

OSCILAÇÕES CLIMÁTICAS E PRODUÇÃO CANAVIEIRA

MARIA JURACI ZANI DOS SANTOS¹

RESUMO - A dinâmica atmosférica apresenta comportamentos bem distintos de um ano a outro, resultando em diferenças anuais significativas nos totais de precipitações. Estas diferenças podem afastar-se acentuadamente dos valores habituais, não havendo periodicidade fixa para ocorrência dos fortes desvios negativos e positivos. O presente trabalho, através de equações econométricas e pesquisa de campo, demonstra quantitativamente a sensibilidade da produtividade e produção de cana-de-açúcar, perante anos secos, úmidos e habituais de uma série temporal (1959/60 a 1973/74), nas áreas tradicionalmente concentradoras da referida cultura.

CLIMATIC OSCILLATIONS AND SUGAR-CANE PRODUCTION

ABSTRACT - The atmospheric dynamics presents very distinct characteristics from one year to another, resulting in annual meaningful differences in the amounts of precipitation. These differences may withdraw sharply from the usual values, there being no periodicity for the occurrence of the strong negative deviation and of the positive one, as well.

This work, through econometrical equations and field research, demonstrate quantitatively the susceptibility of the productivity and production of sugar-cane, during dry years, as well as moist and normal ones, of a time series (1959/60 to 1973/74) in areas which traditionally concentrate that kind of culture.

1. Professora Assistente - Doutora do Departamento de Geografia do Instituto de Geociências e Ciências Exatas da UNESP Campus de Rio Claro - Caixa Postal 178, CEP 13.500 - Rio Claro - SP.

INTRODUÇÃO

O fato do Estado de São Paulo ser o principal produtor de cana-de-açúcar no Brasil, levou-nos a refletir, numa ampla pesquisa (1981), sobre suas características ambientais - em termos de clima e solo - e econômicas, que influenciam nesta produção. Para tanto, levantamos todos os possíveis sub-fatores de interferência, os quais submetidos numa análise econométrica e especificamente aplicando o Modelo de Nerlove, chegamos a duas equações finais respectivamente, de rendimento e produção, que em conjunto explicam 83,15% (conforme resultados alcançados), da produção das áreas concentradoras dessa cultura, as quais denominamos de núcleos canavieiros.

Esclarecemos que, os fatores ecológicos, principalmente o clima, geralmente interferem em maior grau no rendimento agrícola do que na área cultivada, na qual o fator econômico tem maior relevância.

Desta forma, com base nessas equações formalizadas para a produção de cana-de-açúcar nos núcleos paulistas, tendo como base a sequência temporal - 1959/60 a 1973/74* -, nossos objetivos no presente trabalho são:

1. verificar quantitativamente o efeito das oscilações climáticas sobre a produtividade agrícola;
2. verificar quantitativamente o efeito da normalidade climática nos níveis de produção. Esclarecemos que o termo normalidade climática nos níveis de produção é empregado no sentido de ano "mais frequente".

Revisão de Literatura

Investigamos em nosso estudo de Mestrado (1975), a influência da variação do ritmo pluviométrico na produção canavieira na Grande Região de Piracicaba (SP), onde pudemos constatar, tanto através da análise qualitativa como da quantitativa, no período de 1960/70, que o rendimento agrícola da cultura ca-

* Esclarecemos que por motivo de defasagens a série tornou-se restrita ao período de 1961/62 a 1973/74.

navieira sofre variações negativas e positivas, respectivamente, nos anos padrão seco e úmido. Partimos de análises já realizadas por outros pesquisadores, prendendo-nos mais à análise quantitativa do binômio precipitação x produção e ao levantamento através de pesquisas de campo, dos outros possíveis fatores, responsáveis pelas oscilações.

São inúmeros os trabalhos de especialistas de diferentes ramos científicos que procuram analisar, principalmente, a influência parcial de um elemento meteorológico sobre a produção.

Ultimamente, são desenvolvidos trabalhos, no sentido de elaboração e montagem de modelos, possibilitando através de computadores, o rápido processamento de um número maior de variáveis, envolvidas nas interações do sistema solo-planta-condições meteorológicas.

BAIER (1973) propõe um modelo de análise do relacionamento de cultura-condições meteorológicas, com o objetivo de explicar o efeito de um ou de vários elementos meteorológicos ou do clima sobre uma reação mensurável da cultura, tal como o crescimento vegetativo, o desenvolvimento reprodutivo ou produção, tomando-se como base os processos físicos e fisiológicos dos vegetais. As várias combinações de dados climatológicos padrões observados e variáveis climatológicas derivadas, foram testadas em diferentes procedimentos e processos de computador, permitindo concluir que a resposta da cultura a cada uma das variáveis - temperaturas máximas e mínimas do ar, evapotranspiração real e potencial - ou é linear ou quadrática. A reação muda quantitativamente durante o ciclo de vida de um produto, anualmente, ou como uma função do tempo biometeorológico.

WILLIAMS *et al* (1975) analisaram as produções das culturas de cereais nas pradarias canadenses, em relação às condições meteorológicas, ao solo e às tendências, através de análise de regressão. Nesse estudo, os autores consideraram que a produção anual de uma determinada cultura para uma região, constitui variável dependente, sendo considerada como função do solo, da textura, da topografia, da precipitação armazenada na pré-estação, dos déficits mensais de umidade e da evapotranspi-

ração potencial. Utilizando-se dessas variáveis, puderam verificar que 62% da variação da produção do trigo, 74,3% da variação da produção da cevada poderiam ser explicadas por essas variáveis.

Pelos resultados obtidos, os autores concluíram, principalmente para a cultura do trigo, que a umidade explica uma maior parte da variabilidade da produção do cereal nas regiões, tanto úmidas com nas mais secas das pradarias canadenses. Uma pequena, porém, importante parte da variabilidade da produção pode ser atribuída à textura do solo e à topografia. O relacionamento entre a produção e a textura parece não ser linear com o solo de textura grosseira, ocasionando as produções mais baixas; os solos de textura média, apresentam as mais elevadas. A tendência, que variou de uma região para outra, está provavelmente relacionada com a administração e o emprego de tecnologias aprimoradas. Os autores preocuparam-se, neste trabalho, com a previsão de safras, verificando as variáveis mais importantes no sistema solo-planta-clima, sugerindo no final pesquisas mais aprofundadas e abrangentes, no sentido de expressão das variáveis, na interação das mesmas e na maneira de computá-las.

