

FATORES DE SOLO E CLIMA QUE AFETAM O RENDIMENTO MÉDIO DO MILHO NAS REGIÕES HOMOGÊNEAS DA PARAÍBA

J.V.C. Rocha Filho (1)
C.B. Alcoforado (1)
G.T. Pessoa da Costa (1)
H.R. Tejada (2)

INTRODUÇÃO

O rendimento médio dos cultivos no Estado da Paraíba é baixo, se comparado com o de outras regiões do País (CEPA, 1974).

Apesar desse fato, observam-se diferenças importantes de rendimento entre as micro-regiões homogêneas nas quais está dividido o Estado.

Essa divisão foi realizada apoiada no critério ecológico, considerando principalmente fatores de solo e clima. Dada a configuração geográfica do Estado e sua posição em relação ao oceano Atlântico, é possível identificar diferenças entre parâmetros de climas mais utilizados, especialmente, precipitação pluviométrica e evapotranspiração, na direção leste-oeste.

Esta variação de clima, complementado pelas variações de material originário e relevo tem proporcionado a formação de diferentes tipos de solos refletindo obviamente nos parâmetros de fertilidade (TEJEDA & col. 1974 ; HARGREAVES, 1974).

O objetivo do presente trabalho é de identificar as associações que puderem existir entre o rendimento médio de cada micro-região do cultivo do milho e os correspondentes valores

(1) Universidade Federal da Paraíba.

(2) Consultor da OEA. Projeto Multinacional de Agricultura.

médios de alguns parâmetros de solo e clima, os quais foram determinados em estudos anteriores.

O milho foi considerado como planta indicadora de fatores mais importantes que limitam o rendimento dos cultivos, uma vez que sendo uma espécie vegetal muito sensível a qualquer fator limitante é ainda cultivado em todas as regiões do Estado.

O nitrogênio, apesar de ser um parâmetro de fertilidade muito importante, não pode ser incluído no presente trabalho, uma vez que, não se dispunha de dados analíticos sobre esse elemento, para as regiões em estudo.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados sobre o rendimento da cultura do milho, foram tirados de dados estatísticos publicados pela CEPA (1973). Para se obter um valor mais representativo dos rendimentos médios da cultura do milho de cada micro-região, no sentido de se eliminar o possível efeito das variações anuais de clima, calculou-se o rendimento médio de 5 anos (1969/73), em cada um dos casos. Os resultados obtidos são apresentados no quadro I.

Foram utilizadas as informações sobre fertilidade de solos, obtidas do trabalho de reconhecimento e classificação dos solos da Paraíba (SUDENE, 1972). Considerou-se as análises de pH, alumínio trocável, fósforo e potássio assimiláveis e cálcio + magnésio trocável, feitas num conjunto de 179 amostras de solos tomadas em todo Estado da Paraíba.

Para se obter o nível médio desses parâmetros de cada micro-região, calculou-se o valor das análises das amostras de solos nos municípios correspondentes. As médias resultantes são apresentadas no quadro I.

Os fatores de clima que foram considerados no presente trabalho foram: precipitação média anual, precipitação média correspondente a 120 dias (ciclo vegetativo do milho) e, um índice de disponibilidade de umidade, calculado para os meses correspondentes ao ciclo do milho, em que se relacionou a precipitação e evapotranspiração.

O índice de disponibilidade de umidade (IDH) foi calculado da seguinte maneira:

$$IDH = 1/4 \frac{P_1}{EVT_1} + \frac{P_2}{EVT_2} + \frac{P_3}{EVT_3} + \frac{P_4}{EVT_4}$$

Onde:

IDH = índice de disponibilidade de umidade

P_1 = precipitação durante o 1.º mês

P_2 = precipitação durante o 2.º mês

P_3 = precipitação durante o 3.º mês

P_4 = precipitação durante o 4.º mês

EVT= evapotranspiração

O cultivo do milho, realizou-se exatamente nos mesmos meses nas diferentes micro-regiões, devido naturalmente a variação de distribuição de chuva durante o ano. Para o presente trabalho se considerou que o ciclo do milho se desenvolveu nos meses abaixo indicados:

Micro-região

meses

Litoral	março/junho
Agropastoril do Baixo Paraíba	março/junho
Piemonte da Borborema	março/junho
Brejo	março/junho
Curimataú	março/junho
Agreste da Borborema	março/junho
Seridó	Fev.º/maio
Cariris Velhos	março/junho
Catolé do Rocha	fev.º/maio
Depressão do alto Piranhas	fev.º/maio
Serra do Teixeira	fev.º/maio
Sertão de Cajazeiras	jan.º/abril

QUADRO I - Rendimento médio de milho e parâmetros de fertilidade e clima no Estado da Paraíba e suas micro-regiões homogêneas.

