INTERPRETAÇÃO ECONÔMICA DE ENSAIOS DE ADUBAÇÃO DE MILHO EM PERNAMBUCO

ISRAEL PEREIRA DA SILVA

Engenheiro-Agrônomo

Orientador: Dr. Frederico Pimentel Gomes

Dissertação apresentada à Escola Superior de
Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universi-
dade de São Paulo, para obtenção do título de
Mestre em Experimentação e Estatística.

P I R A C I C A B A

Estado de São Paulo - Brasil

Junho, 1978

Ao Prof. Mário Coelho de Andrade Lima (*in memoriam*)

A meus pais

À minha esposa

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Dr. Frederico Pimentel Gomes, pela firme orientação prestada a este trabalho, como também pela versão para a língua inglesa do resumo.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco, pela oportunidade oferecida para realização do curso de pós-graduação.

Ao Instituto de Pesquisas Agronômicas de Pernambuco (IPA) e à Associação Nacional para Difusão de Adubos (ANDA), pelo fornecimento dos dados.

Ao Plano CAPES-PICD e ao PEAS, pela bolsa de estudos concedida.

Ao Professor Dr. Humberto de Campos, pelas valiosas sugestões.

Aos Professores do Departamento de Matemática e Estatística da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", pela perfeição dos ensinamentos recebidos.

Aos colegas do curso de pós-graduação, pelo espírito de solidariedade e companheirismo.

Ao Eng^o-Agr^o Nilo Sérgio de Carvalho Pereira, pela valiosa colaboração.

Ao Professor Milton Tavares Bezerra de Melo, Chefe do Departamento de Física e Matemática da UFR-PE, pelo espírito de colaboração e despreendimento com que nos incentivou.

À Srta. Maria Izalina Ferreira Alves, Secretária do Departamento de Matemática e Estatística da ESALQ, pelos trabalhos datilográficos.

A todos que, direta ou indiretamente, colaboraram para a confecção do presente trabalho.

INDEX

ପଞ୍ଜ.

	Pág.
4.2.4 - O trinômio do segundo grau	51
4.2.4.1 - Estimativa dos parâmetros e de seus respectivos intervalos de confiança	51
4.2.4.2 - As doses econômicas e seus interva- los de confiança	55
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	57
5.1 - O Ajustamento da Regressão Polinomial Quadrática ...	59
5.1.1 - Resultados e discussão dos parâmetros e seus respectivos intervalos de confiança	59
5.1.2 - Os intervalos de confiança das estimativas dos rendimentos	61
5.1.3 - As doses ótimas de N, P_2O_5 e K_2O e discussão do máximo	63
5.1.4 - Resultados e discussão dos cortes dados na superfície	66
5.1.5 - Valores de F das regressões e dos desvios das regressões e coeficientes de determinação to- tal	68
5.2 - O Uso do Trinômio do Segundo Grau	70
6. CONCLUSÕES	72
7. SUMMARY	76
8. BIBLIOGRAFIA	80
9. APÊNDICE	84

1. RESUMO

Com a finalidade de obter resultados que servissem de base à recomendação econômica de fórmulas de adubação para a cultura do milho no Estado de Pernambuco, Brasil, dispomos de 37 ensaios fatoriais 3^3 de N, P e K, com duas repetições e 34 em blocos casualizados, com seis repetições, onde estudou-se o calcário, também em 3 níveis.

As recomendações apresentadas neste trabalho foram com base em 9 grupos de ensaios, abrangendo 14 municípios e 3 regiões fisiográficas, nitidamente distintas.

Para os ensaios fatoriais, foi ajustado o modelo de regressão polinomial quadrática:

$$y = a_0 + a_{11}x_1^2 + a_{22}x_2^2 + a_{33}x_3^2 + a_{12}x_1x_2 + a_{13}x_1x_3 + a_{23}x_2x_3 + a_{14}x_1 + a_{24}x_2 + a_{34}x_3$$

onde foram abordados os seguintes aspectos:

- 1 - Estimativas, intervalos de confiança e teste t dos parâmetros.
- 2 - Intervalos de confiança das estimativas dos rendimentos.
- 3 - Doses ótimas de N, P_2O_5 e K_2O da superfície de resposta.
- 4 - Comportamento da superfície ao se fixar duas de suas variáveis em suas doses médias.
- 5 - O ajustamento com base na análise da regressão e no coeficiente de determinação total.

Na determinação das doses econômicas para o calcário, utilizou-se o trinômio do 2º grau.

As principais conclusões obtidas neste trabalho foram:

1 - Os parâmetros da regressão polinomial quadrática, para os grupos de ensaios, apresentaram intervalos de confiança bastante amplos e até absurdos, em alguns casos. Essa imprecisão reflete-se na estimativa dos rendimentos, embora menos acentuadamente.

2 - A não significância dos parâmetros das interações sugere o estudo da superfície, desprezando-os.

3 - Com exceção dos grupos 1 e 8, o ajustamento da superfície de resposta aos dados pode ser considerado como razoável.

4 - Os cortes da superfície indicaram como economicamente aconselháveis as seguintes quantidades de N, P_2O_5 e K_2O , em kg/ha:

Grupos	N (kg/ha)	P ₂ O ₅ (kg/ha)	K ₂ O (kg/ha)
1	mínimo	17,3	mínimo
2	...	34,2	zero
3	51,6	zero	mínimo
4	71,0	69,7	29,0
5	73,6	54,3	mínimo
6	20,1	33,4	mínimo
7	mínimo	zero	mínimo
8	33,7	mínimo	mínimo
9	96,5	mínimo	29,2

Obs.: A linha pontilhada significa que a dose obtida extrapolou o intervalo pesquisado.

5 - Intervalos de confiança para a dose economicamente recomendável, calculados em casos em que o coeficiente do termo quadrático não diferiu significativamente de zero, deram resultados absurdos, o que comprova ser esse cálculo desaconselhável nessas circunstâncias.

6 - Para os grupos 1, 3, 4 e 6, é recomendada a aplicação de 1000 kg/ha de calcário, e para o grupo 2 a calagem não é recomendada. Os demais grupos apresentaram ponto de mínimo, e não de máximo.

7 - A obtenção do máximo, através da regressão polinomial quadrática, torna-se problemática quando os grupos são constituídos de poucos ensaios, e suas precisões deixam muito a desejar, como foi o nosso caso.

8 - As recomendações feitas neste trabalho não merecem muita confiança, em virtude do pequeno número de ensaios de que se dispôs, não devendo, portanto, serem encaradas como definitivas. Entretanto, dão uma boa indicação para trabalhos subsequentes.

2. INTRODUÇÃO

Analisando a situação da cultura do milho em Pernambuco, depára-se com um quadro não muito animador. Segundo o Anuário Estatístico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, de 1976, a situação dos três últimos anos, publicados por essa entidade para o Estado de Pernambuco, em quantidade de milho em grão, é a seguinte:

Anos	Área Colhida (ha)	Quantidade Produzida (t)	Rendimento Médio (kg/ha)
1974	520.000	405.600	780
1975	483.000	352.685	730
1976	300.000	165.000	550

Observa-se, portanto, que não só caiu nesses três últimos anos a produção, em decorrência de menores áreas cultivadas, como também a produtividade. Por outro lado, em relação aos demais Estados brasileiros, Pernambuco que em 1974 ocupava o oitavo lugar em produção e o décimo em produtividade, caiu em 1976 para décimo primeiro e décimo quinto respectivamente.

É claro que muitos fatores estão envolvidos no processo, não sendo o problema especificamente econômico. Entretanto, não há dúvidas de que, ao lado de outras técnicas, a adubação recomendada racionalmente possa melhorar sensivelmente esse quadro. Nesse sentido, além de outras culturas, o milho vem sendo estudado pelo Instituto de Pesquisas Agronômicas (IPA) sob vários aspectos e, nesses últimos anos, a pesquisa tem sido dirigida principalmente no sentido de verificar as respostas de elementos essenciais à planta com a finalidade de melhorar o rendimento cultural. Em 1972, ênfase maior foi dada ao estudo, com a celebração do convênio entre esse órgão de pesquisa e a Associação Nacional Para Difusão de Adubos (ANDA). A finalidade do convênio seria a de estudar as respostas das principais culturas do Estado aos macronutrientes N, P e K e ao calcário nas regiões propícias às culturas. Para isso, foram lançados vários ensaios em 3 anos consecutivos e, com base nos resultados obtidos, partiu-se para a racionalização do uso desses insumos.

Este material, convenientemente trabalhado, poderia servir como ponto de partida para o estudo econômico da aplicação

desses insumos, estudo esse possível através das chamadas "funções de produção", das quais a superfície polinomial quadrática e o trinômio do 2º grau, além da Lei de Mitscherlich, são por demais usados, quando se trata de ajustamento a dados de ensaios de adubação.

3. REVISÃO DE LITERATURA

HEADY e PESEK (1954) apresentaram um estudo sobre cinco diferentes tipos de funções de produção, ajustadas a um ensaio de adubação N e P, com níveis variando de 0 a 320 lb/acre, num total de 57 combinações de tratamentos, com a cultura do milho, no Oeste de Iowa. Os autores ajustaram um total de 35 equações, sendo apresentadas apenas 5 delas. Para essas cinco funções, foram calculados o valor do teste t para os parâmetros e, também, os coeficientes de correlação, chegando à conclusão de que a melhor equação que representava os dados era:

$$\hat{Y} = 5,682 - 0,316 N - 0,147 P + 6,3512 \sqrt{N} + 8,5155 \sqrt{P} + 0,3410 \sqrt{NP}.$$

O máximo dessa função foi obtido com as doses de 397,6 lb/acre e 336,6 lb/acre de N e P_{205} , respectivamente, valores

esses que extrapolaram as doses ensaiadas.