BAIER *et al* (1976) constroem modelos com fins de avaliação dos relacionamentos entre o desenvolvimento da cultura e condições meteorológicas, sem intenção de previsão de safras. Demonstram assim, a utilização de técnicas biometeorológicas selecionadas para simulação do crescimento potencial da planta, para modelação da cultura e da umidade do solo, e para análises de macroescala. A aplicação destas técnicas envolve a utilização de dados climáticos padrões como um input fundamental; porém, fazem uso também de elementos agrometeorológicos derivados, tais como o tempo biometeorológico (t), desde o plantio (t=0) até o amadurecimento (t=5), da evapotranspiração potencial e da umidade do solo. Quanto a esta última, é considerada como uma eficiente variável no estudo da influência das condições meteorológicas-cultura sobre o crescimento e desenvolvimento das plantas.

A variável, umidade do solo, neste modelo proposto pelos autores pode ser estimada diariamente pela avaliação versã-

til. Nesta avaliação são considerados princípios físicos e biológicos de movimento de água no solo, absorção da água pelas raízes dos vegetais, utilizando-se dados de precipitação e temperaturas máximas e mínimas. O output do programa contém estimativas diárias de evapotranspiração real, do teor de umidade do solo em seis níveis de seu perfil e das perdas de água devidas ao escoamento e à drenagem. O coeficiente de determinação indicou que, entre 32 e 71% da variação nas observações, foram explicadas pelo modelo. Esta técnica não somente proporciona estimativas da umidade total, como também fornece a sua distribuição no perfil do solo.

Com a aplicação das técnicas biometeorológicas propostas pelos autores, consegue-se uma análise do relacionamento diário da cultura-condições meteorológicas e uma consequente avaliação da produção diária das culturas. Essas técnicas e suas aplicações são instrumentos úteis de pesquisa, para estudos relativos à avaliação do desempenho da cultura e dos recursos climáticos.

Com o mesmo intuito dessas três últimas pesquisas citadas, OMETTO (1974) desenvolveu trabalho sobre a cana-de-açúcar, contribuindo em dois sentidos: 1. no estudo das disponibilidades hídricas e no rendimento agro-industrial da cultura na região de Piracicaba (SP), propondo uma equação simplificada para o cálculo de evapotranspiração potencial; 2. a outra finalidade do trabalho foi a de prever o rendimento agrícola e industrial da mesma. Utilizou, para tanto, a relação de evapotranspiração (E_{tr}/E_{tp}), as relações de temperatura (média mensal com a "ideal"), a razão de insolação (n/N) e a relação de umidade do ar (e_a/e_s), assim como as relações de nutrientes (nitrogênio N_c/N_o); fósforo $(P_2O_5)_c/(P_2O_5)_o$ e potássio $(K_2O)_c/(K_2O)_o$, onde aplicou o método de análise de regressão múltipla.

No comportamento vegetativo da planta, o autor assegurou que as relações de evapotranspiração, umidade do ar e fósforo, na equação do rendimento agrícola, permitem prever o número de toneladas de cana por hectare, sendo que, a umidade do solo e do ar foram os parâmetros climáticos que mais se destacaram na produtividade agrícola. O nutriente que mais respondeu às so

licitações vegetativas da planta foi o fósforo.

Na equação do rendimento industrial, as relações de evapotranspiração, umidade do ar e potássio, permitem prever a porcentagem de sacarose na cana-de-açúcar.

Dessa forma, podemos afirmar que todos esses trabalhos citados preocupam-se com uma das partes do sistema de produção das culturas. Outros fatores externos à interação solo-planta - condições meteorológicas influem tanto no rendimento como na área cultivada ou colhida e que, agregados, resultam na produção das regiões agrícolas.

Porém, neste sentido o número de pesquisas é muito menor e essa restrição se deve ao fato da complexidade da interação das variáveis e da necessidade de passar para uma pesquisa de cunho interdisciplinar, onde participem especialistas das várias áreas relacionadas com o tipo de variáveis envolvidas.

É exemplo disto a pesquisa realizada pelo Instituto de Planejamento Econômico e Social através do Ministério do Planejamento e Coordenação Geral (1972), (na qual colaboram engenheiros agrônomos, economistas, climatologistas e meteorologistas). Esta visou o exame da influência de fatores climáticos associados aos demais fatores ecológicos sobre os níveis de produção e produtividade de dez principais produtos da Região Centro-Sul do Brasil, onde figura a cana-de-açúcar. Constitui na primeira tentativa que se fez no Brasil de quantificar a influência das variações climáticas sobre a produção agrícola agregada. Avaliou-se, também, a influência de determinadas variáveis da política econômica.

Os resultados evidenciaram que, alterações nos preços dos produtos agrícolas trazem alterações na área cultivada e os rendimentos agrícolas flutuam principalmente em função das variações climáticas e da disponibilidade de fatores de produção. As variações climáticas no período de análise - 1947/69 - acarretaram oscilações na produção de 10% em São Paulo e de 19% no Rio de Janeiro. No modelo de rendimento agrícola, a variável deficiência hídrica anual, apresentou-se consistentemente na equação, uma vez que a deficiência de água no solo, prejudica a produtividade agrícola. A variável tendência, que expressa

a tecnologia aplicada, também se apresentou significativa na equação. Analisados separadamente os Estados de São Paulo e Rio de Janeiro, o fator clima apresentou-se mais significativo neste último.