Micro-região (n ₁ /n ₂)	milho kg/ha	média por micro-região									
		pH	Al	P	K	Ca + Mg	pp/an	pp/m	IDH		
Litoral (19/5)	625	5,35	0,45	2,2	39,2	1,8	1545,8	902	2,21		
Agropastoril (2/3)	675	5,51	0,57	4,7	50,5	5,3	898,6	529	1,22		
Piemonte (12/4)	673	5,88	0,12	11,8	127,9	6,0	897,8	503	1,14		
Brejo (9/4)	684	5,19	0,73	2,1	63,1	3,4	1214,3	629	1,68		
Curimataú (16/2)	850	5,89	0,19	7,0	83,9	4,4	584,7	355	0,83		
Agreste (24/3)	776	5,91	0,14	8,5	85,6	9,1	509,3	281	0,68		
Seridó (10/2)	538	6,05	0,07	6,4	97,2	5,0	324,4	235	0,45		
Cariris (22/11)	564	6,45	0,08	9,1	122,0	8,7	457,1	289	0,63		
Catolá (2/3)	648	6,75	0,00	6,0	90,0	7,6	792,3	639	1,18		
Depressão (22/19)	666	6,40	0,07	10,4	121,6	9,2	771,1	598	1,11		
Serra (19/7)	692	5,74	0,36	6,6	98,6	4,1	623,1	471	0,97		
Sertão (9/8)	1124	6,35	0,07	20,3	135,4	8,4	953,6	635	1,15		
Média do Estado	710	5,96	0,24	7,93	92,9	6,1	797,7	506	1,10		

n₁ = n.º de amostras de solo por micro-região; n₂ = n.º de estações meteorológicas por micro-região; pp/an = precipitação anual; pp/m = precipitação durante o ciclo do milho na micro-região.

Os dados de precipitação e evapotranspiração foram tirados da CEPA (1973) e HARGREAVES (1974) respectivamente. Calculou-se o IDH separadamente para cada estação meteorológica e, em seguida se obteve o valor médio para todas as estações pertencentes a uma mesma região (micro-região). Estes valores também são apresentados no quadro I, junto com a precipitação média anual e a precipitação média correspondente ao ciclo vegetativo do milho.

O IDH indica a relação média entre a precipitação e a perda de água por evapotranspiração durante o ciclo do cultivo. Assim, para um mês qualquer, se a chuva caída é igual à evapotranspiração o valor do IDH é igual a 1,0, o que permite supor que o cultivo sofrerá estado de tensão de umidade.

Valores do IDH menor que 1,0, indicam que a precipitação é inferior à demanda de evapotranspiração, devendo-se esperar que ocorram estados de tensão de umidades nas plantas. A magnitude do efeito negativo da tensão de umidade sobre o rendimento dependerá do estado de crescimento, sendo mais prejudicial durante a floração.

Valores do IDH maiores que 1,0 indicam excesso de precipitação sobre a demanda de evapotranspiração. Esta situação também pode provocar diminuição sobre o rendimento, tanto por efeitos diretos, como indiretos. Os primeiros, podem ocorrer principalmente em terrenos com drenagem deficiente, traduzindo-se em falta de oxigênio e diminuição da disponibilidade de nutrientes a nível radicular. Em terrenos bem drenados a ação acumulativa através dos anos de uma precipitação excessiva sobre o perfil do solo, se traduz numa lixiviação do mesmo, perdendo-se principalmente, a argila, a matéria orgânica e as bases do solo. Essas perdas, significam a diminuição da fertilidade dos solos, sendo o efeito indireto de um alto valor do IDH, sobre o rendimento dos cultivos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No quadro II, são apresentadas as correlações calculadas entre as médias dos parâmetros de fertilidade nas micro-regiões, incluindo-se também a precipitação anual. A maioria das correlações calculadas estão de acordo com o que se espera teoricamente. O pH apresenta correlação negativa significativa ($r = 0.888^{***}$), significativo a $P = 0.01$), com o alumínio trocável e cor-

relação positiva ($r = 0.564$) com fósforo disponível. Ambos os resultados são concordantes com os conhecimentos atuais sobre as relações entre esses três parâmetros do solo (HARGREAVES, 1974).