ZAGATTO e PIMENTEL GOMES (1960) discutiram, sob o ponto de vista econômico, o uso de algumas funções de produção, todas a uma variável, notadamente a equação de Mitscherlich e o trinômio do 2º grau, procurando tornar máxima a função:

$$z = \frac{R - C}{C} = \frac{R}{C} - 1 ,$$

onde, R = receita bruta;

C = custo de produção.

Os autores preocuparam-se com o fato de que, sob condições de capital limitado, o mais importante não é a obtenção da produção máxima e sim, o mais alto retorno por cruzeiro dispendido.

PIMENTEL GOMES e CAMPOS (1966), trabalhando com ensaios individuais e com grupos de ensaios de adubação de milho, em vários Estados brasileiros, verificaram a predominância do efeito de nitrogênio nos diversos tipos de clima e solos em que foram conduzidos os experimentos. Em segundo lugar, colocou-se o fósforo com numerosos casos favoráveis, notadamente no Triângulo Mineiro e Goiás, enquanto que o potássio, na maioria dos casos, não apresentou efeito significativo. Quanto ao calcário, verificaram também que, em solos ácidos, especialmente nos cerrados, a calagem é favorável e até indispensável em alguns casos.

Os autores determinaram também as doses economicamente aconselháveis de nutrientes, para as regiões estudadas, pela Lei

de Mitscherlich, comparando esses resultados com os obtidos com uma superfície polinomial do 2º grau a três variáveis independentes. No caso particular de Pernambuco, recomendaram para a Região do Vale do São Francisco doses de nitrogênio que variaram de 70 a 80 kg/ha.

CAMPOS (1967), utilizando 50 ensaios fatoriais de adubação 3^3 com a cultura de milho na região de Ribeirão Preto (SP), em terra roxa legítima, ajustou o modelo:

$$Y = a_0 + a_{11}x_1^2 + a_{22}x_2^2 + a_{33}x_3^2 + a_{12}x_1x_2 + a_{13}x_1x_3 + a_{23}x_2x_3 + a_{14}x_1 + a_{24}x_2 + a_{34}x_3,$$

aos referidos dados, preocupando-se em determinar as doses economicamente aconselháveis para N, P_2O_5 e K_2O , após a diagonalização da matriz M das derivadas parciais de segunda ordem.

O autor também apresentou um estudo dos cortes na superfície, fixando duas das três variáveis independentes envolvidas no modelo, em suas doses padrão, bem como um estudo comparativo entre o delineamento rotativo de Box e o fatorial de 3^3 , concluindo que, equiparando-se os níveis de nutrientes através da redução à mesma escala e introduzindo-se um fator de correção para as variâncias das estimativas dos parâmetros provenientes do delineamento de Box, os fatoriais 3^3 apresentam maior eficiência.

Quanto ao estudo da superfície, especificamente, o autor tirou uma série de conclusões, cujas principais são: (a) as estimativas dos parâmetros da equação de superfície de resposta, tanto nos ensaios individuais como nos grupos de ensaios, possuem in-

tervalos de confiança bastante amplos, traduzindo conseqüentemente uma imprecisão nas estimativas dos rendimentos, não sendo descartada, portanto, a possibilidade de estimativas negativas para a produção; (b) dos 50 ensaios individuais estudados, apenas 7 deram, de fato, uma dose economicamente aconselhável de nutriente, surgindo inclusive, um caso da função de receita líquida possuir mínimo. Houve, portanto, uma predominância de pontos de sela nos ensaios individuais; (c) há maior tendência de aparecimento de pontos de máximo na função de receita líquida, à medida que se procede ao agrupamento dos ensaios; (d) o estudo da superfície, através dos cortes, revelaram a mesma imprecisão de resultados que a superfície como um todo. Esses cortes ilustram bem o comportamento da superfície, sob o ponto de vista da dose econômica; (e) a aplicação da regressão polinomial aos ensaios fatoriais 3^3 de adubação se recomenda apenas para grupos de ensaios de boa precisão.

ZAGATTO e PIMENTEL GOMES (1967), estudando as funções de produção a uma, duas e três variáveis independentes, sob o ponto de vista econômico, em fatoriais 3^3 , discutiram os resultados obtidos na determinação da dose econômica para a função quadrática, Lei de Mitscherlich e superfície polinomial quadrática do 2º grau, apresentando algumas dificuldades que poderiam surgir, como também, algumas medidas para reduzir essas dificuldades, como:

1) Usar sempre grupos de ensaios numerosos ou ensaios isolados, com diversas repetições, e boa precisão.

2) Não confiar em doses ótimas obtidas a partir de polinômios de coeficientes para os termos do segundo grau em x_1^2 , x_2^2 , x_3^2 , etc., que não sejam significativamente diferentes de zero.

3) Verificar se os valores obtidos correspondem realmente a um máximo.

4) Calcular intervalos de confiança para as doses ótimas encontradas, para poder julgar o seu real valor.

MORAES (1969), com os dados de um ensaio de adubação NPK em milho, realizado na Venezuela, em delineamento em blocos casualizados com duas repetições, em esquema fatorial 3^3 com níveis não equidistantes, ajustou-lhes uma superfície polinomial de resposta a três variáveis independentes, representando as doses de N, P_2O_5 e K_2O , concluindo, entre outras coisas, que:

a) a regressão polinomial obtida possuía intervalos de confiança relativamente amplos para os parâmetros, razão pela qual os que apresentaram estimativas próximas de zero poderiam mudar de sinal dentro do intervalo de confiança;

b) as estimativas dos parâmetros dos termos lineares diferiram significativamente de zero pelo teste t , enquanto que, dos termos quadráticos, apenas o coeficiente $\hat{a}_{11}$, o fez, o que levou o autor a concluir que, dentro de intervalo considerado, a produção reage quase linearmente aos nutrientes, sugerindo que o ensaio deveria ter doses mais elevadas, para que se pudesse constatar melhor os efeitos dos coeficientes dos termos quadráticos;

c) apesar de, tanto a regressão, como os desvios da regressão serem altamente significativos, o efeito do primeiro supera em muito o do segundo, sendo portanto satisfatória a regressão. Por outro lado, o coeficiente de determinação total da ordem de 0,949, ou seja, 94,9% da variação sendo explicada pela regressão, revela um bom ajustamento do modelo aos dados;

d) a função da receita líquida obtida, não possui máximo, e sim ponto de sela.

PIMENTEL GOMES (1969) chama atenção para o fato de que, a simples solução do sistema de equações, formado com as derivadas parciais de primeira ordem da função de receita líquida, não implica, necessariamente, na obtenção de máximo, sendo necessário, portanto, verificar se a matriz B das derivadas parciais de segunda ordem é definida negativa. O autor relacionou alguns trabalhos onde a não observação dessa condição implicou em interpretações errôneas dos resultados, e mostrou que, pelo fato dos coeficientes dos termos quadráticos serem todos negativos, não necessariamente se obtém um ponto de máximo, sendo preciso, portanto, a diagonalização e posterior interpretação dos elementos dessa matriz, mesmo nesse caso.

Todas essas observações foram feitas pelo autor ao estudar uma superfície polinomial de resposta a três variáveis independentes, salientando ainda que, constatada a existência do máximo, é indicado testar os parâmetros dos termos quadráticos e aceitá-lo se estiver na região explorada pelo experimentador.

1970

VIEIRA (1960) ajustou três outros modelos aos dados utilizados por CAMPOS (1967), a saber:

$$Y = a_0 + a_{11}x_1^{1/2} + a_{22}x_2^{1/2} + a_{33}x_3^{1/2} + a_{12}x_1^{1/2}x_2^{1/2} + a_{13}x_1^{1/2}x_3^{1/2} + a_{23}x_2^{1/2}x_3^{1/2} + a_{14}x_1 + a_{24}x_2 + a_{34}x_3 ,$$

$$Y = a_0 + a_{11}x_1^{3/2} + a_{22}x_2^{3/2} + a_{33}x_3^{3/2} + a_{12}x_1x_2 + a_{13}x_1x_3 + a_{23}x_2x_3 + a_{14}x_1 + a_{24}x_2 + a_{34}x_3 ,$$

$$Y = A \left[1 - 10^{-c(x+b)} \right] ,$$

dando ênfase à comparação das doses economicamente aconselháveis de nutrientes, obtidas pelas quatro funções de produção, incluindo o modelo estudado por CAMPOS (1967) tirando, entre outras, as seguintes conclusões:

a) Dos três modelos polinomiais ajustados, dois revelaram-se praticamente iguais nos resultados: o modelo quadrático e o de grau 3/2, indicando, portanto, o uso do primeiro, por apresentar o de grau 3/2 maiores dificuldades de cálculo, principalmente na solução do sistema de equações oriundas da função de receita líquida.

b) É recomendado o uso da Lei de Mitscherlich na determinação da dose econômica de nutrientes, no caso de 3 níveis, uma vez que leva a soluções satisfatórias, através de métodos matemáticos simples. Entretanto, no caso de existirem interações significativas de nutrientes, ou queda de produção, devidas à adubação excessiva, recomenda-se a aplicação de regressão polinomial, preferencialmente o modelo de raiz quadrada.

c) A aplicação da regressão polinomial aos ensaios de adubação se recomenda apenas para grupos de ensaios cuja análise estatística dos experimentos mostre efeitos quadráticos significativos, sugerindo a utilização de doses elevadas de nutrientes.