Nossa preocupação no estudo realizado para o Estado de São Paulo (SANTOS, 1981), também se constituiu em analisar fatores que em conjunto com os climáticos, intervêm nos níveis de produção da cultura canavieira. Nesta verificação, procuramos especificar e quantificar a influência das variáveis que compõem o rendimento agrícola e a área colhida, ambas detentoras da oferta agrícola canavieira. Quanto às variáveis climáticas, foram trabalhadas, tanto no tempo como no espaço, desde o conhecimento dos mecanismos atmosféricos geradores dos estados de tempo que, em sucessão habitual, determinam o clima das áreas canavieiras até a variação da umidade do solo, elementos importantes no modelo aplicado.

Pelos resultados, pudemos verificar através do coeficiente de determinação que 41,73% das variações de rendimento agrícola ocorridas no período de 1959/60 e 1973/74, são explicadas pelas variáveis: deficiência hídrica anual, presença ou ausência do Grupo de Solos - Latosol Vermelho Escuro - fase arenosa e preço de fertilizantes. A equação da área colhida defasada explicou 71,10% das variações de produção. O poder explicativo do modelo apresentado foi de 83,15%, com ajustamentos diferenciados para cada núcleo.

MATERIAL E MÉTODOS

Para chegar ao modelo explicativo da produção canavieira paulista, utilizamos de várias fontes de dados. No presente trabalho, apresentaremos apenas os das variáveis que se mostraram significativas nesta análise quantitativa.

Sendo assim, serviram como fonte de informação de precipitação os boletins pluviométricos números: 2 (1970), 6 (1970), 8 (1970), 10 (1970), 11 (1970), 12 (1972), 13 (1974), 14 (1975) e 15 (1976), que abrangem três zonas hidrográficas do Estado, a saber: Bacia do Tietê à montante de Barra Bonita (Zo-

na I); Bacia do Tietê à jusante de Barra Bonita (Zona II) e Bacia do Rio Pardo e Sapucaí (Zona VII). Foi necessário organizar esses dados em fichas, as quais serviram como material no manejo da quantificação das alturas pluviométricas do período de crescimento da cultura, e para a escolha de anos-padrão.

Na estimativa da evapotranspiração potencial, estimativa das disponibilidades de umidade do solo e relações das variáveis climáticas (entre as pedológicas e econômicas) com a produção canavieira, utilizamos dados dos arquivos da Seção de Climatologia Agrícola do Instituto Agrônomo de São Paulo e das estações de primeira e segunda ordem, Jaú, Ribeirão Preto e Limeira, situadas nos núcleos canavieiros.

O computador PDP-10 da Digital Equipment Corporation, no Centro de Computação da Universidade de Campinas, serviu ao processamento desses dados. O programa utilizado foi desenvolvido por PINTO & PREUSS (1974), da Seção de Climatologia Agrícola do Instituto Agrônomo de Campinas.

Usamos como fonte dos dados edáficos o Levantamento e Reconhecimento dos Solos do Estado de São Paulo do Serviço Nacional de Pesquisas Agrônomicas (Boletim nº 12, 1960).

Para os dados de preço de fertilizantes foram utilizados os arquivos do Instituto de Economia Agrícola. Sendo que no deflacionamento usamos o Índice de Preços por Atacado de Produtos Químicos, obtidos na Revista Conjuntura Econômica - Fundação Getúlio Vargas.

Os dados de rendimento agrícola (t/ha), totais de área colhida com canaviais próprios (ha) e totais de produção (t) para o período de análise, foram retirados dos Arquivos da Divisão de Controle da Produção - Superintendência Regional de São Paulo do Instituto do Açúcar e do Alcool.

Com referência à elaboração dos dados climáticos para a escolha de anos-padrão, seguimos a técnica utilizada e sugerida por MONTEIRO (1973), em que analisa gráficos de variação anual das chuvas em diferentes localidades paulistas e anos, possibilitando conhecer a tendência e os padrões diferenciados daquela tendência. Relaciona o autor os aspectos gráficos do ritmo a valores numéricos indicativos dos totais anuais, escalando

nados segundo três parâmetros: 1. inferiores a 1100 mm anuais, considerados pluviosidade fraca; 2. entre 1100 e 1300 mm anuais, pluviosidade média ou normal e 3. superiores a 1300 mm anuais, pluviosidade acentuada. Esta técnica possibilitou-nos o estudo dos anos mais representativos de uma sequência de anos.

Aplicando o escalonamento desses parâmetros nos totais pluviométricos, obtivemos os anos de 1963 a 1968 como indicativos de anos secos, os anos de 1961, 1971 e 1973, como indicativos de anos habituais e os anos de 1960, 1965, 1970 e 1972 como indicativos de anos chuvosos.

Calculamos a média mensal de todos os postos em questão para cada um desses anos selecionados, que serviram ao cálculo de porcentagens mensais, e para a média do total anual de todos os postos. Com esses dados construímos gráficos de distribuição de chuvas mensais o que nos possibilitou a escolha dos anos padrão civis: 1968 (ano padrão seco), 1972 (ano padrão chuvoso) e 1971 (ano padrão habitual).

Como nesse estudo prendemo-nos a uma única cultura, cujo crescimento abrange a estação chuvosa, há necessidade de se analisar anos agrícolas padrão. Desta forma, foi necessário quantificar os totais pluviométricos de outubro a maio de cada ano na série e, posteriormente, construir gráficos indicativos das chuvas, ou seja, estendermos os gráficos anteriores de outubro do ano anterior até maio do ano posterior. Essas quantificações e gráficos foram realizados com dados dos três núcleos canavieiros.

Com essas informações concluimos que: 1968/69 é o ano agrícola padrão seco, 1964/65 o ano agrícola padrão úmido e 1971/72 o ano agrícola padrão habitual.