O alumínio trocável se correlaciona positivamente com a precipitação anual ($r = 0.585$) e negativamente com os conteúdos de fósforo assimilável ($r = 0.614^*$), e potássio ($r = -0.730$) e cálcio mais magnésio ($r = -0.688^*$). Todas essas correlações são concordantes de que a precipitação tem um papel preponderante na determinação das características dos solos, no sentido de que a maior precipitação provoca uma lixiviação do perfil e, com isso perda de bases, acidificação, solubilização do alumínio e diminuição da disponibilidade de fósforo. Os teores de fósforo, potássio e cálcio + magnésio resultaram altamente correlacionados entre si.

QUADRO II - Coeficientes de correlação entre parâmetros de fertilidade e precipitação anual nas micro-regiões da Paraíba.

	AL	P	K	Ca + Mg	pp. anual
pH	-0.888**	0.564	0.708**	0.786**	-0.518
Al		-0.614	-0.730**	-0.688*	0.585*
P			0.834	0.651*	-0.229
K				0.687*	-0.487
Ca + Mg					-0.512

Os coeficientes de correlação entre os rendimentos do milho e os parâmetros de solo e clima estão apresentados no quadro III. Somente o fósforo apresenta correlação significativa com rendimento ($r = 0.695^*$). A correlação de maior importância relativa depois do fósforo, é a do potássio, muito embora seu valor seja apenas $r = 0.290$. A relação entre fósforo e rendimento está descrita na figura I. É interessante observar que a correlação entre fósforo e rendimento, eliminando o efeito do potássio é de $r_{yp.k} = 0.858^{**}$. Este resultado evidencia a importância do nível de fósforo assimilável do solo sobre o rendimento médio do milho no estado da Paraíba. Por outro lado, a alta correlação significativa entre fósforo e os outros parâmetros de fertilidade impedem de se obter conclusões estatísticas válidas sobre o efeito destes últimos sobre o rendimento. Esta situação se denomina «multico-

linearidade» entre variáveis independentes e é comum que apareça nas análises de problemas multivariados.

A baixa correlação entre a chuva e o rendimento está de encontro com a hipótese de que as diferenças de rendimento entre as distintas micro-regiões, se devem entre outros fatores a diferença climática. Levando-se em contra este resultado contraditório, foi feita uma análise mais detalhada da relação entre clima e rendimento, apresentada no quadro III.

QUADRO III - Coeficiente de correlação simples entre rendimento do milho e parâmetros de solo e clima nas micro-regiões do Estado da Paraíba.

RENDIMENTO DO MILHO VERSUS			
pH:	0.109	Ca + Mg:	0.237
Al:	0.121	pp/an.:	0.121
P:	0.695*	pp/m.:	0.142
K:	0.290	IDH	0.022

pp/an = precipitação anual; pp/m. = precipitação caída durante o ciclo do milho.

Analisando-se o quadro III, verifica-se que os três parâmetros de clima estão altamente correlacionados entre si. O coeficiente de correlação entre precipitação anual e precipitação nos quatro meses de crescimento do milho é de $r = 0.927$ e o coeficiente de correlação entre a precipitação nos quatro meses do ciclo do milho e o IDH é de $r = 0.3937$. Isto indica que existe um alto grau de multicolinearidade entre os parâmetros porque provavelmente os três contêm a mesma quantidade de informação em relação ao rendimento. Por este motivo, foi suficiente estudar a relação rendimento e um somente um dos parâmetros. Neste caso se elegeu o IDH, uma vez que dispunhamos de informação tanto da disponibilidade como da demanda de água. A figura 2, descreve a relação entre o IDH e o rendimento. Pode-se observar que existem relações: uma delas curvilínea entre 9 dos pontos observados e outra linear entre os 3 pontos restantes. A relação curvilínea está descrita pela equação de regressão:

$$y = 362.2 + 436.5 (\text{IDH}) - 144.9 (\text{IDH})^2$$

a qual explica 91% da variação do rendimento do milho nas nove micro-regiões seguintes: Litoral, Agropastoril, Piemonte, Brejo, Seridó, Cariris, Catolé, Depressão e Serra.