CAMPOS e ARAÚJO (1971), com base nas produções médias de 50 ensaios fatoriais de adubação de milho na Região de Ribeirão Preto (SP), ajustaram-lhes as funções de produção:

$$Y = a_0 + a_{11}x_1^2 + a_{22}x_2^2 + a_{33}x_3^2 + a_{12}x_1x_2 + a_{13}x_1x_3 + a_{23}x_2x_3 + a_{14}x_1 + a_{24}x_2 + a_{34}x_3 ,$$

e,

$$Y = a_0 + a_{11}x_1^2 + a_{22}x_2^2 + a_{33}x_3^2 + a_{14}x_1 + a_{24}x_2 + a_{34}x_3 ,$$

tirando uma série de conclusões, entre outras: (a) verificou-se que as estimativas dos parâmetros correspondentes às interações, não sendo significativas, dão suporte metodológico para o estudo da superfície desprezando-as, fato esse evidenciado por apresentarem, ambos os modelos, coeficiente de determinação de 98%; (b) embora os intervalos de confiança dos parâmetros sejam relativamente amplos, há um estreitamento muito acentuado no caso dos rendimentos culturais. Esse estreitamento é mais acentuado, entretanto, no caso do modelo sem as interações, decorrentes das fórmulas que estimam as variâncias para os dois casos. O importante, porém, é que, nos dois casos, as amplitudes dos intervalos foram sempre inferiores a 10% dos rendimentos estimados; (c) dos três nutrientes estudados, o fósforo foi o

que se apresentou mais sensível às oscilações de preço. Considerando uma alternativa, o subsídio dos preços dos nutrientes básicos, por parte do Governo, atenção especial deveria ser dada ao P_2O_5 , principalmente se uma grande percentagem da variação na taxa de retorno do capital empatado em adubação for explicada por variações no preço deste nutriente; (d) de uma maneira geral, observou-se que as doses econômicas obtidas nos cortes da superfície, foram bastante próximas das obtidas na superfície.

WANDERLEY (1971) apresentou um estudo do comportamento da cultura do milho em Pernambuco, quanto à adubação com N, P, K, Ca e micronutrientes, em 6 locais diferentes, concluindo que houve predominância do efeito de NPK. Em segundo lugar colocou-se o calcário, com resultados favoráveis em três dos seis locais estudados, não havendo resposta para a mistura de microelementos, com exceção de um único local. O autor salientou ainda que, só foi possível estabelecer doses econômicas para dois dos seis locais estudados, mesmo assim com restrições. Finalmente, observou a falta de estrutura básica uniforme na experimentação com adubação de milho, o que prejudica, em grande parte, a obtenção de conclusões gerais válidas para todo o Estado de Pernambuco.

OLIVEIRA (1974), comparando as precisões das estimativas dos parâmetros dos coeficientes dos modelos do grupo fatorial 3^k , para $k = 2, 3, 4$, relativamente às estimativas correspondentes, obtidas dos modelos de delineamento composto central rotativo, para

$k = 2, 3, 4$, usando um ou mais pontos no centro, concluiu que, o grupo fatorial estudado é mais eficiente para o ajustamento de superfície de resposta, do que os delineamentos compostos centrais rotativos correspondentes.

VADLAMUDI e THIMM (1974), com base em dois ensaios de adubação de milho, realizados no Oeste do Kenya, durante os anos de 1968 e 1969, ajustaram-lhes uma função de produção quadrática, inicialmente com 4 variáveis independentes (N, P, K e D), sendo a última delas, representando a variação de 1968 até 1969. Essa variável assume o valor -1 em 1968 e 1 em 1969. Quando $D = 0$, a equação representa a função de produção média dos dois anos. O estudo dessa função levou os autores a suprimirem alguns termos, cujos coeficientes apresentaram valor t muito baixo, não comprometendo, entretanto, a correlação entre os dados e o novo modelo, uma vez que não houve praticamente variação entre os dois coeficientes de determinação, calculados para os dois casos.

Finalmente, tomando $D = 0$ e fixando o valor de k , também em zero, os autores obtiveram a seguinte função:

$$Y = 36,271239 + 0,222608 N + 0,206326 P - 0,000496 N^2 - \\ - 0,000880 P^2 + 0,000138 NP ,$$

com a qual foram determinadas as doses economicamente aconselháveis de N e P, considerando-se várias relações entre preços unitários dos nutrientes em relação ao produto.

Os autores, examinando as relações de preços na época do trabalho, determinaram as quantidades de 173,52 kg/ha e 105,24 kg/ha de N e P, respectivamente, como sendo as doses economicamente aconselháveis, o que daria uma receita líquida de Sh 886,62 por hectare. Finalmente concluíram que, mesmo sob condições desfavoráveis, o uso de quantidades ótimas de N e P é recomendado para aumentar o lucro do produto em Kenya.

RAMIREZ DÁVILA e BENITEZ (1975), pesquisando 4 funções de produção, a saber:

- 1) Mitscherlich: $Y = A - BC^X$
- 2) Cobb-Douglas: $Y = AX^B$
- 3) Quadrática: $Y = A + BX + CX^2$
- 4) Raiz Quadrada: $Y = A + BX + CX^{1/2}$,

quanto às vantagens e desvantagens de seu emprego, chegaram às seguintes conclusões:

a) No modelo de Mitscherlich, sendo assintótico ao valor A, o produto marginal nunca alcança valores negativos, indicadores do desequilíbrio biológico das plantas, causado por doses excessivas de fertilizantes, tendo, portanto, limitações no seu uso.

b) O modelo de Cobb-Douglas permite somente, ou bem um constante crescimento, ou decréscimo na produção marginal, não permitindo uma curva que inclua os três casos, não podendo, portanto, ser usada nos casos de existir produção marginal crescente e decrescente.

c) O modelo polinomial quadrático pode ser usado com vantagens quando se trabalha com doses altas de nutrientes, pois permite mostrar possível diminuição na produção. Essa curva, por ser parabólica, é simétrica em relação ao valor máximo de Y . Na prática, entretanto, a curva de resposta aos nutrientes mostra geralmente um patamar amplo, onde a produção se estabiliza para logo ir decrescendo, devido às alterações fisiológicas provocadas por doses altas. Este decréscimo não guarda, entretanto, simetria com o crescimento.

d) O modelo de raiz quadrada é uma modificação do modelo polinomial quadrático, pertencente a uma família de modelos que pode ser representada por:

$$Y = A + BX^d + CX^{2d},$$

onde d é uma constante positiva.

CAMPOS e PIMENTEL GOMES (1976) apresentam um interessante estudo sobre as interações lineares, $N \times P$, $N \times K$ e $P \times K$, em quatro grupos de ensaios fatoriais 3^3 de adubação de milho, com N, P e K, num total de 117 experimentos com 3.159 parcelas. Os autores concluíram, com grande generalidade, que, nesses tipos de ensaios, quando se consideram doses moderadas de nutrientes, as interações são de importância secundária e, na grande maioria dos casos, são de pequena monta, quando comparadas aos efeitos principais dos nutrientes.

O'AULÍSIO (1976) determinou os intervalos de confiança dos pontos de máximo ou de mínimo da função:

$$\hat{Y} = \hat{a} + \hat{b}P_1(x) + \hat{c}P_2(x) ,$$

onde $P_1(x)$ e $P_2(x)$ são polinômios ortogonais de primeiro e segundo grau, respectivamente, por 4 processos distintos, a saber:

- 1) Método de Fieller;
- 2) Método empírico (por simulação);
- 3) Através de $V_1(x)$ (fórmula usual da variância);
- 4) Através de $V_2(x)$ (fórmula deduzida por O'AULÍSIO (1970)).

A autora concluiu que o método de Fieller dá resultados absurdos para $\sigma^2 > 0,2500$. Em relação aos intervalos pelo método empírico, tomado como padrão, foram excessivamente amplos os dados por $V_1(x)$, e excessivamente curtos os obtidos a partir de $V_2(x)$. Dos 4 processos utilizados, os mais recomendáveis são os calculados pelo método empírico e a partir de $V_2(x)$, embora este seja um tanto curto.

COSTA (1977) apresenta um estudo de dois modelos polinomiais, sendo um deles o de raiz quadrada, ajustados a 27 ensaios fatoriais de adubação 3^3 , com a cultura do arroz, em diversas localidades do Estado de Goiás, concluindo que, tanto os valores de F das regressões, como os coeficientes de determinação R^2 , foram concordantes em ambos os modelos, em todos os casos estudados. As doses econômicas, obtidas nos cortes, foram bastante próximas das en-

contradas nas superfícies, e seus intervalos de confiança muito amplos, dificultando a recomendação de adubação. O autor salientou ainda que, para a cultura do arroz, recomenda-se a aplicação das superfícies de resposta somente para grupos de ensaios de boa precisão.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1.- Material

Os dados a serem utilizados neste trabalho foram gentilmente cedidos pelo Instituto de Pesquisas Agronômicas do Estado de Pernambuco (IPA) e pela Associação Nacional para Difusão de Adubos (ANDA), e constam de ensaios fatoriais 3^3 de adubação, com duas repetições e tratamentos adicionais. No esquema fatorial, onde os fatores estudados foram nitrogênio, fósforo e potássio, houve o confundimento de dois graus de liberdade da interação tripla, sendo adotado, para todos eles, o grupo w de confundimento. O calcário foi estudado como tratamento adicional em blocos casualizados, com 6 repetições e em 3 níveis.

Estes ensaios foram lançados em Estações Experimentais do IPA e em fazendas particulares, em locais propícios à cultura

ra, abrangendo de uma certa forma todas as regiões fisiográficas do Estado de Pernambuco. Todos os experimentos utilizados neste trabalho foram de mesma estrutura, com as seguintes características:

a) Detalhes do ensaio:

a.1) Variedade:	Azteca
a.2) Espaçamento:	1,00mx0,40m
a.3) Área total:	2.872 m ²
a.4) Área útil:	1.296 m ²

b) Detalhes da parcela:

b.1) Área total:	30 m ²
b.2) Área útil:	18 m ²
b.3) Número de linhas:	5
b.4) Número de linhas úteis:	3
b.5) Número de covas por linha:	15
b.6) Número de plantas:	150
b.7) Número de plantas úteis:	90
b.8) Número de plantas por cova:	2

c) Níveis dos nutrientes (kg/ha):

c.1) Nitrogênio:	0- 50- 100
c.2) Fósforo:	0- 60- 120
c.3) Potássio:	0- 30- 60
c.4) Calcário:	0-1000-2000

d) Fonte dos nutrientes:

d.1) Nitrogênio:	Sulfato de amônio (20% de N)
d.2) Fósforo:	Superfosfato simples (20% de P_2O_5)
d.3) Potássio:	Cloreto de potássio (60% de K_2O)
d.4) Calcário:	Calcário dolomítico (Ca + Mg)

e) Modo de aplicação dos adugos:

O fósforo, o potássio, o calcário e 30% de nitrogênio foram aplicados em fundação, e o restante do nitrogênio 30 dias após, em cobertura.