Na verificação do efeito das oscilações climáticas e da normalidade, utilizamos das equações de rendimento agrícola e área colhida, ajustadas através do modelo econométrico de defasagens distribuídas, formalizadas e apresentadas sob forma algébrica da seguinte maneira:

$$R_4 = f (BDH, DSA, DFM, DEFE)$$

onde:

BDH = Deficiência Hídrica no Ano Agrícola;
 DSA = Grande Grupo de Solos - Latosol Vermelho Escuro - fase arenosa (LEa);
 DFM = Deficiência Hídrica no Período de Maturação e Colheita;
 DEFE = Preço de Fertilizantes Defasados;

Portanto:

$$\hat{R}_4 = 90,3903 - 0,0318 \text{ BDH} - 7,8942 \text{ DSA} + 0,0609 \text{ DFM} - 13,4663 \text{ DEFE}$$

$$(- 2,2486) \quad (- 2,1395) \quad (2,6044) \quad (- 2,4802)$$

As equações originais, desta equação "mãe", são explicativas no núcleo de Jaú (1) e dos núcleos de Ribeirão Preto e Piracicaba (Limeira) (2):

$$(1) \hat{R}_{4J} = 82,4961 - 0,0318 \text{ BDH} + 0,0609 \text{ DFM} - 13,4663 \text{ DEFE}$$

$$(2) \hat{R}_{4RP} = 90,3903 - 0,0318 \text{ BDH} + 0,0609 \text{ DFM} - 13,4636 \text{ DEFE}$$

A equação da área colhida ficou sendo formalizada da seguinte forma para os três núcleos:

$$A_t = a' + bA_{t-1}$$

E sob forma algébrica:

$$A_t = 270,9210 + 0,8951 A_{t-1}$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Procuramos mostrar os resultados da análise quantitativa da influência das oscilações climáticas sobre os níveis de produção da cana-de-açúcar, que constituem o nosso primeiro objetivo. Portanto, o "quanto por cento" deverá variar a produtividade em um ano climaticamente padrão seco e um ano climaticamente padrão úmido.

PASTORE (1968) e o INSTITUTO DE PLANEJAMENTO ECONÔMICO

E SOCIAL (1972), concluíram que os rendimentos agrícolas flutuam basicamente em função das variações climáticas e da disponibilidade de fatores de produção.

Sendo assim, para a série temporal em análise foram considerados os anos extremos secos (1963/64 e 1968/69), os anos extremos úmidos (1964/65 e 1965/66), portanto levamos em conta, não apenas o mais representativo em secos e úmidos, mas sim, também, os que mais se aproximam destes, conforme demonstramos no ítem 3.

Para os anos úmidos, foi atribuído à dummy valor um, enquanto que para os secos, foi atribuído à dummy zero, e o oposto para os anos restantes.

Os dados de rendimento agrícola foram defasados, a fim de perceber a influência climática do ano agrícola sobre a safra seguinte:

Para tal verificação, empregamos a seguinte equação:

$$\frac{R_{4t}^j}{R_{4t-1}^j} = f \left(\frac{BDH_t}{BDH_{t-1}} ; \frac{DFM_t}{DFM_{t-1}} ; DSA_t ; DHU_t ; DSE_t \right)$$

onde:

BDH_{t-1} = deficiência hídrica anual do ano anterior ao ano base;

DFM_{t-1} = deficiência hídrica no período de maturação da safra anterior ao da safra base;

DSA_t = Latosol Vermelho Escuro - fase arenosa (invariável no tempo);

DHU_t = dummy do ano úmido;

DSE_t = dummy do ano seco.

Através da Tabela 1, podemos verificar os resultados das regressões e as significâncias dessas variáveis influenciando na produção, o que nos leva a concluir que os anos úmidos interferem positivamente no rendimento agrícola em até 56%, enquanto que os anos secos podem explicar, de acordo com os

dados observados, 17%.

A deficiência hídrica anual (sem defasagem) interfere em 37% no rendimento agrícola, enquanto que a defasada, em apenas 5%.

Dessa forma, analisando a interferência do ano úmido, cuja variável possui maior correlação com o rendimento, concluímos que a sensibilidade do rendimento agrícola aos anos úmidos é 6%. Devemos considerar, também, que a interferência desses anos extremos positivos, se dilui pela série de 13 anos. Contudo, a cultura canavieira é suscetível às condições climáticas extremas.

$$\eta_{R_4_{DHU}} = 0,4041 \frac{\overline{DHU}}{R_{4j}} =$$

onde:

DHU = dummy do ano úmido;

\overline{DHU} = valor médio da dummy do ano úmido;

R_{4j} = rendimento agrícola.

Portanto:

$$= 0,4041 \frac{0,1538}{1,0439}$$

$$= 0,0595 \text{ ou } 5,95\%$$

Verificaremos ainda os resultados alcançados em relação ao efeito da normalidade climática nos níveis de produção da cana-de-açúcar nos núcleos canavieiros paulistas que constituem nosso segundo objetivo.

Vimos que, na série temporal de 1960/74, ocorreram anos secos, úmidos e habituais dos quais, através da distribuição da pluviosidade, foi escolhido o mais representativo. Já analisamos a sensibilidade da cultura aos anos secos e úmidos, passaremos agora a verificar o quanto teríamos de produção, se não ocorressem essas oscilações climáticas negativas e positivas. Indiscutivelmente, esta produção é teórica, porque não podemos

escapar das oscilações, aliás são influências impostas pelo clima em que, em menor grau, o homem pode interferir.

Chamamos a atenção para as tabelas comparativas de rendimento agrícola e área colhida, observados e ajustados no modelo, (Tabelas 2 e 3). Podemos observar, no segmento temporal, que tanto o rendimento como a área colhida do ano agrícola padrão habitual ajustado (1971/72) se distancia pouco do observado, (sendo que apenas no núcleo de Jaú, ocorre um distanciamento maior).

Dessa forma, inferimos que esse ano, além de ser o mais representativo da normalidade climática, é um dos mais representativos no ajustamento ao modelo.

Sendo assim, utilizaremos a equação de rendimento ajustado para o núcleo de Jaú:

$$\hat{R}_{4j} = 82,4961 - 0,0318 \text{ BDH} + 0,0609 \text{ DFM} - 13,4663 \text{ DEFE}$$

(129,00)
(24,00)
(1,42)

$$\hat{R}_{4j} = 82,4961 - 4,1022 + 1,4616 - 19,1221$$

$$\hat{R}_{4j} = 60,7334$$

Aos valores de BDH e DFM atribuímos o valor habitual, portanto o valor obtido em 1971/72.

