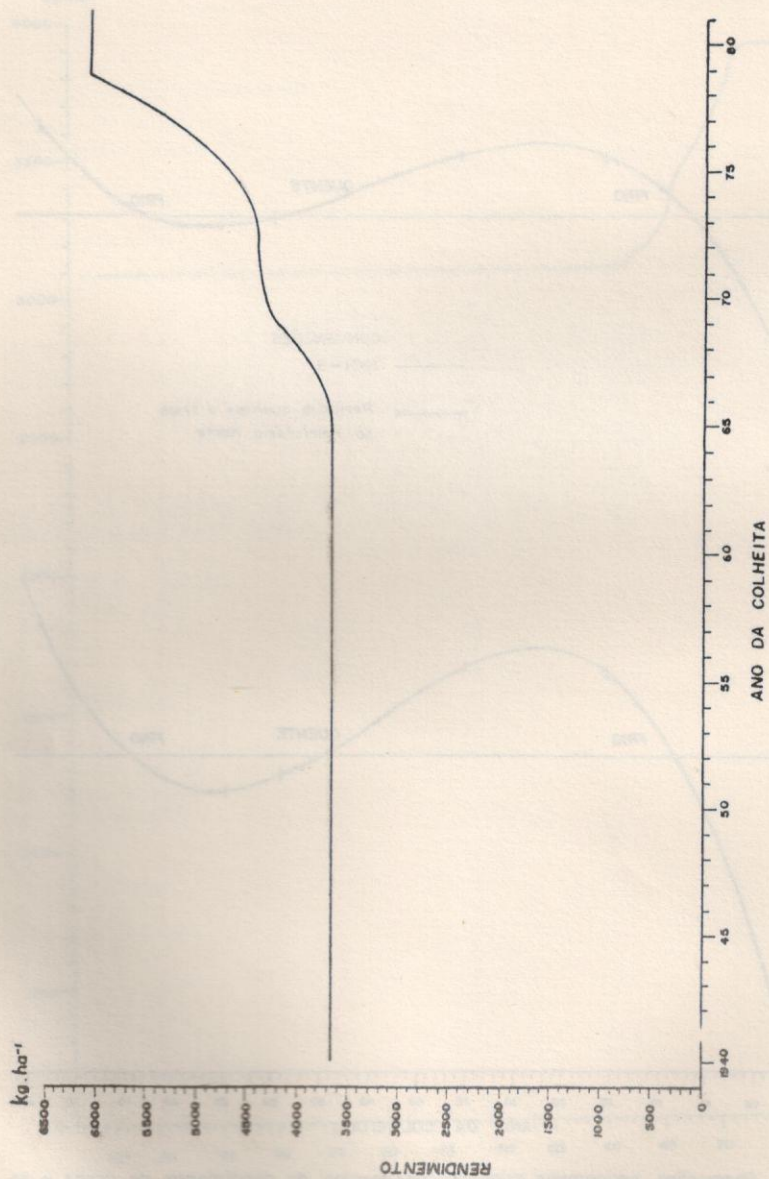


Fig. 10 Rendimento do pessegueiro no município de Pelotas, considerando seca mínima observada e a tecnologia usada em cada ano. Período 1940-81

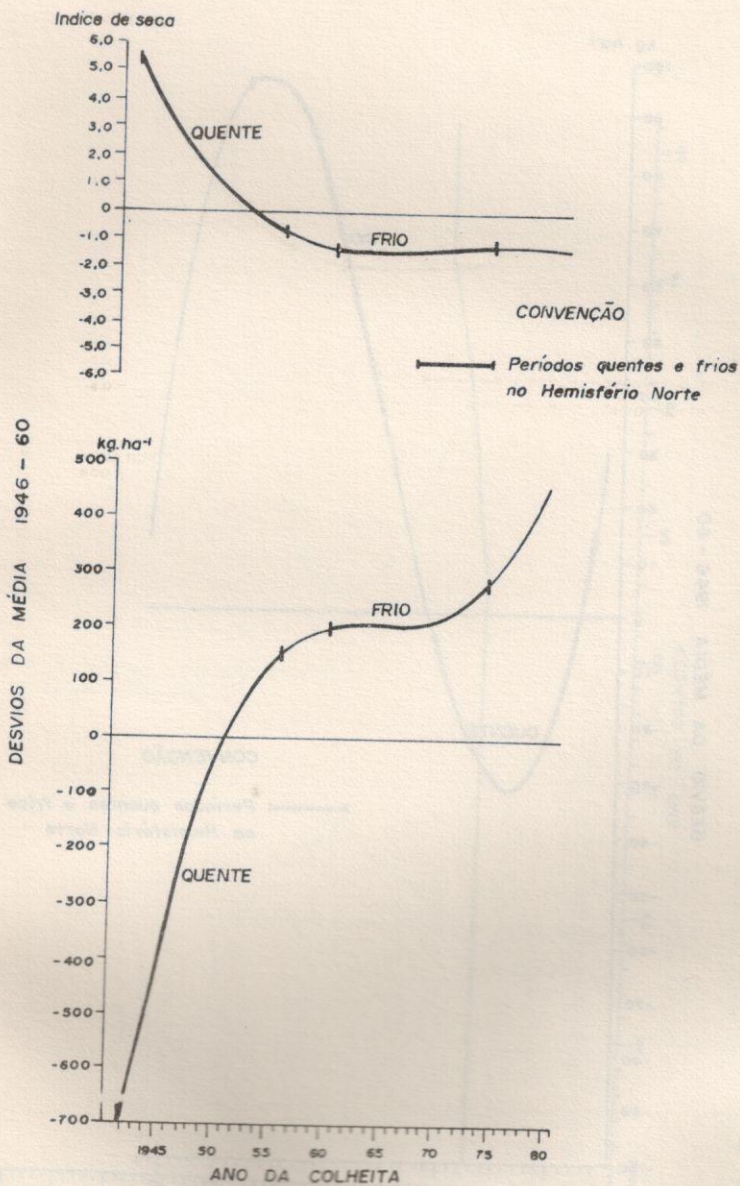


Fig. II . Regressões polinomiais cúbicas dos desvios do rendimento do pessegueiro e do índice de seca para essa cultura (Mota 1982) em Pelotas, em relação à média 1946-60, com o tempo. Período 1942-81 .