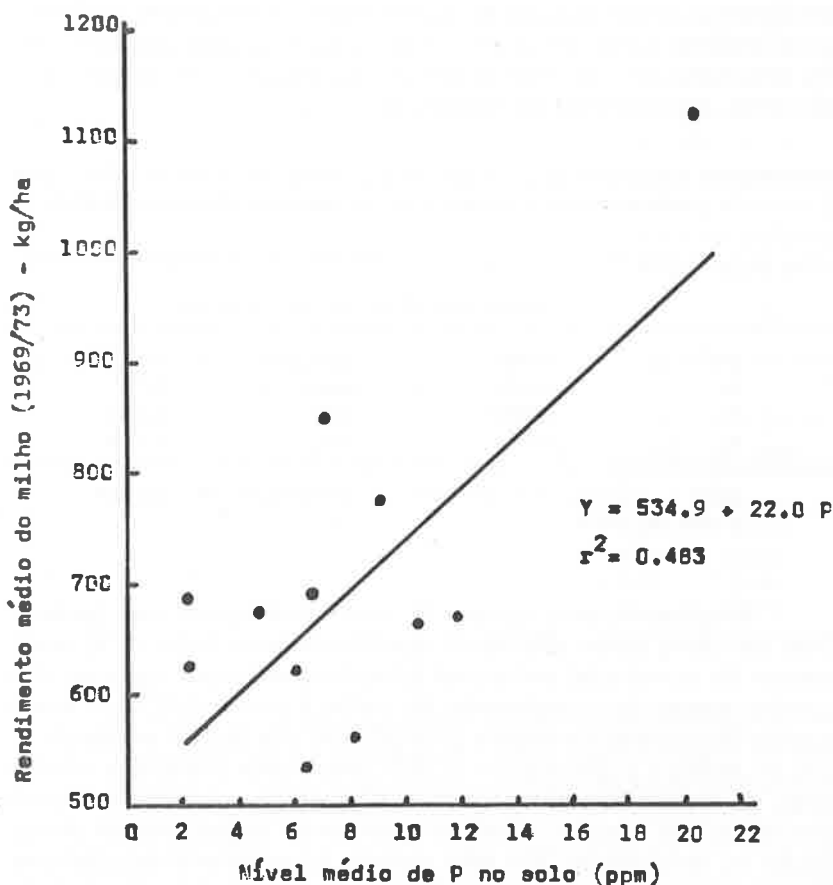


FIGURA 1 - Nível médio de fósforo assimilável no solo e rendimento médio (1969/73) de milho nas micro-regiões na Paraíba.

A equação $Y = 244.1 + 758.4 (IDH)$

explica 98% da variação do rendimento observado nas três micro-regiões restantes, Curimataú, Agreste e Sertão.

Ao se procurar uma possível causa, para tantos diferentes rendimentos, em relação ao IDH, nos dois grupos de micro-regiões, formulou-se a hipótese que o fósforo disponível do solo, seria uma possível causa, uma vez que antes, havia apresentado a alta correlação simples com o rendimento. Esta hipótese, se traduziu no seguinte modelo:

$$Y = b_0 + b_1P + b_2(\text{IDH}) + b_3(\text{IDH})^2$$

que implica numa relação linear do rendimento com o fósforo disponível e uma relação curvilínea com o IDH, através de todas as micro-regiões do Estado.