Temos, dessa forma, 60,7334 t/ha, como resultante da normalidade climática.

Verificamos, assim, a produção obtida em toda a série temporal em análise, multiplicando-se a área colhida observada (como pela ajustada) pelo rendimento agrícola ajustado com a normalidade climática:

$$\hat{N}Q_{4j} = (A_{4j})_t \cdot \hat{R}_{4j}$$

$$\hat{N}Q_{4j} = (\hat{A}_{4j})_t \cdot \hat{R}_{4j}$$

Os resultados são apresentados na Tabela 4 e Figuras 1, 2 e 3.

TABELA 1. Variáveis independentes e respectivos níveis de significância, no efeito das oscilações climáticas sobre a produtividade agrícola.

Variáveis Independentes	Coefficiente de Correlação	Significância (T Student)
Deficiência hídrica no ano agrícola (BHI)	- 0,3710	—
Latosol Vermelho Escuro - fase arenosa (DSA)	0,0195	0,2521
Deficiência hídrica na maturação e colheita (DFM)	- 0,0127	—
Dummy do ano seco (DSE)	- 0,1701	- 0,1695
Dummy do ano úmido (DIU)	0,5615	3,9696
Deficiência hídrica defasada (BHL)	0,0570	1,0269
Deficiência hídrica na maturação - defasada (DFM)	0,2095	1,0242

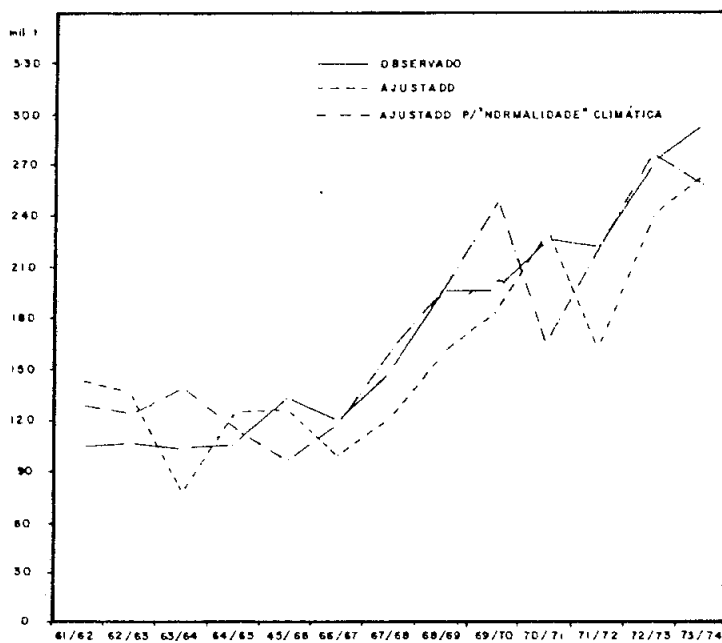


FIGURA 1. Produção de cana-de-açúcar (observado x ajustado e ajustado pela "normalidade" climática), no núcleo de Jaú (usina Diamante), na série temporal - 1961/62 a 1973/74.

TABELA 2. Valores observados e ajustados de rendimento agrícola da Usina Diamante (núcleo de Jaú), Santa Lídia (núcleo de Ribeirão Preto) e Boa Vista (núcleo de Piracicaba), na série temporal - 1961/62 a 1973/74.

Código	Ano Agrícola	Núcleos	Rendimento agrícola observado (R_4)	Rendimento agrícola ajustado (R_4)
011	1961/62	Jaú	48,90	61,04
012		Ribeirão Preto	82,90	68,02
013		Piracicaba (Lim)	58,77	66,71
021	1962/63	Jaú	51,92	62,57
022		Ribeirão Preto	76,50	67,51
023		Piracicaba (Lim)	57,50	68,89
031	1963/64	Jaú	45,12	37,15
032		Ribeirão Preto	38,28	43,53
033		Piracicaba (Lim)	50,51	49,60
041	1964/65	Jaú	53,30	53,30
042		Ribeirão Preto	46,94	63,20
043		Piracicaba (Lim)	56,40	63,85
051	1965/66	Jaú	83,10	64,16
052		Ribeirão Preto	92,00	70,76
053		Piracicaba (Lim)	70,00	67,39
061	1966/67	Jaú	58,50	58,98
062		Ribeirão Preto	74,80	64,30
063		Piracicaba (Lim)	75,40	67,78
071	1967/68	Jaú	55,80	59,33
072		Ribeirão Preto	65,33	67,33
073		Piracicaba (Lim)	55,60	66,38
081	1968/69	Jaú	61,10	60,04
082		Ribeirão Preto	68,20	74,58
083		Piracicaba (Lim)	70,30	71,95
091	1969/70	Jaú	48,08	58,45
092		Ribeirão Preto	63,54	67,80
093		Piracicaba (Lim)	65,30	67,11
101	1970/71	Jaú	74,60	58,76
102		Ribeirão Preto	62,50	70,89
103		Piracicaba (Lim)	72,70	71,98
111	1971/72	Jaú	58,08	60,73
112		Ribeirão Preto	65,00	68,78
113		Piracicaba (Lim)	65,83	70,92
121	1972/73	Jaú	54,44	67,19
122		Ribeirão Preto	67,00	77,01
123		Piracicaba (Lim)	77,05	72,17
131	1973/74	Jaú	68,55	60,79
132		Ribeirão Preto	85,70	73,71
133		Piracicaba (Lim)	87,76	72,19

TABELA 3. Valores observados e ajustados de área de cana-de-açúcar colhida na Usina Diamante (núcleo de Jaú), Santa Lídia (núcleo de Ribeirão Preto) e Boa Vista (núcleo de Piracicaba), na série temporal 1961/62 a 1973/74