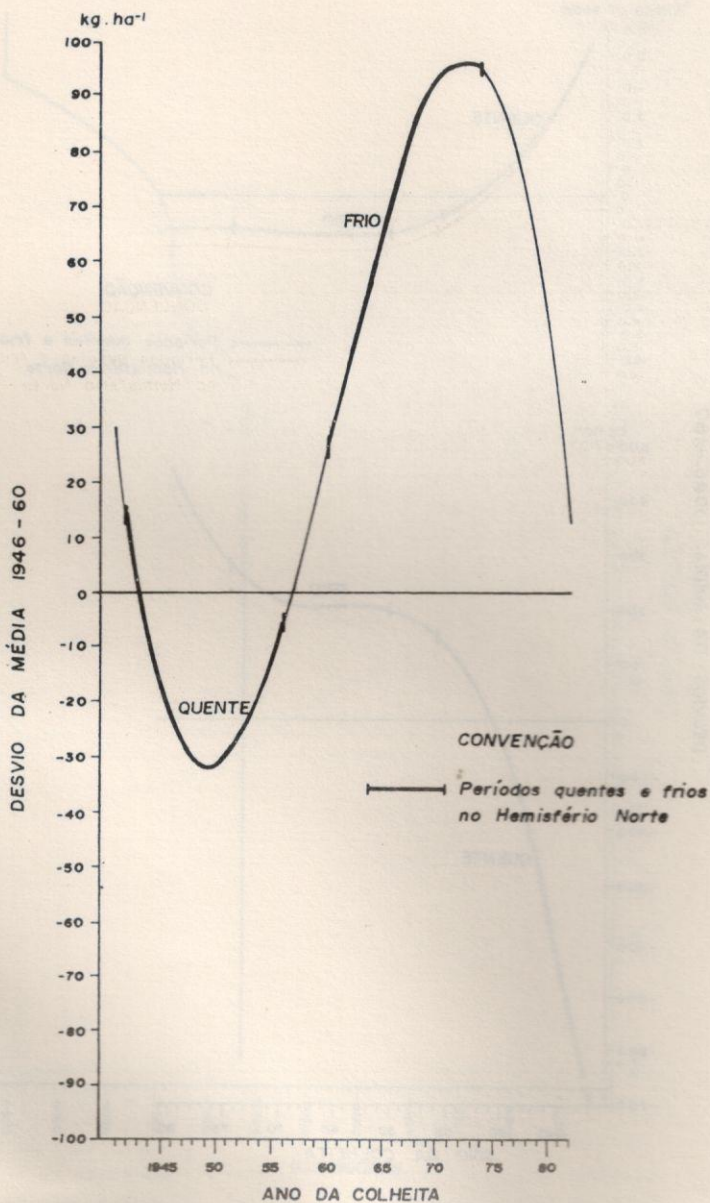


Fig. 12. Regressão polinomial cúbica dos desvios do rendimento do trigo observado no Rio Grande do Sul, em relação à média 1946 - 60. Período 1941 - 82.

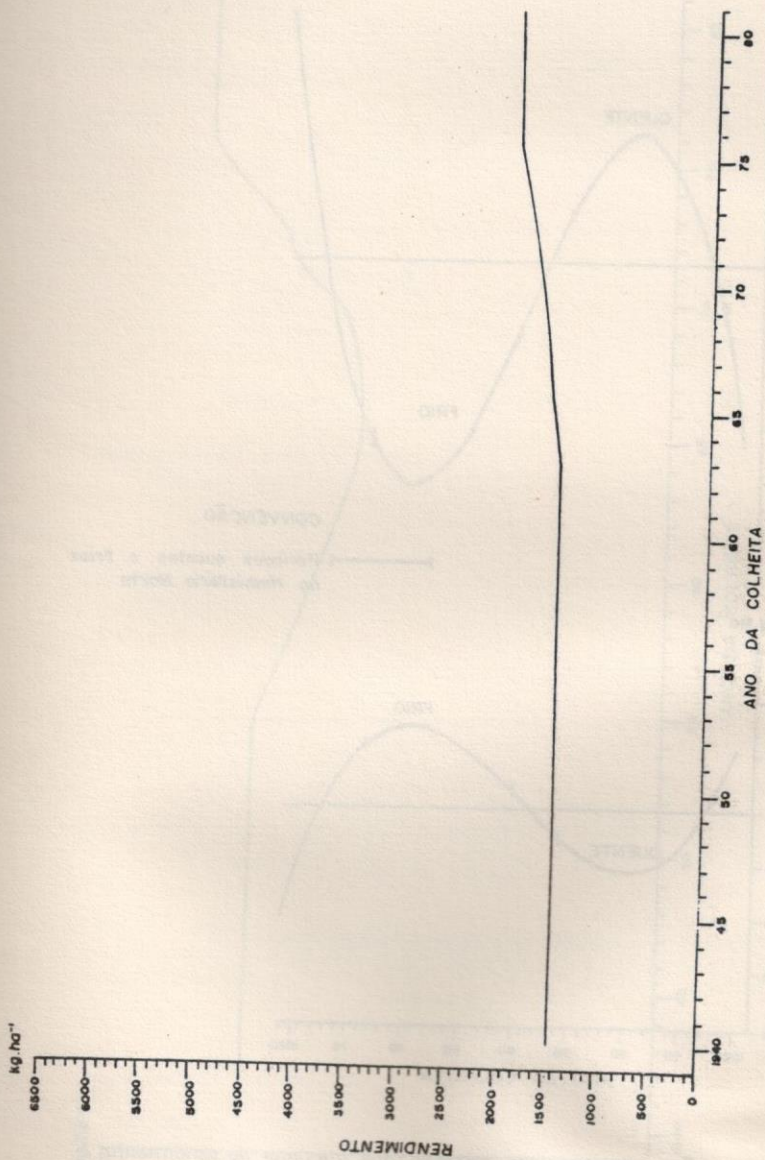


Fig. 13. Rendimento do milho no Sul do Brasil considerando seca mínima observada e a tecnologia usada em cada ano. Período 1940 - 81.

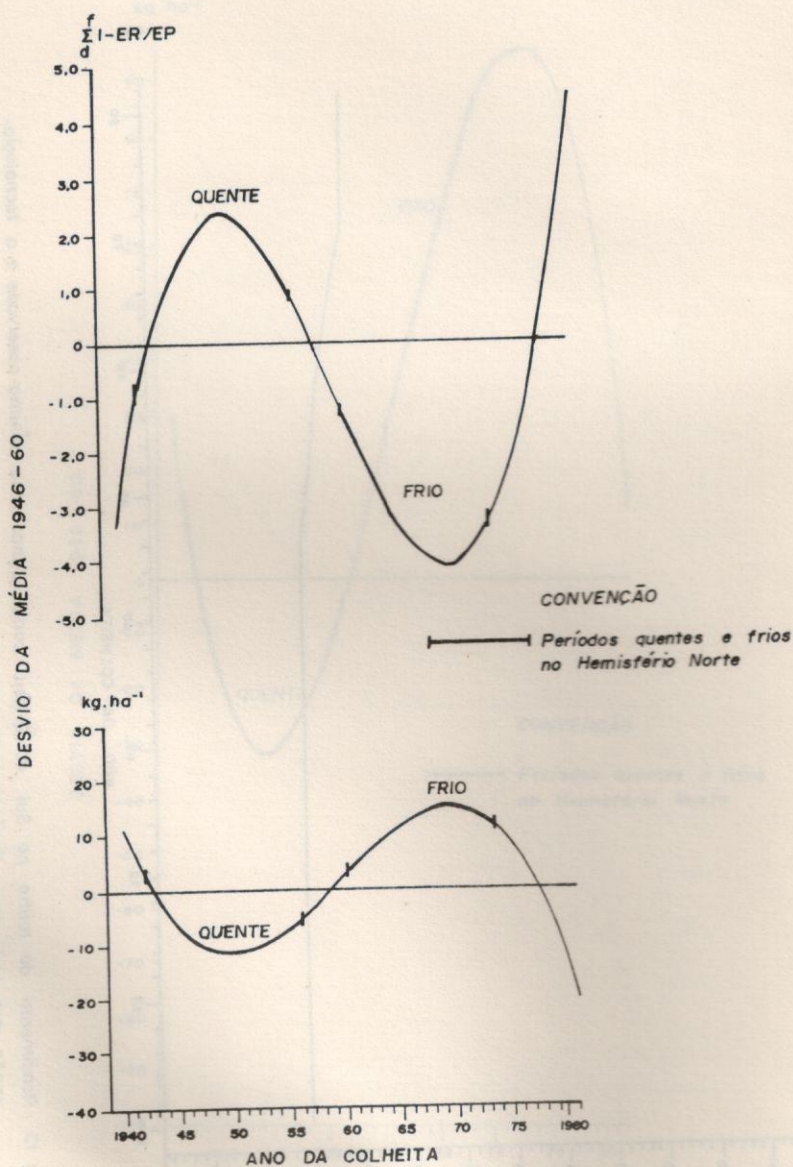


Fig.14 . Regressões polinomiais cúbicas dos desvios do rendimento do milho no sul do Brasil e do índice de seca em relação à média 1946 - 60 , com o tempo. Período 1940 - 81 .