4.2 - Métodos

4.2.1 - Os grupos de ensaios

Os grupos de ensaios, objetivo principal do nosso estudo, com vistas à recomendação de doses econômicas dos nutrientes em questão, variaram de 2 a 6 experimentos, tanto para N, P e K, como para o calcário, apesar dos grupos serem, em alguns casos, constituídos de ensaios diferentes para ambos os casos.

CAMPOS (1967), ZAGATTO e PIMENTEL GOMES (1967), VIEIRA (1970) e COSTA (1977) recomendam o uso de grupos de ensaios numerosos e de boa precisão; entretanto, dada a heterogeneidade dos fatores climáticos e edáficos a que está submetido o Estado de Pernambuco, várias são as regiões consideradas fisiograficamente diferen-

tes, o que torna problemático o agrupamento de maior número de ensaios. Além disso, um outro fator que contribuiu para o tamanho dos grupos foi a heterogeneidade das variâncias residuais que não permitiu, em alguns casos, agrupar ensaios de características semelhantes. Logo, na formação dos grupos foram levados em conta os seguintes fatores:

- a) Regiões fisiográficas;
- b) Tipos de solos e vegetação;
- c) Quadrados médios residuais.

4.2.1.1 - Grupos dos ensaios fatoriais

<u>Grupos</u>	<u>Municípios</u>	<u>Nº de ensaios</u>	<u>Anos agrícolas</u>
1	Vitória de Santo Antão	2	73,74
2	Glória do Goitá	2	72,73
	Limoeiro	3	72,73,74
3	Surubim	3	72,73,74
	Vertentes	3	72,73,74
4	Timbaúba	2	72,74
	Vicência	2	72,73
5	Caruaru	5	72,73,74
6	Bom Conselho	3	72,73,74
	Garanhuns	2	72,73
7	Serra Talhada	2	73,74
8	Belém do São Francisco	3	73,74
	Petrolândia	2	72,74
9	Tacaratu	3	72,73,74

4.2.1.2 - Grupos dos tratamentos adicionais

<u>Grupos</u>	<u>Municípios</u>	<u>Nº de ensaios</u>	<u>Anos agrícolas</u>
1	Vitória de Santo Antão	3	72,73,74
2	Glória do Goitá	3	72,73,74
	Limoeiro	3	72,73,74
3	Surubim	3	72,73,74
	Vertentes	2	72,74
4	Timbauba	3	72,73,74
	Vicência	2	73,74
5	Caruaru	4	72,73,74
6	Bom Conselho	2	73,74
	Garanhuns	2	72,73
8	Belém do São Francisco	3	73,74
	Petrolândia	2	72,74
9	Tacaratu	2	72,74

4.2.2 - Esquemas estatísticos

O esquema das análises individuais para o nitrogênio, o fósforo e o potássio é o seguinte:

Fontes de Variação	G.L.
Nitrogênio (N)	2
Fósforo (P)	2
Potássio (K)	2
Interação (NxP)	4
Interação (NxK)	4
Interação (PxK)	4
Interação (NxPxK) (parte não confundida)	6
Blocos	5
Resíduo	24
T o t a l	53

Para o calcário, o esquema usado é o que se segue:

Fontes de Variação	G.L.
Calcário	2
Blocos	5
Resíduo	10
T o t a l	17

As análises conjuntas foram feitas de acordo com o modelo matemático:

$$x_{ijk} = m + t_i + \ell_k + b_{jk} + (t\ell)_{ik} + e_{ijk} ,$$

com $i = 1, 2, \dots, I;$

$j = 1, 2, \dots, J;$

$k = 1, 2, \dots, K;$

onde, x_{ijk} corresponde à produção da parcela do tratamento $\underline{i}$, no bloco $\underline{j}$ e no ensaio $\underline{k}$;

m representa a média geral do ensaio;

t_i refere-se ao efeito do tratamento $\underline{i}$;

ℓ_k representa o efeito do local $\underline{k}$;

b_{jk} representa o efeito do bloco $\underline{j}$ no local $\underline{k}$;

$(tl)_{ik}$ é o efeito da interação do tratamento $\underline{i}$ com o local $\underline{k}$;

e_{ijk} corresponde ao efeito do acaso.

De acordo com esse modelo, os esquemas das análises conjuntas para o nitrogênio, o fósforo, o potássio e o calcário são respectivamente:

Fontes de Variação	G.L.
Ensaio (E)	K-1
Nitrogênio (N)	2
Interação (E×N)	2(K-1)
Resíduo médio	24K

Fontes de Variação	G.L.
Ensaio (E)	$K-1$
Fósforo (P)	2
Interação (ExP)	$2(K-1)$
Resíduo médio	$24K$

Fontes de Variação	G.L.
Ensaio (E)	$K-1$
Potássio (K)	2
Interação (ExK)	$2(K-1)$
Resíduo médio	$24K$

Fontes de Variação	G.L.
Ensaio (E)	$K-1$
Calcário (C)	2
Interação (ExC)	$2(K-1)$
Resíduo médio	$10K$

No caso em que os efeitos principais de N, P, K e Ca apresentaram significância estatística e os graus de liberdade permitiram, foi feito o desdobramento desses em seus efeitos lineares e quadráticos.

4.2.3 - Estudo do modelo polinomial quadrático

4.2.3.1 - Estimativas dos parâmetros e seus respectivos intervalos de confiança

Para a função de produção:

$$Y = a_0 + a_{11}x_1^2 + a_{22}x_2^2 + a_{33}x_3^2 + a_{12}x_1x_2 + a_{13}x_1x_3 + a_{23}x_2x_3 + a_{14}x_1 + a_{24}x_2 + a_{34}x_3,$$

onde, x_1 , x_2 , x_3 representam as doses de N, P_{205} e K_{20} ;

a_{11} , a_{22} , a_{33} são os coeficientes dos efeitos quadráticos, respectivamente de N, P e K;

a_{12} , a_{13} , a_{23} são os coeficientes das interações duplas;

a_{14} , a_{24} , a_{34} são os coeficientes dos efeitos lineares respectivamente de N, P e K;

facilmente se obtém, através de métodos matriciais utilizados na teoria da regressão, as matrizes $X'X = S$ e $(X'X)^{-1} = S^{-1}$, após a codificação das variáveis x_1 , x_2 e x_3 em -1, 0 e 1, através da transformação:

$$x_i = \frac{X_i - \bar{X}}{q},$$

onde: $X_1 = 0, 50, 100$, $q = 50$;

$X_2 = 0, 60, 120$, $q = 60$;

$X_3 = 0, 30, 60$, $q = 30$;

A matriz $X'Y$ é obtida pré-multiplicando-se a matriz X' pelo vetor das observações Y . Verifica-se que:

$$X'Y = \begin{bmatrix} G \\ N_0 + N_2 \\ P_0 + P_2 \\ K_0 + K_2 \\ N' \times P' \\ N' \times K' \\ P' \times K' \\ N' \\ P' \\ K' \end{bmatrix}$$

onde, N_0 , P_0 e K_0 são os totais das parcelas sem nitrogênio, fósforo e potássio, respectivamente;

N_2 , P_2 e K_2 são os totais das parcelas com a dose 2 de N, P e K, respectivamente;

$N' \times P'$, $N' \times K'$ e $P' \times K'$ são os efeitos das interações lineares,

isto é:

$$N' \times P' = N_0 P_0 + N_2 P_2 - N_0 P_2 - N_2 P_0,$$

$$N' \times K' = N_0 K_0 + N_2 K_2 - N_0 K_2 - N_2 K_0,$$

$$P' \times K' = P_0 K_0 + P_2 K_2 - P_0 K_2 - P_2 K_0,$$

N' , P' e K' são os efeitos lineares de nitrogênio, fósforo e potássio, respectivamente, ou seja:

$$N' = N_2 - N_0 ,$$

$$P' = P_2 - P_0 ,$$

$$K' = K_2 - K_0 .$$

O vetor das estimativas dos parâmetros $\hat{\beta}$ é obtido co
mo se segue:

$$\hat{\beta} = S^{-1} X'Y = \begin{bmatrix} \hat{a}_0 \\ \hat{a}_{11} \\ \hat{a}_{22} \\ \hat{a}_{33} \\ \hat{a}_{12} \\ \hat{a}_{13} \\ \hat{a}_{23} \\ \hat{a}_{14} \\ \hat{a}_{24} \\ \hat{a}_{34} \end{bmatrix}$$

$$\begin{aligned} \text{onde: } \hat{a}_0 &= \frac{7}{54} G - \frac{1}{18} \left[(N_0 + N_2) + (P_0 + P_2) + (K_0 + K_2) \right] \\ &= \frac{7}{54} G - \frac{1}{18} \left[(G - N_1) + (G - P_1) + (G - K_1) \right] \\ &= \frac{1}{18} (N_1 + P_1 + K_1) - \frac{G}{27} , \end{aligned}$$

$$\hat{a}_{11} = \frac{N_0 + N_2}{12} - \frac{G}{18} = \frac{N_0 - 2N_1 + N_2}{36} = \frac{N''}{36} ;$$

$$\hat{a}_{22} = \frac{P_0 + P_2}{12} - \frac{G}{18} = \frac{P_0 - 2P_1 + P_2}{36} = \frac{P''}{36} ;$$

$$\hat{a}_{33} = \frac{K_0 + K_2}{12} - \frac{G}{18} = \frac{K_0 - 2K_1 + K_2}{36} = \frac{K''}{36} ;$$

$$\hat{a}_{12} = \frac{N' \times P'}{24} ;$$

$$\hat{a}_{13} = \frac{N' \times K'}{24} ;$$

$$\hat{a}_{23} = \frac{P' \times K'}{24} ;$$

$$\hat{a}_{14} = \frac{N'}{36} ;$$

$$\hat{a}_{24} = \frac{P'}{36} ;$$

$$\hat{a}_{34} = \frac{K'}{36} ;$$

onde, N'' , P'' e K'' , são os efeitos quadráticos, respectivamente de N , P e K .