Ano Agrícola	Núcleos	Área observada (A _o)	Área Ajustada (Ā _o)
1961/62	Jaú Ribeirão Preto Piracicaba (Lim.)	2139,0 907,5 850,0	2361,24 1076,72 1335,64
1962/63	Jaú Ribeirão Preto Piracicaba (Lim.)	2070,0 1074,0 820,0	2185,53 1083,22 1031,75
1963/64	Jaú Ribeirão Preto Piracicaba (Lim.)	2299,0 741,0 838,0	2123,77 1232,25 1004,90
1964/65	Jaú Ribeirão Preto Piracicaba (Lim.)	1917,0 2081,0 760,0	2328,75 934,18 1021,01
1965/66	Jaú Ribeirão Preto Piracicaba (Lim.)	1604,0 1250,0 738,0	1986,82 2133,62 951,19
1966/67	Jaú Ribeirão Preto Piracicaba (Lim.)	1975,0 1432,5 568,0	1706,66 1389,79 931,50
1967/68	Jaú Ribeirão Preto Piracicaba (Lim.)	2679,7 1205,0 1240,0	2038,74 1553,15 779,33
1968/69	Jaú Ribeirão Preto Piracicaba (Lim.)	3211,0 1693,0 1042,0	2669,52 1349,51 1380,84
1969/70	Jaú Ribeirão Preto Piracicaba (Lim.)	4138,2 1838,0 1128,0	3145,08 1786,32 1203,61
1970/71	Jaú Ribeirão Preto Piracicaba (Lim.)	2724,9 1919,0 1643,0	3975,02 1916,11 1280,59
1971/72	Jaú Ribeirão Preto Piracicaba (Lim.)	3688,0 1587,0 1757,0	2709,98 1988,61 1741,57
1972/73	Jaú Ribeirão Preto Piracicaba (Lim.)	4592,0 1629,0 1063,0	3572,04 1691,44 1843,61
1973/74	Jaú Ribeirão Preto Piracicaba (Lim.)	4285,0 1813,0 1835,0	4381,22 1729,04 1222,41

TABELA 4. Produções totais de cana própria da usina, observadas e ajustadas pelo modelo e pela normalidade climática, obtidas na série temporal de 1961/62 a 1973/74.

Núcleos Canavieiros	Produção de cana própria da usina (observada) (t)	Produção de cana própria da usina (ajustada pelo modelo) (t)	Produção de cana própria da usina (t) ajustada pela normalidade climática (a)	Produção de cana própria da usina (t) ajustada pela normalidade climática (b)
Jaú	2235154,89	2081587,59	2266740,47	2136866,35
Ribeirão Preto	1217426,84	1356032,58	1318535,53	1366266,96
Piracicaba (Limeira)	1068595,87	1071295,78	1012954,99	1115514,22

a) Considerando apenas a equação de rendimento ajustada
 b) Considerando, tanto área como rendimento ajustados.

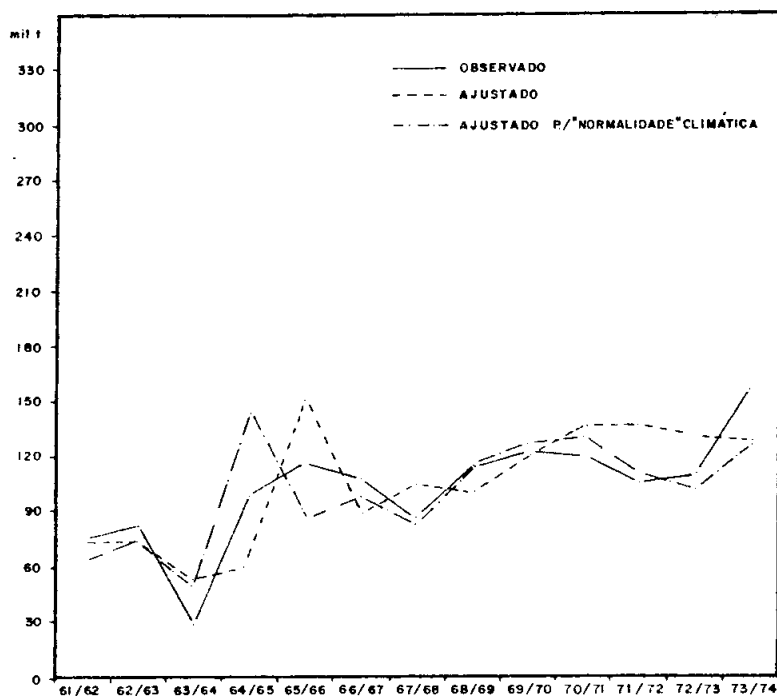


FIGURA 2. Produção de cana-de-açúcar (observado x ajustado e ajustado pela "normalidade" climática), no núcleo de Ribeirão Preto (usina Sta. Lúcia) na série temporal - 1961/62 a 1973/74.

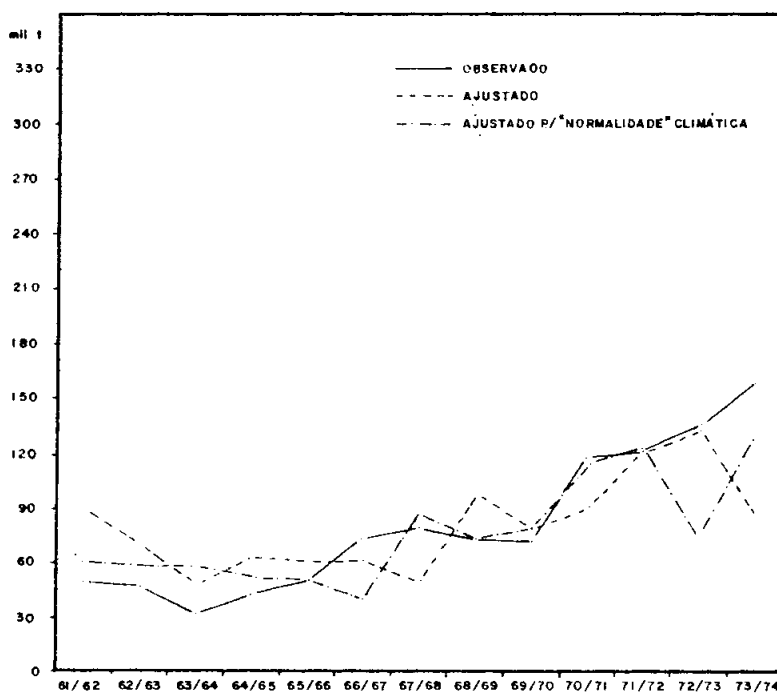


FIGURA 3. Produção de cana-de-açúcar (observado x ajustado e ajustado pela "normalidade" climática), no núcleo de Piracicaba (usina Boa Vista), na série temporal - 1961/62 a 1973/74.