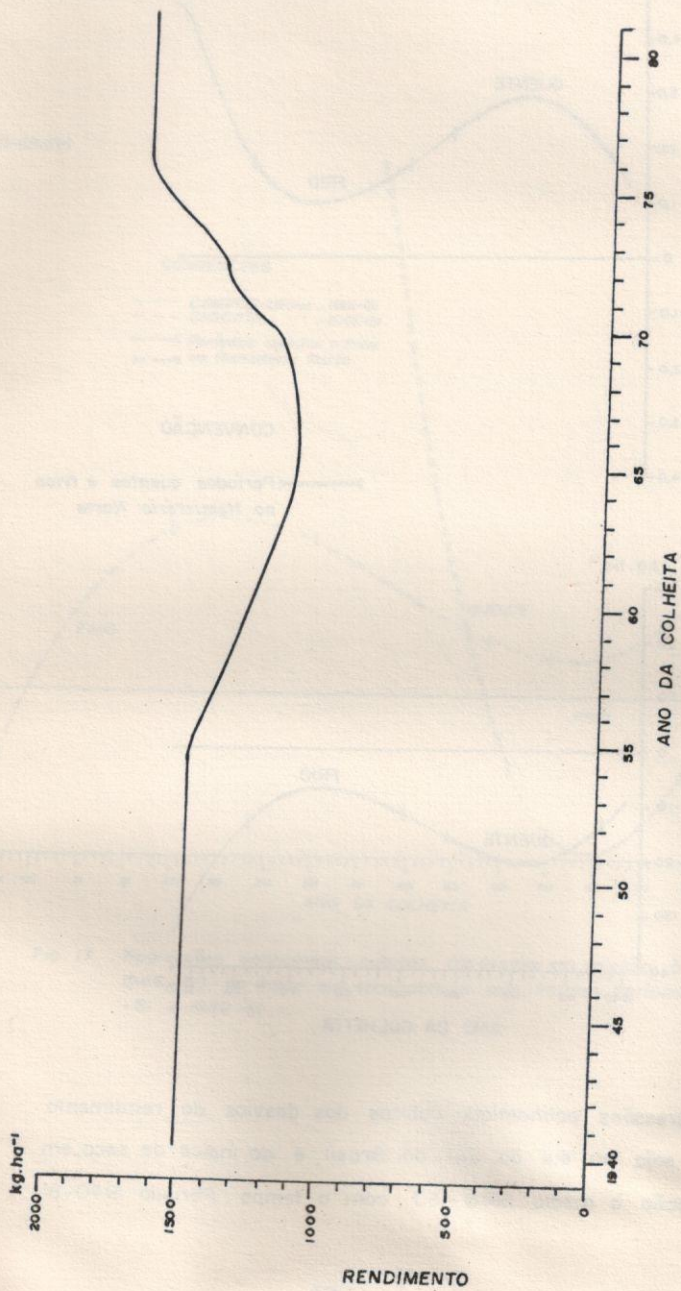


Fig.15 . Rendimento da soja no Sul do Brasil considerando seca mínima observada e a tecnologia usada em cada ano . Período 1940 - 81 .

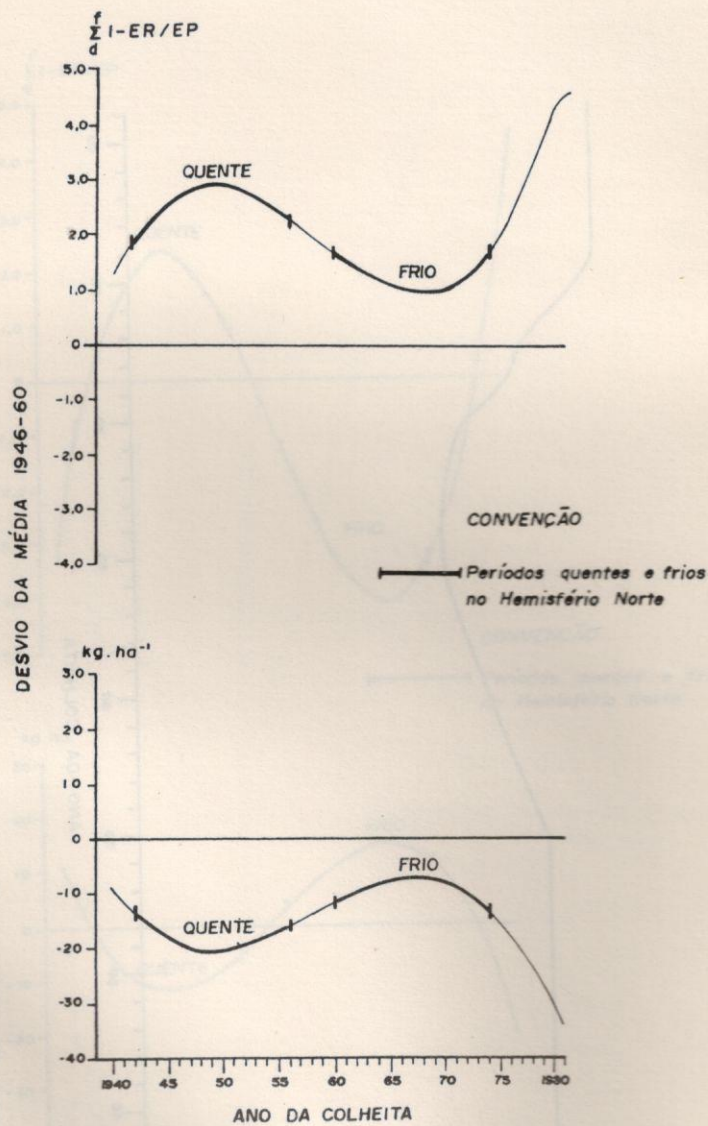


Fig. 16. Regressões polinomiais cúbicas dos desvios do rendimento da soja no sul do Sul do Brasil e do índice de seca, em relação à média 1946-60, com o tempo. Período 1940-81.

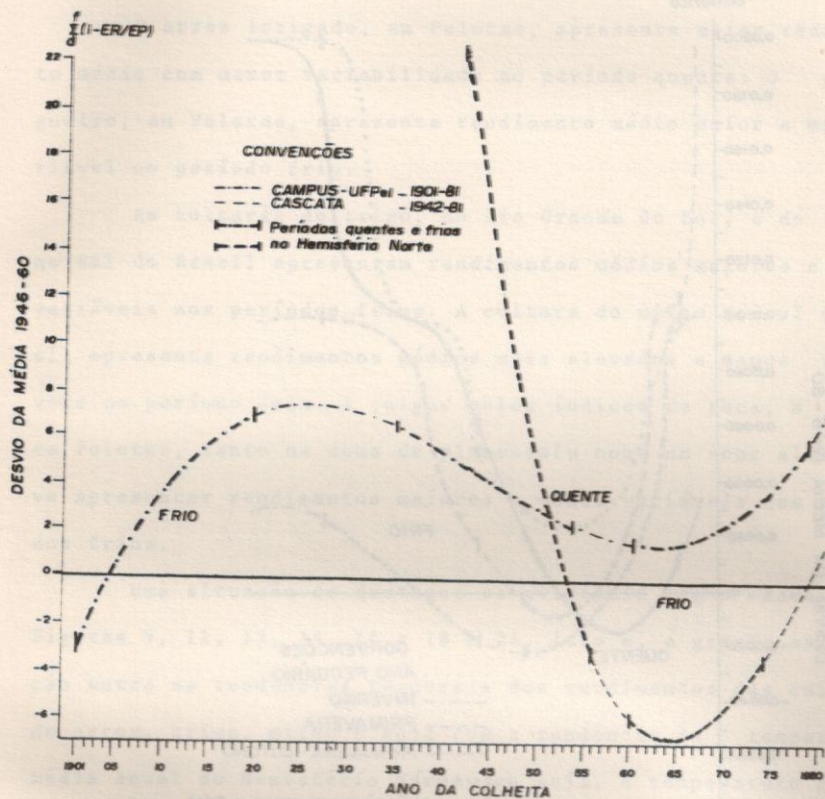


Fig. 17 . Regressões polinomiais cúbicas das desvios em relação à média 1946-60 do índice de seca para a soja, Pelotas. Períodos 1901-81 e 1942-81.