No caso dos grupos de ensaios, o vetor $\hat{\beta}$ seria:

$$\hat{\beta} = S^{-1} X'Y ,$$

onde $\bar{Y}$ é o vetor das médias das observações.

A matriz de dispersão $\underline{D}$ das variâncias e covariâncias dos parâmetros seria, para o caso dos ensaios individuais:

$$\underline{D} = \underline{S}^{-1} \sigma^2 ,$$

portanto,

$$V(\hat{a}_0) = \frac{7}{54} \sigma^2 ,$$

$$V(\hat{a}_{11}) = V(\hat{a}_{22}) = V(\hat{a}_{33}) = \frac{1}{12} \sigma^2 ,$$

$$V(\hat{a}_{12}) = V(\hat{a}_{13}) = V(\hat{a}_{23}) = \frac{1}{24} \sigma^2 ,$$

$$V(\hat{a}_{14}) = V(\hat{a}_{24}) = V(\hat{a}_{34}) = \frac{1}{36} \sigma^2 ,$$

$$\text{COV}(\hat{a}_0, \hat{a}_{11}) = \text{COV}(\hat{a}_0, \hat{a}_{22}) = \text{COV}(\hat{a}_0, \hat{a}_{33}) = - \frac{1}{18} \sigma^2 .$$

As demais covariâncias são todas nulas.

As estimativas dessas variâncias e covariâncias são obtidas substituindo-se σ^2 pela estimativa da variância residual $s^2 = \text{QMR}$.

Para os grupos de N ensaios, a matriz de dispersão será:

$$\underline{D} = \frac{\underline{S}^{-1}}{N} \sigma^2 .$$

Portanto, as variâncias e covariâncias dos parâmetros nesse caso serão as mesmas dos ensaios individuais, divididas por N e suas estimativas são obtidas substituindo-se σ^2 por s^2 , no caso a

estimativa da variância residual média de cada grupo.

Com as estimativas das variâncias das estimativas dos parâmetros, facilmente chega-se aos seus intervalos de confiança, admitindo-se que tenham uma distribuição aproximadamente normal:

$$IC = \left[\hat{a}_0 - ts \sqrt{\frac{7}{54}} , \hat{a}_0 + ts \sqrt{\frac{7}{54}} \right] ,$$

$$IC = \left[\hat{a}_{1i} - t \frac{s}{\sqrt{12}} , \hat{a}_{1i} + t \frac{s}{\sqrt{12}} \right] \quad (i=1,2,3) ,$$

$$IC = \left[\hat{a}_{1j} - t \frac{s}{\sqrt{24}} , \hat{a}_{1j} + t \frac{s}{\sqrt{24}} \right] \quad (i=1,2; j=2,3; i \neq j) ,$$

$$IC = \left[\hat{a}_{14} - t \frac{s}{6} , \hat{a}_{14} + t \frac{s}{6} \right] \quad (i=1,2,3) .$$

Ao nível de 95% de probabilidade e tomando-se $t = 2$, virá:

$$IC = \left[\hat{a}_0 - 0,72 s , \hat{a}_0 + 0,72 s \right] ,$$

$$IC = \left[\hat{a}_{1i} - 0,58 s , \hat{a}_{1i} + 0,58 s \right] ,$$

$$IC = \left[\hat{a}_{1j} - 0,41 s , \hat{a}_{1j} + 0,41 s \right] ,$$

$$IC = \left[\hat{a}_{14} - 0,33 s , \hat{a}_{14} + 0,33 s \right] .$$

Consequentemente, para os grupos de N ensaios teremos:

$$IC = \left[\hat{a}_0 - 0,72 \frac{s}{\sqrt{N}} , \hat{a}_0 + 0,72 \frac{s}{\sqrt{N}} \right] ,$$

$$IC = \left[\hat{a}_{11} - 0,58 \frac{s}{\sqrt{N}} , \hat{a}_{11} + 0,58 \frac{s}{\sqrt{N}} \right] ,$$

$$IC = \left[\hat{a}_{1j} - 0,41 \frac{s}{\sqrt{N}} , \hat{a}_{1j} + 0,41 \frac{s}{\sqrt{N}} \right] ,$$

$$IC = \left[\hat{a}_{14} - 0,33 \frac{s}{\sqrt{N}} , \hat{a}_{14} + 0,33 \frac{s}{\sqrt{N}} \right] .$$

Para os grupos de ensaios, foi aplicado o teste t para os coeficientes das equações de regressão através da fórmula:

$$t = \frac{\hat{a} - 0}{\sqrt{V(\hat{a})}} ,$$

onde $\hat{a}$ é a estimativa do parâmetro em questão.

4.2.3.2 - Intervalos de confiança das estimativas dos rendimentos

CAMPOS (1967) por inspeção do quadro I, onde determinou as funções estimadoras dos 27 tratamentos estudados nos ensaios fatoriais, chegou à conclusão de que as expressões das variâncias das estimativas dos rendimentos, formavam apenas 4 grupos distintos, a saber:

Grupo I: $-1 \ -1 \ -1$, $-1 \ -1 \ 1$, $-1 \ 1 \ -1$, $-1 \ 1 \ 1$,
 $1 \ -1 \ -1$, $1 \ -1 \ 1$, $1 \ 1 \ -1$, $1 \ 1 \ 1$;

Grupo II: $-1 \ -1 \ 0$, $-1 \ 0 \ -1$, $-1 \ 0 \ 1$, $1 \ -1 \ 0$,
 $0 \ -1 \ 1$, $0 \ 1 \ -1$, $0 \ 1 \ 1$, $0 \ -1 \ -1$,
 $1 \ 0 \ 1$, $1 \ 1 \ 0$, $-1 \ 1 \ 0$, $1 \ 0 \ -1$;

Grupo III: $-1 \ 0 \ 0$, $0 \ -1 \ 0$, $0 \ 0 \ -1$,
 $1 \ 0 \ 0$, $0 \ 1 \ 0$, $0 \ 0 \ 1$,

Grupo IV: $0 \ 0 \ 0$.

Partindo-se da estimativa $\hat{y}$ e aplicando-se as propriedades da variância nessa função vamos ter:

$$\hat{Y} = \hat{a}_0 + \hat{a}_{11}x_1^2 + \hat{a}_{22}x_2^2 + \hat{a}_{33}x_3^2 + \hat{a}_{12}x_1x_2 + \hat{a}_{13}x_1x_3 + \hat{a}_{23}x_2x_3 + \hat{a}_{14}x_1 + \hat{a}_{24}x_2 + \hat{a}_{34}x_3 ,$$

$$V(\hat{Y}) = V(\hat{a}_0) + x_1^4 V(\hat{a}_{11}) + x_2^4 V(\hat{a}_{22}) + x_3^4 V(\hat{a}_{33}) + x_1^2 x_2^2 V(\hat{a}_{12}) + x_1^2 x_3^2 V(\hat{a}_{13}) + x_2^2 x_3^2 V(\hat{a}_{23}) + x_1^2 V(\hat{a}_{14}) + x_2^2 V(\hat{a}_{24}) + x_3^2 V(\hat{a}_{34}) + 2x_1^2 \text{COV}(\hat{a}_0, \hat{a}_{11}) + 2x_2^2 \text{COV}(\hat{a}_0, \hat{a}_{22}) + 2x_3^2 \text{COV}(\hat{a}_0, \hat{a}_{33}) ,$$

então, para os quatro grupos, as expressões das estimativas das variâncias dos rendimentos e seus respectivos intervalos de confiança ao nível de 95% de probabilidade dos grupos de ensaios são:

Grupo I:

$$V(\hat{Y}) = V(\hat{a}_0) + 3V(\hat{a}_{11}) + 3V(\hat{a}_{1j}) + 3V(\hat{a}_{14}) + 6\text{COV}(\hat{a}_0, \hat{a}_{11})$$

$$V(\hat{y}) = \frac{55}{216} \cdot \frac{s^2}{N} ,$$

$$IC = \left[\hat{y} - 1,01 \frac{s}{\sqrt{N}} , \hat{y} + 1,01 \frac{s}{\sqrt{N}} \right] .$$

Grupo II:

$$\begin{aligned} V(\hat{y}) &= V(\hat{a}_0) + 2V(\hat{a}_{11}) + V(\hat{a}_{1j}) + 2V(\hat{a}_{14}) + 4COV(\hat{a}_0, \hat{a}_{11}) \\ &= \frac{37}{216} \cdot \frac{s^2}{N} , \end{aligned}$$

$$IC = \left[\hat{y} - 0,83 \frac{s}{\sqrt{N}} , \hat{y} + 0,83 \frac{s}{\sqrt{N}} \right] .$$

Grupo III:

$$\begin{aligned} V(\hat{y}) &= V(\hat{a}_0) + V(\hat{a}_{11}) + V(\hat{a}_{14}) + 2COV(\hat{a}_0, \hat{a}_{11}) \\ &= \frac{7}{54} \cdot \frac{s^2}{N} , \end{aligned}$$

$$IC = \left[\hat{y} - 0,72 \frac{s}{\sqrt{N}} , \hat{y} + 0,72 \frac{s}{\sqrt{N}} \right] .$$

Grupo IV:

$$V(\hat{y}) = V(\hat{a}_0) = \frac{7}{54} \cdot \frac{s^2}{N} ,$$

$$IC = \left[\hat{y} - 0,72 \frac{s}{\sqrt{N}} , \hat{y} + 0,72 \frac{s}{\sqrt{N}} \right] .$$

4.2.3.3 - Doses ótimas dos fatores x_1 , x_2 e x_3 obtidas através da superfície de resposta

Partindo da função de receita líquida:

$$L(x_1, x_2, x_3) = w\hat{y} - t_1x_1 - t_2x_2 - t_3x_3 - m \quad ,$$

$$\text{onde: } \hat{y} = \hat{a}_0 + \hat{a}_{11}x_1^2 + \hat{a}_{22}x_2^2 + \hat{a}_{33}x_3^2 + \hat{a}_{12}x_1x_2 + \hat{a}_{13}x_1x_3 + \hat{a}_{23}x_2x_3 + \hat{a}_{14}x_1 + \hat{a}_{24}x_2 + \hat{a}_{34}x_3,$$

w = preço de venda do produto;

t_1 = preço da dose unitária x_1 ;

t_2 = preço da dose unitária x_2 ;

t_3 = preço da dose unitária x_3 ;

m = são as despesas fixas.