O mesmo procedimento foi feito para os núcleos de Ribeirão Preto e Piracicaba (Limeira), para os quais utilizaremos a seguinte equação:

$$\hat{R}_{4R} = 90,3903 - 0,0318 \text{ BDH} + 0,0609 \text{ DFM} - 13,4663 \text{ DEFE}$$

(128,0)	(26,0)	(1,42)
---------	--------	--------

$$\hat{R}_{4R} = 90,3903 - 4,0704 + 1,5834 - 19,1221$$

$$\hat{R}_{4R} = 68,7812$$

Dessa forma, o rendimento agrícola obtido através da normalidade (1971/72) para o núcleo de Ribeirão Preto, assume o valor de 68,7812 t/ha.

Para o núcleo de Piracicaba (Limeira) temos:

$$\hat{R}_{4P} = 90,3903 - 0,0318 \text{ BDH} + 0,0609 \text{ DFM} - 13,4663 \text{ DEFE}$$

(141,0)	(68,0)	(1,42)
---------	--------	--------

$$= 90,3903 - 4,4838 + 4,1412 - 19,1221$$

$$= 70,9256$$

O rendimento agrícola obtido através da normalidade (1971/72) para o núcleo de Piracicaba (Limeira) assume assim, o valor de 70,9256 t/ha.

Os resultados da produção obtida através da normalidade climática, considerando tanto a equação de ajustamento do rendimento agrícola como a área colhida ajustada e o rendimento ajustado, são apresentados na Tabela 5, os quais podem ser comparados com a produção ajustada pelo modelo e com a produção de cana-de-açúcar (Figuras 1, 2 e 3).

Podemos afirmar que, se as condições de deficiência hídrica anual e deficiência hídrica na maturação e colheita, se mantivessem nas condições do ano padrão habitual, na série temporal de 1961/62 a 1973/74, teríamos 31.585,58 t de cana-de-açúcar acima do observado no núcleo de Jaú, de 101.108,69, aci

TABELA 5. Valores observados e ajustados pelo modelo e pela normalidade climática, de produção de cana própria das usinas: Diamante (núcleo de Jaú), Santa Lídia (núcleo de Ribeirão Preto) e Boa Vista (núcleo de Piracicaba), na série temporal 1961/62 a 1973/74.

Ano Agrícola	Núcleos	Produção de cana própria da usina (observada) (t)	Produção de cana própria da usina (ajustada pelo modelo) (t)	Produção de cana própria da usina (t) (ajustada pela normalidade climática) (1)	Produção de cana própria da usina (t) (ajustada pela normalidade climática) (2)
1961/62	Jaú Ribeirão Preto Piracicaba (Lim.)	104601,83 75145,09 49961,57	144130,08 73238,49 89100,54	129908,74 62418,93 60286,76	143406,13 74058,09 94731,06
1962/63	Jaú Ribeirão Preto Piracicaba (Lim.)	107487,79 82213,58 47208,05	136748,61 73128,18 71077,25	125718,13 73871,00 58158,99	132734,66 74505,17 73177,48
1963/64	Jaú Ribeirão Preto Piracicaba (Lim.)	103733,99 28369,53 32580,71	78898,05 53639,84 49843,04	139626,08 50966,86 59430,96	128983,77 84755,63 71273,13
1964/65	Jaú Ribeirão Preto Piracicaba (Lim.)	106095,45 97688,11 42928,80	124122,37 59040,17 65191,48	116425,92 143133,67 53903,76	141432,90 64254,02 72415,74
1965/66	Jaú Ribeirão Preto Piracicaba (Lim.)	133308,54 115745,57 51681,25	127474,37 150974,95 64100,69	97416,37 85976,50 52343,09	120666,33 146752,94 67463,72
1966/67	Jaú Ribeirão Preto Piracicaba (Lim.)	120172,44 107766,13 74657,47	100658,80 89363,49 63137,07	119948,46 98529,06 40285,74	103651,26 95591,42 66067,19
1967/68	Jaú Ribeirão Preto Piracicaba (Lim.)	149542,48 86244,59 81833,02	120958,44 104573,58 51731,92	162747,29 82881,34 87947,74	123819,61 106827,52 55274,44
1968/69	Jaú Ribeirão Preto Piracicaba (Lim.)	196433,99 115521,96 73260,72	160277,98 100646,45 99351,43	195014,94 116446,57 73904,47	162129,02 92820,91 97936,90
1969/70	Jaú Ribeirão Preto Piracicaba (Lim.)	198986,40 122065,85 73659,31	183829,92 121112,49 80774,26	251326,95 126419,84 80004,07	191011,40 122865,23 85366,76
1970/71	Jaú Ribeirão Preto Piracicaba (Lim.)	226548,23 120027,42 119462,32	233572,17 135833,03 92176,86	165492,44 131991,12 116530,76	241416,47 131792,34 90826,61
1971/72	Jaú Ribeirão Preto Piracicaba (Lim.)	221817,41 106047,64 123130,47	164577,08 136776,59 123512,14	223984,77 109155,76 124616,27	164586,29 136778,98 123521,89
1972/73	Jaú Ribeirão Preto Piracicaba (Lim.)	272681,03 109207,93 137197,89	240005,36 130257,79 133053,33	278887,77 112044,57 75393,91	216942,13 116339,27 130759,14
1973/74	Jaú Ribeirão Preto Piracicaba (Lim.)	293745,31 155383,44 161034,29	266334,36 127447,53 88245,77	260242,61 124700,31 130148,47	266086,38 118925,44 86700,16

OBS.: (1) considerando apenas a equação do rendimento ajustada
(2) considerando tanto área como rendimento ajustados

ma do observado no núcleo de Ribeirão Preto e de 55.640,88 abaixo do observado no núcleo de Piracicaba (Tabela 5).