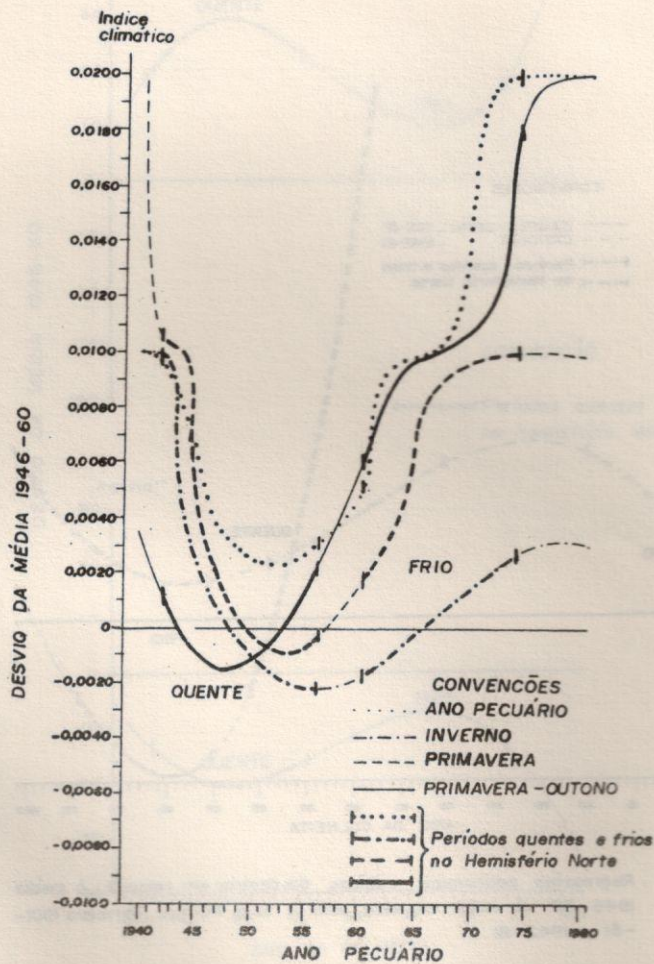


Fig. 18. Regressões polinomiais cúbicas dos desvios do índice climático de crescimento de pastagem nativa, em relação à média 1946-60, com o tempo. Uruguiana, 1940-81.

fluências tecnológicas. Pode-se verificar, na Tabela 9, que são estatisticamente significativas as diferenças entre os valores médios desses desvios quando se comparam, entre si, os períodos quentes e frios. Também é diferente a variabilidade desses valores conforme os períodos sejam quentes ou frios.

O arroz irrigado, em Pelotas, apresenta maior rendimento médio com menor variabilidade no período quente. O pessegueiro, em Pelotas, apresenta rendimento médio maior e mais variável no período frio.

As culturas de trigo, no Rio Grande do Sul, e de soja no sul do Brasil apresentam rendimentos médios maiores e mais variáveis nos períodos frios. A cultura do milho no sul do Brasil apresenta rendimentos médios mais elevados e menos variáveis no período frio. A julgar pelos índices de seca, a soja, em Pelotas, tanto na zona de planossolô como na zona alta, deve apresentar rendimentos maiores e menos variáveis nos períodos frios.

Uma situação de destaque se evidencia com o exame das Figuras 9, 11, 12, 14, 16 a 18 e 24, isto é, a grande associação entre as tendências temporais dos rendimentos das culturas de arroz, trigo, milho e soja com a tendência da temperatura média anual do Hemisfério Norte, ou seja, a temperatura global da atmosfera terrestre. A tendência dos rendimentos do arroz irrigado em Pelotas acompanha, diretamente, a tendência da temperatura global, isto é, quando essa temperatura aumenta ou diminui o rendimento também aumenta ou diminui. O inverso ocorre com as culturas de milho, soja e trigo, isto é, quando a temperatura global aumenta, o rendimento diminui e vice versa, mas essa associação é menor no período 1940-60 e bastante evidente

no período 1950-80.

Já o rendimento do pessegueiro não apresenta uma associação definida com a temperatura global, o que poderia indicar que o índice de seca dessa cultura, que é calculado para um período de apenas 20 dias do seu ciclo, não está muito associado com o clima geral da Terra e sua variação seria devida mais a variações climáticas de natureza regional aleatória.

No caso da pastagem nativa, em Uruguaiana, o índice climático de seu crescimento, no inverno, apresenta valor médio e variabilidade iguais durante os períodos quente e frio e valores maiores e mais variáveis, nos demais períodos estacionais, durante o período frio.

4.2. Temperatura média anual

Os coeficientes de correlação entre os desvios da média 1946-60, das temperaturas médias mensais, das localidades de Pelotas, Santa Vitória do Palmar, Bagé, Uruguaiana, São Luiz Gonzaga, Passo Fundo e Caxias do Sul, foram todos superiores a 0,63 positivos e altamente significativos ao nível de 1% de probabilidade. Dessa forma, foi possível considerar a média das temperaturas médias anuais dessas localidades, como sendo representativa da temperatura média anual do Estado do Rio Grande do Sul.

Na Tabela 8 e na Figura 24 encontram-se os desvios da média 1946-60, obtidos por regressão polinomial cúbica com o tempo, da temperatura média anual no Hemisfério Norte e no Rio Grande do Sul, calculadas separadamente para os períodos 1901-81 e 1913-81. De 1913 a 1952 ambas as temperaturas aumentam com o tempo,

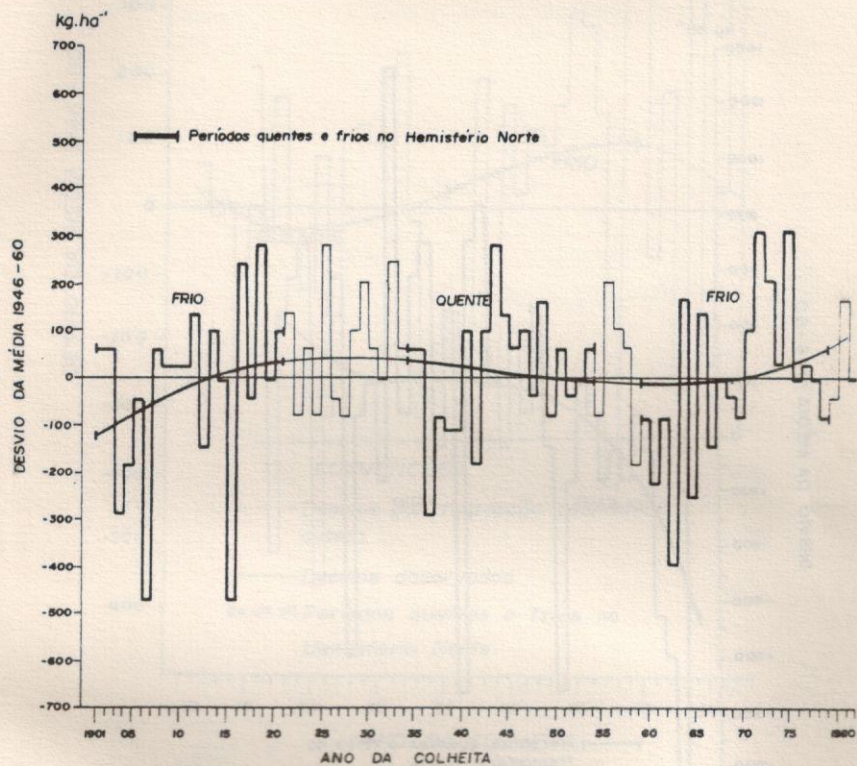


Fig. 19. Desvios observados e estimados por regressão polinomial cúbica com o tempo, da média 1946-60, do rendimento do arroz em Pelotas. Período 1901-81.