As condições necessárias para que a função de receita líquida tenha um máximo em (x_1^+, x_2^+, x_3^+) , são as seguintes:

$$dL(x_1, x_2, x_3) \equiv 0 \quad , \quad d^2L(x_1, x_2, x_3) < 0 \quad .$$

Da primeira condição, derivando-se parcialmente a função de receita líquida em relação às variáveis x_1 , x_2 e x_3 , chega-se ao seguinte sistema de equações:

$$\begin{cases} 2\hat{a}_{11}x_1 + \hat{a}_{12}x_2 + \hat{a}_{13}x_3 = \frac{t_1}{w} - \hat{a}_{14} \quad , \\ \hat{a}_{12}x_1 + 2\hat{a}_{22}x_2 + \hat{a}_{23}x_3 = \frac{t_2}{w} - \hat{a}_{24} \quad , \\ \hat{a}_{13}x_1 + \hat{a}_{23}x_2 + 2\hat{a}_{33}x_3 = \frac{t_3}{w} - \hat{a}_{34} \quad . \end{cases}$$

A solução do sistema de equações apresentado pode nos conduzir a uma receita líquida máxima se a segunda condição for verificada, ou seja, se a matriz M das derivadas parciais de segunda ordem for definida negativa. Assim, segundo PERLIS (1958), temos:

$$M = w \begin{bmatrix} 2\hat{a}_{11} & \hat{a}_{12} & \hat{a}_{13} \\ \hat{a}_{12} & 2\hat{a}_{22} & \hat{a}_{23} \\ \hat{a}_{13} & \hat{a}_{23} & 2\hat{a}_{33} \end{bmatrix} = w A \quad .$$

Como w é um número real positivo, se a matriz A for definida negativa, assegura-se então a existência do máximo. Logo, através de operações de congruência com a matriz A, e segundo RAO (1952), obtém-se a matriz diagonal D.

$$D = \begin{bmatrix} \Delta_1 & 0 & 0 \\ 0 & \Delta_2/\Delta_1 & 0 \\ 0 & 0 & \Delta_3/\Delta_2 \end{bmatrix} \quad ,$$

onde: $\Delta_1 = 2\hat{a}_{11}$;

$$\Delta_2 = \begin{vmatrix} 2\hat{a}_{11} & \hat{a}_{12} \\ \hat{a}_{12} & 2\hat{a}_{22} \end{vmatrix} ;$$

$$\Delta_3 = |A| ;$$

então, se $\Delta_1 < 0$; $\Delta_2/\Delta_1 < 0$; $\Delta_3/\Delta_2 < 0$; realmente a solução do sistema de equações nos conduz a uma receita líquida máxima.

Com base nessa teoria, foram resolvidos os sistemas de equações e discutido a existência do máximo para os grupos de ensaios, considerando-se para tal, as seguintes relações de preços w/t ,

obtidas na praça de Recife:

$$\frac{w}{t_1} = 0,1304 \quad ,$$

$$\frac{w}{t_2} = 0,1551 \quad ,$$

$$\frac{w}{t_3} = 0,3866 \quad .$$

4.2.3.4 - Cortes da superfície

Os cortes da superfície são obtidos fixando-se duas das três variáveis em suas doses médias, no caso presente, $x_1 = 0$. Assim, para se estudar o comportamento da superfície quando são fixados fósforo e potássio, em suas doses médias, temos:

1º Corte: $x_2 = 0$ e $x_3 = 0$:

$$\hat{y}_1 = \hat{y}(x_1, 0, 0) = \hat{a}_0 + \hat{a}_{11}x_1 + \hat{a}_{111}x_1^2 \quad .$$

Nesse caso, a função de receita líquida é:

$$L_1 = L(x_1, 0, 0) = w\hat{y}_1 - t_1x_1 - m \quad ,$$

e as condições para se obter o máximo são:

$$\frac{dL_1}{dx_1} = 0 \quad , \quad \frac{d^2L_1}{dx_1^2} < 0 \quad .$$

Da primeira condição facilmente se obtém:

$$x_1^* = \frac{1}{2\hat{a}_{11}} \left(\frac{t_1}{w} - \hat{a}_{14} \right) .$$

Por outro lado,

$$\frac{d^2 L_1}{dx_1^2} = 2w\hat{a}_{11} .$$

Como $w > 0$, a condição para que a função de receita líquida seja máxima em x_1^* , nesse caso, é que tenhamos $\hat{a}_{11} < 0$.

Segundo PIMENTEL GOMES (1953), uma aproximação da variância de x_1^* pode ser obtida através da fórmula de Taylor. Esse processo, de acordo com D'AULÍSIO (1976), é recomendável, embora dê intervalos de confiança um tanto curtos. Assim, por diferenciação, vem:

$$dx_1^* = \frac{1}{2\hat{a}_{11}} d\hat{a}_{14} - \frac{1}{2\hat{a}_{11}^2} \left(\frac{t_1}{w} - \hat{a}_{14} \right) d\hat{a}_{11} ,$$

então,

$$\begin{aligned} V(x_1^*) &= \frac{1}{4\hat{a}_{11}^2} V(\hat{a}_{14}) + \frac{1}{4\hat{a}_{11}^4} \left(\frac{t_1}{w} - \hat{a}_{14} \right)^2 V(\hat{a}_{11}) + \\ &\quad + \frac{1}{2\hat{a}_{11}^3} \left(\frac{t_1}{w} - \hat{a}_{14} \right) \text{CÔV}(\hat{a}_{11}, \hat{a}_{14}) , \end{aligned}$$

e como $\text{CÔV}(\hat{a}_{11}, \hat{a}_{14}) = 0$, e dispondo-se de $V(\hat{a}_{14})$ e $V(\hat{a}_{11})$, chega-se facilmente à expressão da estimativa da variância de x_1^* para os grupos de ensaios calculados neste trabalho:

$$V(x_1^*) = \frac{s^2}{48N\hat{a}_{11}^2} \left[\frac{\left(\frac{t_1}{w} - \hat{a}_{14} \right)^2}{\hat{a}_{11}} + \frac{1}{3} \right],$$

e admitindo-se que a distribuição de x_1^* seja aproximadamente normal, o intervalo de confiança de x_1^* é:

$$IC = \left[x_1^* - ts(x_1^*), x_1^* + ts(x_1^*) \right].$$

Fizeram-se analogamente os outros cortes.

2º Corte: $x_1 = 0$, $x_3 = 0$

$$\hat{y}_2 = \hat{y}(0, x_2, 0) = \hat{a}_0 + \hat{a}_{24}x_2 + \hat{a}_{22}x_2^2$$

$$L_2 = L(0, x_2, 0) = w\hat{y}_2 - t_2x_2 - m$$

$$\frac{dL_2}{dx_2} = 0 \implies x_2^* = \frac{1}{2\hat{a}_{22}} \left(\frac{t_2}{w} - \hat{a}_{24} \right)$$

$$\frac{d^2L_2}{dx_2^2} < 0 \implies \hat{a}_{22} < 0$$

$$V(x_2^*) = \frac{s^2}{48N\hat{a}_{22}^2} \left[\frac{\left(\frac{t_2}{w} - \hat{a}_{24} \right)^2}{\hat{a}_{22}} + \frac{1}{3} \right]$$

$$IC = \left[x_2^* - ts(x_2^*), x_2^* + ts(x_2^*) \right]$$

3º Corte: $x_1 = 0$, $x_2 = 0$

$$\hat{y}_3 = \hat{y}(0, 0, x_3) = \hat{a}_0 + \hat{a}_{34}x_3 + \hat{a}_{33}x_3^2 ,$$

$$L_3 = L(0, 0, x_3) = w\hat{y}_3 - t_3x_3 - m ,$$

$$\frac{dL_3}{dx_3} = 0 \implies x_3^* = \frac{1}{2\hat{a}_{33}} \left(\frac{t_3}{w} - \hat{a}_{34} \right) ,$$

$$\frac{d^2L_3}{dx_3^2} < 0 \implies \hat{a}_{33} < 0 ,$$

$$\hat{V}(x_3^*) = \frac{1}{48N\hat{a}_{33}^2} \left[\left(\frac{\frac{t_3}{w} - \hat{a}_{34}}{\hat{a}_{33}} \right)^2 + \frac{1}{3} \right] s^2 ,$$

$$IC = \left[x_3^* - ts(x_3^*) , x_3^* + ts(x_3^*) \right] .$$

4.2.3.5 - Análise da regressão e coeficiente de determinação total da superfície de resposta

De NEVES *et alii* (1960) e MORAES (1969), podemos concluir que o esquema da análise de variância da regressão é o seguinte.