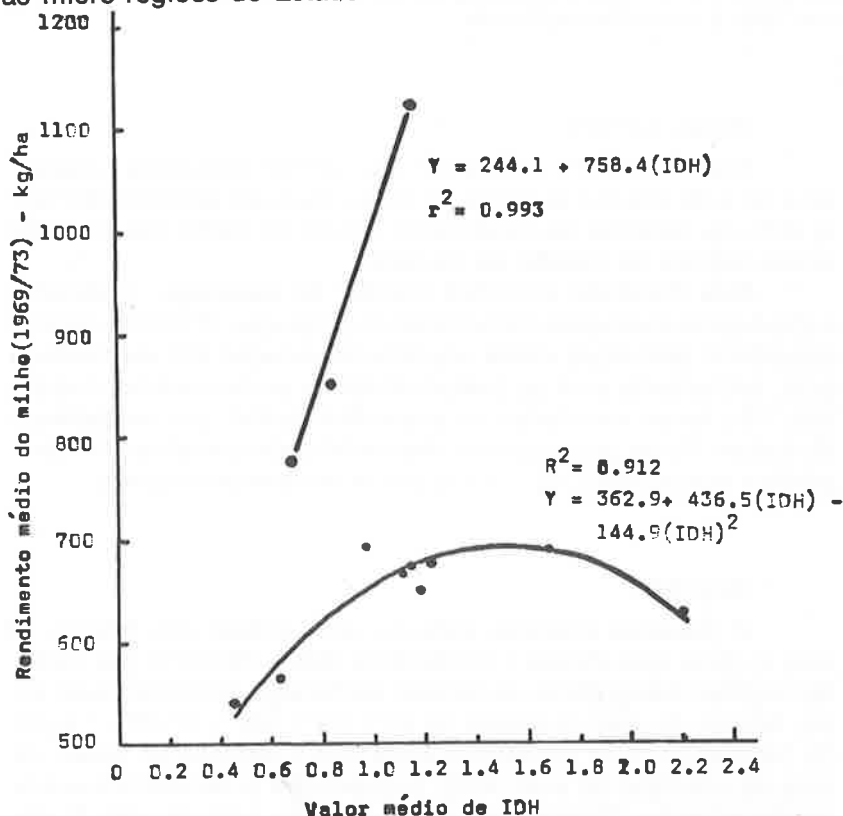


FIGURA 2 - Valor médio do índice de disponibilidade de umidade (IDH) e rendimento médio (1969/73) do milho nas micro-regiões homogêneas da Paraíba.

A equação de regressão resultante é:

$$y = 306.9 + 23.3(p) + 300.9 (\text{IDH}) - 80.3 (\text{IDH})^2$$

que explica 58% da variação do rendimento médio nas 12 micro-regiões paraibanas. Se, se considera que a regressão linear do rendimento versus fósforo disponível seja:

$$y = 534.9 + 22.0 (p)$$

teremos uma explicação de somente 48% da variação do rendimento; pode-se ver que a inclusão do parâmetro clima (IDH), aumenta em 10% a variação explicada.

CONCLUSÕES

É altamente positivo, terem sido identificadas duas variáveis, uma de solo e outra de clima, as quais explicam aproximadamente 60% da variação do rendimento médio do milho nas distintas micro-regiões do Estado da Paraíba.

Este resultado permitirá orientar as pesquisas, destinadas a produzir tecnologias melhoradas da produção. Embora, deva-se considerar que ainda existe uns 40% de variação não explicada, a qual, juntamente com as componentes de erros contidas nos dados, não foram estudadas no presente trabalho, por inexistência de dados. Como por exemplo: disponibilidade dos solos em nitrogênio e quantidades de plantas por hectare/micro-regiões.

RESUMO

O presente trabalho trata de uma análise dos fatores de solo e clima que afetam o rendimento médio do milho nas distintas regiões fisiográficas do Estado da Paraíba. Considerou-se como fatores de solo os teores de Al^{+3} , Ca^{+3} , Mg^{+2} , K^+ , PO_4^{-3} e pH. Os fatores de clima correlacionados com o rendimento foram: índice de umidade do solo (IDH), precipitação pluviométrica e evapotranspiração. Observou-se duas variáveis, uma de solo (P disponível) e outra de clima (IDH) responsáveis por cerca de 60% da variação do rendimento médio do milho no Estado da Paraíba.

LITERATURA CITADA

- BRASIL, Ministério do Interior - SUDENE, 1972. Levantamento Exploratório. Reconhecimento de solos do Estado da Paraíba. Rio de Janeiro. Convênio de mapeamento de solos MA/EPE - SUDENE/DRN.
- HARGREAVES, G.H., 1974. Disponibilidade e deficiências de umidade para a Paraíba, Brasil. Utah University State, USA. 68p.
- PARAÍBA, Estado, CEPA, 1973. **Aspectos climáticos e pluviométricos da Paraíba**, João Pessoa, PB.
- PARAÍBA, Estado, CEPA, 1974. Relatório de avaliação e análise conjuntural da agricultura da Paraíba no ano de 1973. João Pessoa, PB.
- TEJEDA, H.R., J.V.C. ROCHA FILHO, G.T. PESSOA DA COSTA & C.B. ALCOROFADO, 1974. Níveis de fertilidade de solo das micro-regiões homogêneas da Paraíba. Departamento de Ciências Agrobiológicas do CCT/UFPb, Areia-PB.