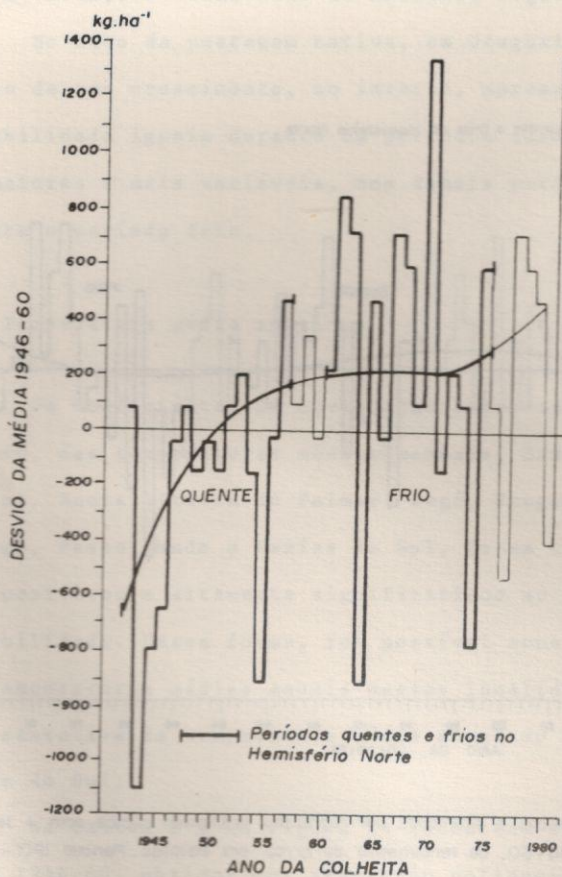


Fig. 20. Desvios observados e estimados por regressão polinomial cúbica com o tempo, da média 1946-60, do rendimento do pessegueiro em Pelotas. Período 1942-81.

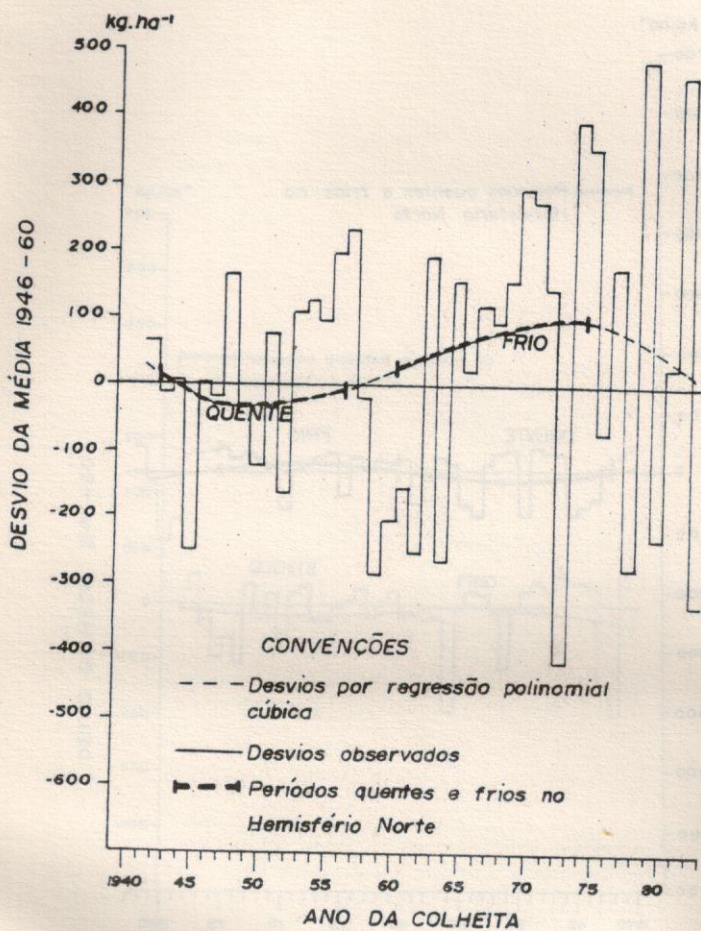


Fig. 21 .. Desvios observados e estimados por regressão polinomial cúbica com o tempo da média 1946 - 60, do rendimento observado do trigo no Rio Grande do Sul. Período 1940 - 83 .

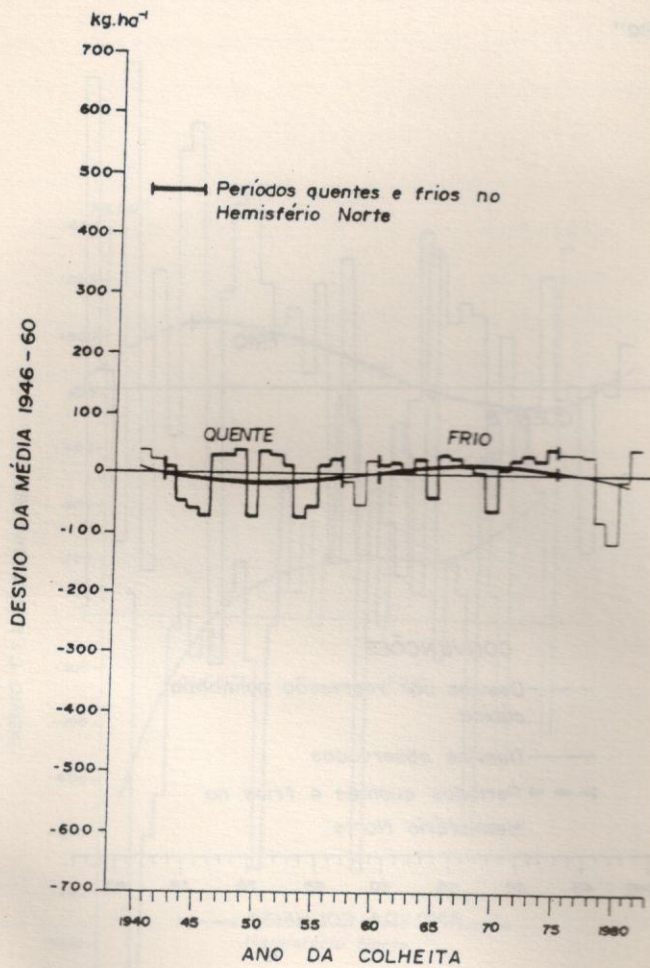


Fig. 22 . Desvios observados e estimados por regressão polinomial cúbica com o tempo, da média 1946-60, do rendimento do milho no sul do Brasil. Período 1940-81.

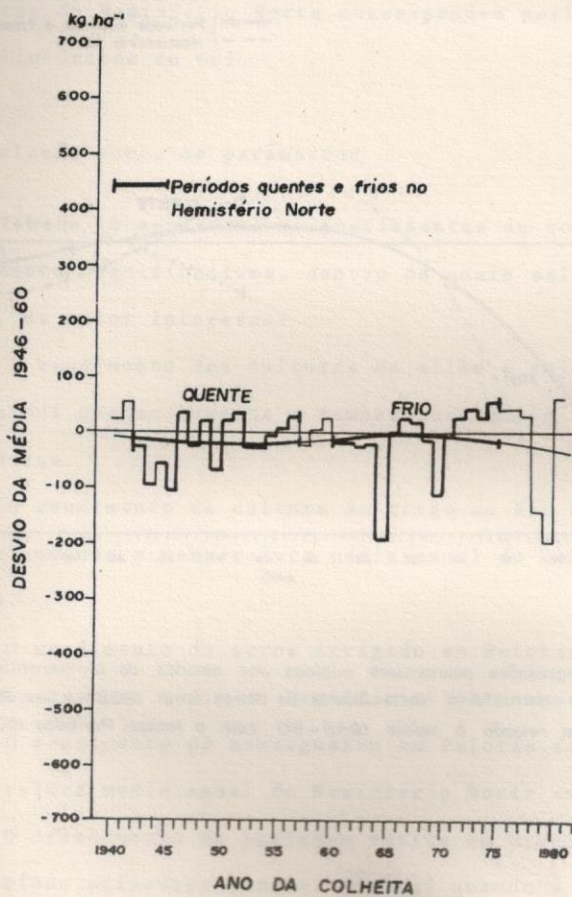


Fig. 23. Desvios observados e estimados por regressão polinomial cúbica com o tempo, da média 1946-60, do rendimento da soja no sul do Brasil. Período 1940-81.