Fontes de Variação	G.L.
Regressão	9
Desvios da Regressão	15
Tratamentos	24
Blocos	5
Resíduo	24
T o t a l	53

MORAES (1969) determinou a expressão da soma de quadrados da regressão para o caso do fatorial de 3^3 com uma repetição. Para o caso de duas repetições, obtêm-se de maneira análoga, como se segue:

$$SQ \text{ Reg} = \hat{\beta}'X'Y - C \quad ,$$

sendo,

$$\begin{aligned} \hat{\beta}'X'Y = & \left[\frac{1}{18} (N_1 + P_1 + K_1) - \frac{G}{27} \right] G + \frac{N''}{36} (N_0 + N_2) + \frac{P''}{36} (P_0 + P_2) + \\ & + \frac{K''}{36} (K_0 + K_2) + \frac{(N' \times P')^2}{24} + \\ & + \frac{(N' \times K')^2}{24} + \frac{(P' \times K')^2}{24} + \\ & + \frac{N'^2}{36} + \frac{P'^2}{36} + \frac{K'^2}{36} . \end{aligned}$$

Desenvolvendo a 2.^a expressão do 2º membro vem:

$$\begin{aligned}\frac{N''}{36} (N_0 + N_2) &= \frac{N''}{108} (3N_0 + 3N_2) = \frac{N''}{108} (3N_0 + 3N_2 + 2N_1 - 2N_1) \\ &= \frac{N''}{108} \left[(N_0 - 2N_1 + N_2) + 2(N_0 + N_1 + N_2) \right] \\ &= \frac{N''}{108} (N'' + 2G) = \frac{N''^2}{108} + \frac{N''G}{54},\end{aligned}$$

analogamente,

$$\frac{P''}{36} (P_0 + P_2) = \frac{P''^2}{108} + \frac{P''G}{54}$$

e,

$$\frac{K''}{36} (K_0 + K_2) = \frac{K''^2}{108} + \frac{K''G}{54},$$

então:

$$\begin{aligned}\hat{\beta}'X'Y &= \frac{G}{18} (N_1 + P_1 + K_1) - \frac{G^2}{27} + \frac{N''G}{54} + \frac{P''G}{54} + \frac{K''G}{54} + \frac{N''^2}{108} + \frac{P''^2}{108} + \\ &\quad + \frac{K''^2}{108} + \frac{(N' \times P')^2}{24} + \frac{(N' \times K')^2}{24} + \frac{(P' \times K')^2}{24} + \\ &\quad + \frac{N'^2}{36} + \frac{P'^2}{36} + \frac{K'^2}{36},\end{aligned}$$

Como:

$$\frac{N''^2}{108} = \frac{(N_0 - 2N_1 + N_2)^2}{108} = SQN'',$$

$$\frac{P''^2}{108} = \frac{(P_0 - 2P_1 + P_2)^2}{108} = SQP'' ,$$

$$\frac{K''^2}{108} = \frac{(K_0 - 2K_1 + K_2)^2}{108} = SQK'' ,$$

$$\frac{N'^2}{36} = \frac{(N_2 - N_0)^2}{36} = SQN' ,$$

$$\frac{P'^2}{36} = \frac{(P_2 - P_0)^2}{36} = SQP' ,$$

$$\frac{K'^2}{36} = \frac{(K_2 - K_0)^2}{36} = SQK' ,$$

$$\frac{(N' \times P')^2}{24} = \frac{(N_0 P_0 + N_2 P_2 - N_0 P_2 - N_2 P_0)^2}{24} = SQ N' \times P' ,$$

$$\frac{(N' \times K')^2}{24} = \frac{(N_0 K_0 + N_2 K_2 - N_0 K_2 - N_2 K_0)^2}{24} = SQ N' \times K' ,$$

$$\frac{(P' \times K')^2}{24} = \frac{(P_0 K_0 + P_2 K_2 - P_0 K_2 - P_2 K_0)^2}{24} = SQ P' \times K' ,$$

então:

$$\begin{aligned} \hat{\beta}'X'Y &= \frac{G}{18} (N_1 + P_1 + K_1) - \frac{G^2}{27} + \frac{N''G}{54} + \frac{P''G}{54} + \frac{K''G}{54} + SQN'' + \\ &+ SQP'' + SQK'' + SQN' + SQP' + \\ &+ SQK' + SQN' \times P' + SQN' \times K' + \\ &+ SQP' \times K' . \end{aligned}$$

Desenvolvendo os cinco primeiros termos do 2º membro da expressão anterior vem:

$$\begin{aligned}
 & \frac{3G}{54} (N_1 + P_1 + K_1) - \frac{G^2}{27} + \frac{N''G}{54} + \frac{P''G}{54} + \frac{K''G}{54} = \\
 & = \frac{G}{54} (3N_1 + 3P_1 + 3K_1 + N_0 - 2N_1 + N_2 + P_0 - 2P_1 + P_2 + K_0 - 2K_1 + K_2) - \frac{G^2}{27} , \\
 & = \frac{G}{54} [(N_0 + N_1 + N_2) + (P_0 + P_1 + P_2) + (K_0 + K_1 + K_2)] - \frac{G^2}{27} , \\
 & = \frac{3G^2}{54} - \frac{G^2}{27} = \frac{G^2}{54} = C ,
 \end{aligned}$$

logo:

$$\begin{aligned}
 \hat{\beta}'X'Y &= SQN' + SQN'' + SQP' + SQP'' + SQK' + SQK'' + SQN'xP' + \\
 & + SQN'xK' + SQP'xK' + C ,
 \end{aligned}$$

então:

$$\begin{aligned}
 SQ \text{ Reg} &= \hat{\beta}'X'Y - C = SQN' + SQN'' + SQP' + SQP'' + SQK' + SQK'' + \\
 & + SQN'xP' + SQN'xK' + SQP'xK' ,
 \end{aligned}$$

ou, simplesmente:

$$SQ \text{ Reg} = SQN + SQP + SQK + SQN'xP' + SQN'xK' + SQP'xK' ,$$

Com esse resultado, os testes F para regressão e para os desvios da regressão podem ser obtidos facilmente através de:

$$\frac{QM \text{ Regressão}}{QM \text{ Resíduo}} , \quad \frac{QM \text{ Desvios da Regressão}}{QM \text{ Resíduo}} ,$$

onde: SQ Desvios da Regressão = SQ Tratamentos - SQ Regressão.

O coeficiente de determinação total R^2 pode ser calculado através do coeficiente de correlação R entre y_1 e $\hat{y}_1$ por intermédio da seguinte expressão:

$$R = \frac{\sum y_1 \hat{y}_1 - \frac{(\sum y_1)(\sum \hat{y}_1)}{N}}{\sqrt{\left[\sum y_1^2 - \frac{(\sum y_1)^2}{N} \right] \left[\sum \hat{y}_1^2 - \frac{(\sum \hat{y}_1)^2}{N} \right]}}$$

Esta fórmula, segundo PIMENTEL GOMES e NOGUEIRA(1964)

se reduz a:

$$R = \sqrt{\frac{\text{SQ Regressão}}{\text{SQ Total}}}$$

No caso de haver repetições para os tratamentos e , consequentemente, não serem necessariamente nulos, os desvios da regressão, a fórmula acima passa a ser:

$$R = \sqrt{\frac{\text{SQ Regressão}}{\text{SQ Tratamentos}}}$$

ou,

$$R^2 = \frac{\text{SQ Regressão}}{\text{SQ Tratamentos}}$$

com a qual foram obtidos os coeficientes de determinação total.

4.2.4 - O trinômio do segundo grau

4.2.4.1 - Estimativa dos parâmetros e de seus respectivos intervalos de confiança

Dada a função de produção:

$$Y = a + bx + cx^2 \quad ,$$

onde a variável x_i foi codificada em -1, 0, 1, através da transformação:

$$x_i = \frac{X_i - \bar{X}}{q} \quad ,$$

matricialmente temos:

$$X = \begin{bmatrix} 1 & -1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad , \quad Y = \begin{bmatrix} \bar{Y}_0 \\ \bar{Y}_1 \\ \bar{Y}_2 \end{bmatrix} \quad e, \quad X'Y = \begin{bmatrix} \bar{Y}_0 + \bar{Y}_1 + \bar{Y}_2 \\ \bar{Y}_2 - \bar{Y}_0 \\ \bar{Y}_2 + \bar{Y}_0 \end{bmatrix}$$

onde $\bar{Y}_0$, $\bar{Y}_1$ e $\bar{Y}_2$ são respectivamente as produções médias relativas às doses 0, 1 e 2 do nutriente em questão.

Assim, pela teoria da regressão:

$$X'X = S = \begin{bmatrix} 3 & 0 & 2 \\ 0 & 2 & 0 \\ 2 & 0 & 2 \end{bmatrix} \quad ,$$

$$(X'X)^{-1} = S^{-1} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 0 & 1/2 & 0 \\ -1 & 0 & 3/2 \end{bmatrix} ,$$

$$\hat{\beta} = S^{-1} X'Y = \begin{bmatrix} \bar{Y}_1 \\ (\bar{Y}_2 - \bar{Y}_0)/2 \\ (\bar{Y}_0 - 2\bar{Y}_1 + \bar{Y}_2)/2 \end{bmatrix} .$$

Comparando-se esse resultado com o obtido nos cortes da superfície, facilmente chega-se às seguintes conclusões:

Para o nitrogênio: $\hat{b} = \hat{a}_{14}$

$$\hat{c} = \hat{a}_{11}$$

Para o fósforo: $\hat{b} = \hat{a}_{24}$

$$\hat{c} = \hat{a}_{22}$$

Para o potássio: $\hat{b} = \hat{a}_{34}$

$$\hat{c} = \hat{a}_{33}$$

A matriz de dispersão, nesse caso, seria:

$$D = \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 0 & 1/2 & 0 \\ -1 & 0 & 3/2 \end{bmatrix} \sigma^2 ,$$

ou, como no caso dos ensaios individuais, os totais de cada tratamento são provenientes de 18 parcelas, as estimativas das variâncias e covariâncias das estimativas dos parâmetros são:

$$\hat{V}(\hat{a}) = \frac{s^2}{18} ;$$

$$\hat{V}(\hat{b}) = \frac{s^2}{36} ;$$

$$\hat{V}(\hat{c}) = \frac{s^2}{12} ;$$

$$\text{CÔV}(\hat{a}, \hat{c}) = - \frac{s^2}{18} ;$$

$$\text{CÔV}(\hat{a}, \hat{b}) = \text{CÔV}(\hat{b}, \hat{c}) = 0 ;$$

onde $s^2 = \text{QMR}$.