Esclarecemos que, para essa afirmação, utilizamos apenas do rendimento ajustado multiplicado pela área observada, porque o clima exerce maior influência no rendimento agrícola. Contudo, os resultados da produção obtida pela área ajustada e rendimento ajustado são também apresentados na Tabela 5 e mostram-se superiores aos observados nos núcleos de Ribeirão Preto e Piracicaba.

Pela Tabela 3 podemos ainda verificar que 99,72% da produção de cana observada foi ajustada pela equação do rendimento a área colhida, formalizadas e apresentadas no item 3 do presente trabalho. A produção, ajustada pela normalidade climática tendo como base as duas equações, isto é, de rendimento e área ajustadas, corresponde a 99,55% da produção observada.

Dessa forma, embora havendo um ajustamento de 41,73% da equação de rendimento e 71,10% da equação da área colhida, teríamos um total de produção próximo ou superior ao observado, se não houvesse oscilações climáticas negativas, portanto se o clima se mantivesse pelo menos nas condições de normalidade climática.

CONCLUSÕES

1. A dinâmica atmosférica apresenta comportamentos bem distintos, de um ano a outro, resultando diferenças anuais nas precipitações. Diferenças essas que podem afastar-se acentuadamente dos valores habituais, não havendo periodicidade fixa, para ocorrência de fortes desvios negativos e positivos. Na série temporal analisada - 1959/60 e 1973/74 - pudemos constatar que ocorreram dois anos extremos secos: a. 1963/64, que além de extremamente seco, comparece como o mais quente da série; b. 1968/69, também aparece como o mais seco, nos três núcleos considerando dados pluviométricos do ano agrícola (julho/junho), caracterizado também pelas irregularidades na distribuição. Quanto ao ano úmido, ocorrem também, nessa série, dois anos e sequenciais: a. 1964/65 e b. 1965/66, caracterizando-se também

como o ano mais frio nos três núcleos.

2. Pela análise correlativa dos dados e pela pesquisa de campo, verificamos que, os desvios pluviométricos negativos e positivos, alteram a produtividade. Na série temporal em análise, pudemos constatar que existe, nos núcleos canavieiros do Estado, uma tendência para a produtividade agrícola elevar-se, à medida que a precipitação aumente, principalmente no período de crescimento.

3. Constatamos ainda, pela pesquisa de campo, que há uma conscientização por parte das usinas, da importância das chuvas no rendimento agrícola, principalmente no período de grande crescimento da cultura e, conseqüentemente, na produção. Contudo, há um certo desinteresse em se adotar a técnica da irrigação, porque em última análise, serviria no máximo para dois anos secos em geral, numa série de dez, não trazendo grandes retornos. Porém, podemos colocar a questão de outra forma. Diante dos resultados quantitativos alcançados nesta pesquisa, o ano úmido, pode interferir em até 56% no rendimento. Pois bem, tomando como base as quantidades obtidas no ano úmido e, estendendo esses dados, a todos os demais anos, na suplementação dos dêficits de umidade do solo, em apenas dois da série, os anos úmidos, essa técnica não teria validade.

4. As oscilações climáticas seriam melhor detectadas - quanto maior fosse o poder explicativo, principalmente da equação de rendimento agrícola onde as oscilações climáticas são mais perceptíveis. Porém, mesmo havendo um ajustamento de 41,73% da equação de rendimento e 71,10% da equação da área colhida, haveria um aumento de produção, o qual seria próximo ou superior ao observado, se não houvessem oscilações climáticas negativas, ou se o clima se mantivesse nas condições de normalidade climática.

REFERÊNCIAS

- BAIER, W. Crop-weather analysis: review and model development. Journal of applied meteorology, 12:937-45, 1973.
- BAIER, W.; DAVIDSON, H.; DESJARDINS, R.L.; QUELLET, C.E.; WIL-

- LIAMS, G.D.V. Recent biometeorological applications to crops. Int.J.Biometeor., 20(2):108-127, 1976.
- INSTITUTO DE PLANEJAMENTO ECONÔMICO E SOCIAL. Variações climáticas e flutuações da oferta agrícola no Centro-Sul do Brasil. Estudos para o Planejamento, Série nº 1, 1972, 419p.
- MONTEIRO, C.A.F. A dinâmica climática e as chuvas no Estado de São Paulo. (Estudo geográfico sob a forma de Atlas). São Paulo: IGEOG-USP, 1973.
- OMETTO, J.C. Uma equação para as estimativas de evapotranspiração potencial. Sua aplicação no cálculo das necessidades hídricas e do rendimento agro industrial da cana-de-açúcar na Região de Piracicaba (SP). Tese de Livre Docência, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" da Universidade de São Paulo, 1974.
- PASTORE, A.C. A oferta de produtos agrícolas no Brasil. Instituto de pesquisas econômicas, Série Estudos Econômicos, 1(3) : 35-69, 1971.
- SANTOS, M.J.Z. dos. A importância da variação do regime pluviométrico para a produção canavieira na Região de Piracicaba (SP). Dissertação de Mestrado, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, 1975. (Publicado pelo IGEOG-USP, Série Teses e Monografias, nº 35, 1979).
- SANTOS, M.J.Z. dos. Influências climáticas associadas à pedologias e econômicas na produção de cana-de-açúcar nos núcleos canavieiros do Estado de São Paulo. Tese de Doutorado, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, 1981.
- WILLIAMS, G.D.V.; JOYNT, M.I. & Mc CORMICK, P.A. Regression analyses of canadian prairie crop-district cereal yields, 1961-1972, in relation to weather, soil and trend. Canadian Journal of Soil Science, (55):43-53, 1975.