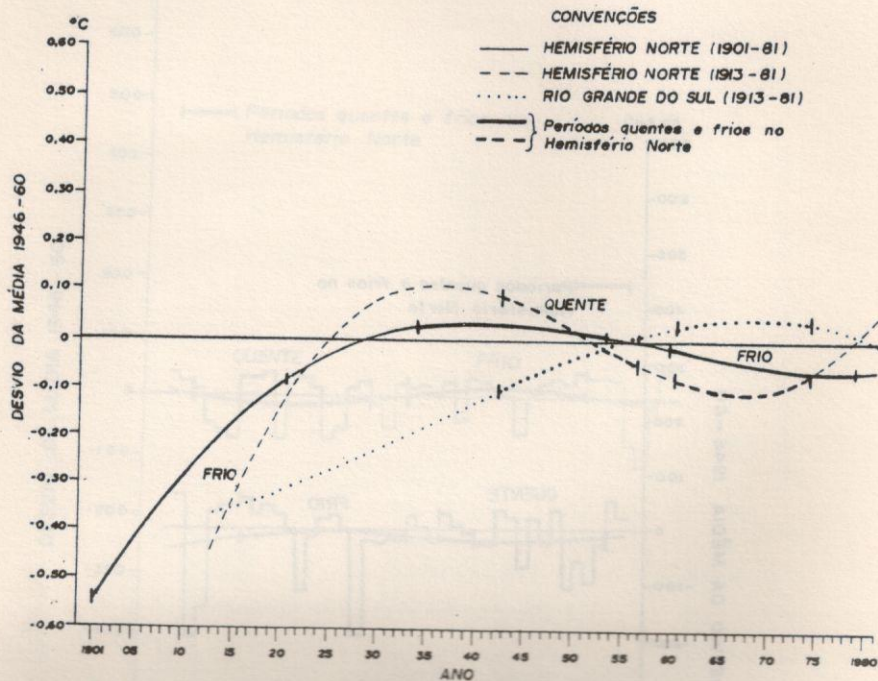


Fig.24. Regressões polinomiais cúbicas dos desvios da temperatura média anual no Hemisfério Norte (dados de Jones et al. 1982) e no Rio Grande do Sul em relação à média 1946-60, com o tempo. Períodos 1901-81 e 1913-81.

porém, a partir de 1953, quando a temperatura média anual do Hemisfério Norte diminui, a do Rio Grande do Sul aumenta e vice-versa. O coeficiente de correlação entre ambas é de $-0,94$, significativo ao nível de 1% de probabilidade, o que significa que, quando a temperatura média anual do Hemisfério Norte aumenta, a do Rio Grande do Sul diminui, ou que aos períodos de anos quentes do Hemisfério Norte correspondem períodos de anos frios no Rio Grande do Sul.

4.3. Correlação entre os parâmetros

A Tabela 10 apresenta os coeficientes de correlação estatisticamente significativos, dentre os quais salientam-se os seguintes, de maior interesse:

a. O rendimento das culturas de milho e soja no sul do Brasil diminui quando aumenta a temperatura média anual do Hemisfério Norte.

b. O rendimento da cultura do trigo no Rio Grande do Sul diminui quando a temperatura média anual do Hemisfério Norte aumenta.

c. O rendimento do arroz irrigado em Pelotas aumenta quando a temperatura média do Hemisfério Norte aumenta.

d. O rendimento do pessegueiro em Pelotas diminui quando a temperatura média anual do Hemisfério Norte aumenta.

e. O crescimento da pastagem nativa em Uruguaiana, durante o período primavera-outono, diminui quando a temperatura média anual do Hemisfério Norte aumenta. Não há correlação significativa entre o crescimento anual, primaveril e invernal com a temperatura média anual do Hemisfério Norte.

TABELA 10. Coeficientes de correlação significativos ao nível de 1% de probabilidade

Parâmetros	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	N	0,88	0,81	-0,32	NS	NS	0,53	0,49	NS	-0,80	0,64	N	N	N	N	N	N
2	0,88	N	0,44	-0,72	NS	NS	NS	NS	NS	-0,74	0,48	N	N	N	N	N	N
3	0,81	0,44	N	NS	0,61	NS	0,80	0,89	0,64	-0,68	0,74	N	N	N	N	N	N
4	-0,32	-0,72	NS	N	NS	0,62	0,57	0,54	0,78	0,45	NS	N	N	N	N	N	N
5	NS	NS	0,61	NS	N	-0,40	NS	0,73	0,41	-0,68	0,89	N	N	N	N	N	N
6	NS	NS	NS	0,62	-0,40	N	0,71	NS	0,55	0,46	-0,43	N	N	N	N	N	N
7	0,53	NS	0,80	0,57	NS	0,73	NS	0,72	0,78	NS	NS	N	N	N	N	N	N
8	0,49	NS	0,89	0,54	0,73	NS	0,72	N	0,78	-0,48	0,68	N	N	N	N	N	N
9	NS	NS	0,64	0,78	0,41	0,55	0,78	0,78	N	NS	NS	N	N	N	N	N	N
10	-0,80	-0,74	-0,68	0,45	-0,68	-0,46	NS	-0,48	NS	-0,94	-0,94	0,79	0,74	0,44	0,82	0,79	0,92
11	0,64	0,48	0,74	NS	0,89	-0,43	NS	0,68	NS	N	N	-0,64	0,44	NS	-0,95	-0,56	-0,97
12	N	N	N	N	N	N	N	N	N	0,79	-0,64	N	0,88	0,31	0,39	0,60	0,51
13	N	N	N	N	N	N	N	N	N	0,74	-0,48	0,88	N	0,71	NS	0,84	0,43
14	N	N	N	N	N	N	N	N	N	0,44	NS	0,31	0,71	N	NS	0,90	NS
15	N	N	N	N	N	N	N	N	N	0,82	-0,95	0,39	NS	NS	N	0,45	0,97
16	N	N	N	N	N	N	N	N	N	0,79	-0,57	0,60	0,84	0,89	0,45	N	0,64
17	N	N	N	N	N	N	N	N	N	0,92	-0,97	0,51	0,43	NS	0,97	0,64	N

NS - não significativo
N - não determinado

1 - Rendimento do milho no sul do Brasil; 2 - Rendimento da soja no sul do Brasil; 3 - Rendimento do trigo no Rio Grande do Sul; 4 - Rendimento do arroz em Pelotas; 5 - Rendimento do pessegueiro em Pelotas; 6 - Índice climático de crescimento de pastagem nativa de junho a agosto em Uruguaiana; 7 - Índice climático de crescimento de pastagem nativa de outubro a setembro em Uruguaiana; 8 - Índice climático de crescimento de pastagem nativa de junho a maio em Uruguaiana; 9 - Índice climático de crescimento de pastagem nativa de junho a maio em Uruguaiana; 10 - Temperatura média anual no Hemisfério Norte; 11 - Temperatura média anual no Rio Grande do Sul; 12 - Índice de seca para o milho no sul do Brasil; 13 - Índice de seca para a soja no sul do Brasil; 14 - Número de dias trabalháveis para o arroz em Pelotas; 15 - Índice de seca para o pessegueiro em Pelotas; 16 - Índice de seca para a soja em Pelotas (UFPel); 17 - Índice de seca para a soja em Pelotas (Cascata).

f. A seca que influi sobre o rendimento das culturas de soja, milho e pessegueiro, no sul do Brasil, aumenta quando a temperatura média anual do Hemisfério Norte aumenta.

g. O número de dias trabalháveis na primavera para a cultura do arroz irrigado em Pelotas aumenta quando a temperatura média anual do Hemisfério Norte aumenta.

h. Na Tabela 10 encontram-se diversas outras interessantes correlações significativas entre os parâmetros estudados mas que não dizem respeito aos objetivos do presente trabalho, motivo por que deixam de ser comentadas, embora sejam apresentadas porque foram determinadas como subproduto do programa de computador utilizado.

4.4. Variação espacial do cenário agroclimático

Como a característica marcante do cenário agroclimático em períodos de temperatura global alta é a intensificação dos índices de seca no verão, procurou-se verificar a variação do índice de seca para o milho, do período quente para o período frio, nas localidades de Pelotas, São Luiz Gonzaga e Santa Cruz do Rio Pardo, localizadas no sul, centro e norte da Região Sul do Brasil, respectivamente. Conforme Kellog & Schware (1982), as regiões de maior latitude seriam as mais afetadas pelo efeito estufa. Essa hipótese se confirma no sul do Brasil segundo os seguintes dados:

Localidade	Latitude sul	Diferença entre o índice de seca para o milho entre o período quente e o frio. %
Pelotas (Cascata)	31° 52'	25
São Luiz Gonzaga	28° 24'	16
Santa Cruz do Rio Pardo	22° 54'	8

Vemos, assim, que quanto maior a latitude, maior a diferença entre o índice de seca para o milho (seca de verão) do período quente para o período frio, isto é, o efeito estufa é maior no Rio Grande do Sul do que em São Paulo, por exemplo, no sentido da intensificação das secas de verão, do norte para o sul da Região Sul do Brasil.

4.5. Considerações Gerais

Já em 1804 de Saussure demonstrou que ervilhas expostas a altas concentrações de CO_2 cresciam melhor do que as plantas cultivadas no ambiente natural (Idso, 1982). Ainda segundo esse autor, na "Conferência Internacional sobre o aumento do bióxido de carbono atmosférico e a produtividade agrícola", realizada na cidade de Athens, Georgia, Estados Unidos da América do Norte, em maio de 1982, chegou-se às seguintes conclusões: a fixação fotossintética do CO_2 por plantas do tipo C_3 aumentaria provavelmente 50% em produção de matéria seca e o rendimento aumentaria de 20 a 45%, dobrando o conteúdo atual do CO_2 atmosférico; a eficiência do uso da água dobraria; aumentaria a fixação do N atmosférico pelas plantas; a tuberculização da batata inglesa aumentaria várias vezes e as plantas ficariam mais

resistentes à seca, à salinidade e às altas temperaturas, com uma concentração duas vezes maior do que o atual teor de CO_2 atmosférico. Poderá, portanto, haver uma diminuição dos malefícios do "efeito estufa" conforme for aumentando o teor do CO_2 atmosférico, embora nos próximos 20 anos essa diminuição deverá ser pequena em nossa região.

O rendimento do arroz irrigado aumentaria tanto com o aumento da temperatura global como com o aumento do CO_2 atmosférico, nas duas próximas décadas, em Pelotas e no Rio Grande do Sul.

Quanto ao rendimento do trigo, soja, milho, pastagem nativa e pessegueiro, poderia haver uma pequena diminuição da tendência ao seu decréscimo, causado pelo aumento da temperatura global, devido ao aumento da produtividade que seria obtido pelo aumento do teor do CO_2 atmosférico.

A quantificação dessas duas tendências opostas dependerá da realização de novas pesquisas. No sul do Brasil deverá-se pesquisar como se comportaria o rendimento das nossas culturas sob condições de temperaturas mais baixas, seca mais intensa, e teor de CO_2 atmosférico maior do que aqueles que atualmente caracterizam nosso clima, o que poderia ser feito em fitotrons, por exemplo.

5. CONCLUSÕES

1. A partir de 1978 saiu-se de um período frio global e atualmente se está entrando em um período quente global que iniciou em 1981.

2. O estudo realizado permitiu avaliar que tipo de "cenário" agroclimático poderá ocorrer no sul do Brasil devido a um aquecimento global da atmosfera terrestre em consequência de uma possível intensificação do "efeito estufa" ou por outras causas.

3. Os rendimentos do arroz irrigado deverão ser maiores nos próximos anos, especialmente se o efeito do aumento do CO₂ atmosférico começar a ser mais intenso, conforme é esperado. Se o efeito estufa não for muito intenso ou prolongado, no futuro o mais provável é que as condições climáticas para o arroz apresentem uma tendência para piorar somente dentro de 20 anos.

4. Como se está entrando em um período quente, as condições climáticas deverão ser menos propícias para o trigo até que se inicie um novo período frio global, o que poderá levar, no mínimo, 20 anos, mas, se o efeito estufa se acentuar, isso poderá levar mais tempo. O mesmo pode ser dito em relação às culturas de milho, soja, pessegueiro e pastagem nativa durante a primavera, verão e outono. Para o milho e soja e outras culturas de verão, a irrigação parece ser a melhor solução a médio e longo prazo para que não se tenha baixos rendimentos, no futuro, no sul do Brasil. Estudos deverão ser procedidos para avaliar a possível diminuição dos recursos hídricos disponíveis para a irrigação, a curto, médio e longo prazo. Também seria aconselhável a introdução de culturas mais resistentes às secas.

5. O rendimento das culturas de milho e soja no sul do Brasil diminui quando aumenta a temperatura média anual do He-

misfério Norte.

6. O rendimento da cultura do trigo no Rio Grande do Sul diminui quando a temperatura média anual do Hemisfério Norte aumenta.

7. O rendimento do arroz irrigado em Pelotas aumenta quando a temperatura média do Hemisfério Norte aumenta.

8. O rendimento do pessegueiro em Pelotas diminui quando a temperatura média anual do Hemisfério Norte aumenta.

9. O crescimento da pastagem nativa em Uruguaiana, durante o inverno, aumenta e, durante o período primavera-outono, diminui, quando a temperatura média anual do Hemisfério Norte aumenta. Não há correlação entre o crescimento anual e primaveril com a temperatura média anual do Hemisfério Norte.

10. A seca que influi sobre o rendimento das culturas de soja, milho e pessegueiro, no Sul do Brasil, aumenta quando a temperatura média anual do Hemisfério Norte aumenta.

11. O número de dias trabalháveis na primavera para a cultura de arroz irrigado em Pelotas aumenta quando a temperatura média anual do Hemisfério Norte aumenta.

12. Conforme se pode verificar nas Figuras 19 a 23, os rendimentos das culturas e os índices agroclimáticos, no sul do Brasil, são muito variáveis de ano para ano o que é, sem dúvida, uma característica indesejável do nosso clima. Assim, embora eles sigam as tendências gerais características da região durante os períodos quentes e frios globais, poder-se-á, por exemplo, ter rendimentos baixos de arroz irrigado em Pelotas em alguns anos durante períodos quentes, e altos durante períodos frios, o que, evidentemente, não invalida o fato de que os períodos quentes globais sejam os que oferecem condições agroclimáticas mais

favoráveis para a cultura do arroz irrigado em Pelotas. Isso é válido para todas as demais culturas analisadas.

13. O efeito estufa é maior no sul do que no norte da Região Sul do Brasil, e, conseqüentemente, as secas de verão intensificam-se, na direção norte-sul durante os períodos de temperatura global alta.

14. A maior produtividade resultante do aumento do CO_2 atmosférico indica que se poderá ter maior produtividade do arroz irrigado e que um possível decréscimo na produtividade das outras culturas analisadas poderá ser menor do que o indicado pelo "efeito estufa", nos próximos 20 anos.

15. As conclusões anteriores são válidas na hipótese de que a tecnologia agrícola permaneça igual à que é atualmente empregada na região, até o ano 2000.

6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a valiosa colaboração dos Professores Amaury de Almeida Machado e Hêlio Paulo Zonta na computação eletrônica das análises estatísticas e ao Professor João Baptista da Silva na computação eletrônica do balanço hídrico diário. Ao dedicado pessoal auxiliar da Estação Agroclimatológica, Denise Gullo de Matos, Eva Leonilda Rüsler Sandrini, Helena Goulart Lobo, Heloisa Helena Goulart Lobo, Laura Jãne Silveira Dutra, Luiz Eduardo Silveira da Mota Novaes, Luiza Helena Novaes, Maria Eunice Goulart Lobo, Marisa Wasculewsky e Paulo Rogério Sanches Agendes, pela colaboração na coleta de dados, cálculos, desenhos e datilografia, os nossos sinceros agradecimentos.

7. REFERÊNCIAS

- ANGELL, J.K. & KORSHOVER, J. Global temperature variation, surface-100 mb: An update into 1977. Mon. Wea. Rev., 106: 755-70, 1978a.
- ANGELL, J.K. & KORSHOVER, J. Estimate of global temperature variations in the 100-30 mb layer between 1958 and 1977. Mon. Wea. Rev., 106: 1422-32, 1978b.
- ARRHENIUS, S. Lehrbuch der Kosmischen Physik 2, Hirzel, Leipzig. 1903.
- BRADEN, W.F. Getting ready for climate changes. Texas Agricultural Progress, College Station, 22(4): 9-10. 1976.
- BRYSON, R.A. All other factors being constant ... a reconciliation of several theories of climatic change. Weatherwise, 21:56-61, 1968.
- BUDYKO, M.I. The effect of solar radiation variations on the climate of the earth. Tellus, 21: 611-9, 1969.
- CALLENDAR, G.S. The artificial production of carbon dioxide and its influence on temperature. Quart. J. Roy. Meteorol. Soc., 64:223, 1938.
- CHAMBERLIN, T.C. An attempt to frame a working hypothesis of the cause of glacial periods on an atmospheric basis. J. Geol., 7:545-84; 667-685; 751-787, 1899.
- EPSTEIN, E.J. Detecting climate change. J. Appl. Meteor., 21: 1172-82, 1982.
- GILLIAND, R.L. Solar, volcanic, and CO₂ forcing of recent climatic changes. Clim. Change, 4: 111-31, 1982.
- IDSO, S.B. Carbon dioxide: friend or foe? An inquiry into the climatic and agricultural consequences of the rapidly rising CO₂ content of earth's atmosphere. Arizona Institute for Biospheric Research, 1982. 92 p.

- INSTITUTE FOR DEFENDS ANALYSES. Impacts of climatic change on the biosphere, part 2 climatic effects. Washington, NTIS 1975. 975 p. (CIAP. Monograph, 5).
- JONES, P.D.; WIGLEY, T.M.L. & KELLY, P.M. Variations in surface air temperatures; part 1. Northern Hemisphere, 1981-1980. Mon. Wea. Rev., 110: 59-70, 1982.
- KELLOGG, W.W. Effects of human activities on global climate. Geneva World Meteorological Organization, 1977. 47p. (Technical Note, 156).
- KELLOGG, W.W. Influence of mankind on climate. Annu. Rev. Earth Planet. Sci., 7: 63-92, 1979.
- KELLOGG, W.W. & SCHWARTZ, R. De como pudieran influir los cambios de clima sobre la producción de alimentos. Ceres, Roma, 15(2): 40-2, 1982.
- KUKLA, G.J. Carbon dioxide and polar climates. In: WORKSHOP ON FIRST DETECTION OF CARBON DIOXIDE EFFECTS, Washington, 1982. Proceedings... Washington, U.S. Department of Energy Carbon Dioxide Research and Assessment Program, 1982. p. 237-88.
- LANDSBERG, H. & MACHTA, L. Anthropogenic pollution of the atmosphere: Whereto? Ambio, 3: 146-50, 1974.
- LOUGH, J.M.; WIGLEY, T.M.L. & PALUTIKOF, J.P. Climate and climate impact scenarios for Europe in a warmer world. Journal of Climate and Applied Meteorology. Prelo.
- MADDEN, R.A. & RAMANATHAN, V. Detecting climate change due to increasing carbon dioxide, Science, 209: 763-8, 1980.
- MANABE, S. & WETHERALD, R.T. The effects of doubling the CO₂ concentration on the climate of a general circulation model. J. Atmos. Sci., 32: 3-15, 1975.
- MANABE, S. & STOUFFER, R.J. A CO₂ climate sensitivity study with a mathematical model of the global climate. Nature, 282:491-3, 1979.
- MANABE, S. & STOUFFER, R.J. Sensitivity of a global climate model to an increase of CO₂ concentration in the atmosphere. J. Geophys. Res., 85: 5529-54, 1980.

- MITCHELL, J.M. On the world-wide pattern of secular temperature change. Proc. UNESCO/WMO Symposium on Changes of Climate, 1963. p. 161-81. (UNESCO-Arid Zone Research Series, 20).
- MITCHELL, J.M. Carbon dioxide and future climate, Washington, D.C. Environ. Data Service, 1977. p. 3-9.
- MOTA, F.S. DA. Índice de seca para soja. Pesq. Agropec. Bras., Brasília, 16: 371-83, 1981.
- MOTA, F.S. DA. Secas e necessidades de irrigação para o pessegueiro em Pelotas, RS. Resumos do 29 Congresso Brasileiro de Meteorologia, Pelotas, 1982.
- MOTA, F.S. DA. Weather-technology models for corn and soybeans in the south of Brazil. Agric. Meteorol, 28: 49-64, 1983.
- MOTA, F.S. DA & SILVA, J.B. DA. A weather-technology model for rice in Southern Brazil. In: SYMPOSIUM ON THE AGROMETEOROLOGY OF THE RICE CROP, Los Baños, Philippines, 1980. Proceedings... Los Baños Philippines, IRRI/WMO, 1980. p. 235-8.
- MOTA, F.S. DA; BERNY, Z.B. & MOTA, J.F.A.S. DA. Índice climático de crescimento de pastagens naturais no Rio Grande do Sul. Pesq. Agropec. Bras., Brasília, 16(4): 453-72, 1981.
- MOTA, F.S. DA; AGENDES, M.O. DE O.; ROSSKOFF, J.L. DA C. & Modeling and forecasting brazilian crop yields using meteorological data. In: CUSACK, D.F., ed. Agroclimate information for development-reviving the green revolution. Boulder, Colorado, Westview Press, 1982. p. 238-54.
- MOTA, F.S. DA; BERNY, Z.B. & SILVA, J.B. DA. Novo modelo clima-rendimento-tecnologia-fenologia para arroz irrigado em Pelotas, RS. Prelo.
- NATIONAL DEFENSE UNIVERSITY. Crop yields and climate change to the year 2000. Washington, 1980. v. 1, 128 p.
- NATIONAL DEFENSE UNIVERSITY. The world grain economy and climate change to the year 2000: implications for policy. Washington, 1983. 50 p.

- RYCROFT, M.J. Analysing atmospheric carbon dioxide levels. Nature, 295: 190-1, 1982.
- SALINGER, M.L. New Zealand climate: The temperature record, historical data and some agricultural implications. Climatic Change, 2:109-26, 1979.
- WILLIAMS, J. Anomalies in temperature and rainfall during warm Arctic seasons as a guide to the formulation of climate scenarios. Climatic Change, 2: 249-266, 1979.
- WIGLEY, T.M.L. The pré-industrial carbon dioxide level. Climatic Change. Prelo.
- WIGLEY, T.M.L. & JONES, P.D. Detecting CO₂- induced climatic change. Nature, 292: 205-8, 1981.
- WIGLEY, T.M.L.; JONES, P.D. & KELLY, P.M. Scenario for a warm, high-CO₂ world. Nature, 283: 17-21, 1980.