Para os grupos de ensaios, essas estimativas passam a ser:

$$\hat{V}(\hat{a}) = \frac{s^2}{18N} ;$$

$$\hat{V}(\hat{b}) = \frac{s^2}{36N} ;$$

$$\hat{V}(\hat{c}) = \frac{s^2}{12N} ;$$

$$\text{CÔV}(\hat{b}, \hat{c}) = - \frac{s^2}{18N} ;$$

$$\text{CÔV}(\hat{a}, \hat{b}) = \text{CÔV}(\hat{b}, \hat{c}) = 0 ;$$

onde s^2 passa a ser o quadrado médio da interação Ensaio por Nutriente, já que, nesse caso, o nitrogênio, o fósforo e o potássio são estudados separadamente e testados em relação a essas interações.

Os intervalos de confiança dos parâmetros dessa regressão, para o caso dos grupos de $\underline{N}$ ensaios, serão portanto:

$$IC = \left[\hat{a} - 0,24 \frac{ts}{\sqrt{N}} , \hat{a} + 0,24 \frac{ts}{\sqrt{N}} \right] ,$$

$$IC = \left[\hat{b} - 0,17 \frac{ts}{\sqrt{N}} , \hat{b} + 0,17 \frac{ts}{\sqrt{N}} \right] ,$$

$$IC = \left[\hat{c} - 0,29 \frac{ts}{\sqrt{N}} , \hat{c} + 0,29 \frac{ts}{\sqrt{N}} \right] ,$$

onde $\underline{t}$ foi tomado ao nível de 95% de probabilidade e com um número de graus de liberdade referente à interação ensaios por nutriente.

Para o caso do calcário, as estimativas das variâncias para os grupos de $\underline{N}$ ensaios são:

$$V(\hat{a}) = \frac{s^2}{6N} ;$$

$$V(\hat{b}) = \frac{s^2}{12N} ;$$

$$V(\hat{c}) = \frac{s^2}{4N} ;$$

$$CÔV(\hat{a}, \hat{c}) = - \frac{s^2}{6N} ;$$

$$CÔV(\hat{a}, \hat{b}) = CÔV(\hat{b}, \hat{c}) = 0 .$$

Os intervalos de confiança dos parâmetros foram determinados, nesse caso, através de:

$$IC = \left[\hat{a} - 0,41 \frac{ts}{\sqrt{N}} , \hat{a} + 0,41 \frac{ts}{\sqrt{N}} \right] ,$$

$$IC = \left[\hat{b} - 0,29 \frac{ts}{\sqrt{N}} , \hat{b} + 0,29 \frac{ts}{\sqrt{N}} \right] ,$$

$$IC = \left[\hat{c} - 0,50 \frac{ts}{\sqrt{N}} , \hat{c} + 0,50 \frac{ts}{\sqrt{N}} \right] ,$$

onde $s^2 = QM(ExC)$.

4.2.4.2 - As doses econômicas e seus intervalos de confiança

Como no caso dos cortes da superfície, facilmente chega-se à fórmula da dose economicamente aconselhável dos nutrientes (N , P_2O_5 e K_2O), bem como seus intervalos de confiança para o caso dos grupos de $\underline{N}$ ensaios.

$$x^* = \frac{1}{2\hat{c}} \left(\frac{t}{w} - \hat{b} \right) , \quad \hat{c} < 0 ,$$

$$\hat{V}(x^*) = \frac{s^2}{48N\hat{c}^2} \left[\left(\frac{\frac{t}{w} - \hat{b}}{\hat{c}} \right)^2 + \frac{1}{3} \right] .$$

Admitindo-se que a distribuição de x^* seja aproximadamente normal:

$$IC = \left[x^* - ts(x^*) , x^* + ts(x^*) \right] .$$

Para o caso do calcário, a expressão aproximada da variância de x^* e seus intervalos de confiança foram determinados através de:

$$\hat{V}(x^*) = \frac{s^2}{16N\hat{c}^2} \left[\frac{\frac{t}{w} - \hat{c}}{\hat{c}}^2 + \frac{1}{3} \right] ,$$

$$IC = \left[x^* - ts(x^*) , x^* + ts(x^*) \right] ,$$

e para o cálculo das doses economicamente aconselháveis de calcário, foi considerada a relação: $\frac{w}{t} = 10$.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como foi visto no capítulo anterior, os dados utilizados neste trabalho constam de 37 ensaios fatoriais 3^3 de N, P e K, com duas repetições, e 34 ensaios em blocos casualizados, com seis repetições, onde o tratamento estudado foi o calcário, também em três níveis. Com base nesses ensaios, e considerando os fatores climáticos e edáficos, além das variâncias residuais de cada experimento, foi possível a formação de nove grupos distintos, assim distribuídos:

Regiões	Grupos
Mata	1
Agreste	2, 3, 4, 5, 6
Sertão	7, 8, 9

As análises individuais e conjuntas foram feitas segundo os esquemas mostrados em 4.2.2. Os desvios padrão, coeficientes de variação e as análises estatísticas, por elemento, se encontram nas Tabelas 3 a 6, do apêndice.

Pelas Tabelas 3 e 4 observa-se a grande amplitude dos coeficientes de variação dos ensaios individuais, notadamente para os ensaios fatoriais que variaram de 12,4% a 45,1%. Entretanto, com a formação dos grupos, não só esses coeficientes se tornaram mais homogêneos, como se situaram numa faixa tida como aceitável.

Os resultados mostrados nas Tabelas 5 e 6, demonstram uma predominância do efeito do nitrogênio, sendo significativo em 7 dos 9 grupos e, na maioria, ao nível de 1% de probabilidade. Em segundo lugar colocaram-se o fósforo e o potássio com apenas dois casos favoráveis, sendo, entretanto, o efeito do fósforo mais acentuado que o do potássio. Quanto ao calcário, dos 8 grupos estudados, reagiu em apenas 2 casos e mesmo assim com valores de F observados bem próximos dos teóricos, ao nível de 5% de probabilidade. É interessante salientar que o acréscimo da produção da dose 2 de calcário, em relação à testemunha, foi muito pequeno, sendo, inclusive, negativo em alguns casos.

Estes resultados concordam com os obtidos por PIMENTEL GOMES e CAMPOS (1966) quando afirmam haver uma predominância do efeito do nitrogênio sobre o fósforo, o potássio e o calcário, nos diversos tipos de solos e em diferentes regiões brasileiras. De uma

certa forma, as outras conclusões obtidas pelos autores foram também concordantes com as do presente trabalho.

5.1 - O Ajustamento da Regressão Polinomial Quadrática

5.1.1 - Resultados e discussão dos parâmetros e seus respectivos intervalos de confiança

As estimativas dos parâmetros da regressão polinomial quadrática, segundo a teoria desenvolvida em 4.2.3.1 são obtidas com grande facilidade, sendo necessário apenas dispor dos quadros das interações. As estimativas dos parâmetros dos ensaios individuais e dos grupos de ensaios, bem como seus intervalos de confiança, ao nível de 95% de probabilidade, podem ser vistos nas Tabelas 7 e 8, do apêndice.

Em um rápido exame dessas tabelas, observa-se a grande amplitude dos intervalos de confiança dos parâmetros, mesmo para os grupos de ensaios onde a variação deveria ser teoricamente bem menos acentuada.

No caso dos grupos de ensaios, com exceção do parâmetro a_0 , que apresentou intervalos de confiança com amplitudes variando de 10% a 40% do valor de suas estimativas, os demais parâmetros, em sua grande maioria, apresentaram intervalos de grandes amplitudes e, em alguns casos, até absurdos, principalmente os de estimativas próximas de zero, que poderiam assumir valores positivos e nega

tivos dentro do intervalo de confiança considerado, fato esse que, para os coeficientes dos termos quadráticos, significa a reversão de tendência para máximo ou para mínimo ou para ponto de sela.

O teste t dos parâmetros das regressões, para o caso dos grupos de ensaios, apresentou os seguintes resultados:

GRUPOS	PARÂMETROS									
	a_0	a_{11}	a_{22}	a_{33}	a_{12}	a_{13}	a_{23}	a_{14}	a_{24}	a_{34}
1	9,58**	1,78	2,46*	2,59	1,17	1,95	0,20	4,63**	1,66	0,48
2	26,84**	2,41*	2,13*	0,01	3,17**	0,32	2,56*	22,87**	6,26**	0,76
3	36,38**	4,23**	0,91	1,91	1,74	0,52	0,41	13,50**	3,87**	1,54
4	20,68**	2,33*	4,13**	0,52	5,65**	2,93**	0,49	12,14**	11,10**	1,70
5	30,72**	7,26**	4,40**	3,38**	4,19**	0,05	1,35	22,88**	9,73**	3,00**
6	30,04**	1,90	2,70**	0,82	0,95	0,54	1,67	6,50**	6,33**	1,29
7	25,31**	0,48	1,16	1,20	0,58	0,77	2,39*	8,03**	0,31	1,25
8	27,30**	3,62**	0,13	0,03	0,28	1,98	0,62	2,08*	0,84	0,25
9	23,07**	3,29**	0,42	3,81**	0,32	1,75	1,37	18,38**	1,12	1,18

* = significativo ao nível de 5% de probabilidade;

** = significativo ao nível de 1% de probabilidade.

O quadro acima nos mostra a predominância dos efeitos dos parâmetros dos termos lineares em relação aos dos termos quadráticos e das interações, sendo significativos em quase sua totalidade, ao nível de 1% de probabilidade. Os coeficientes dos termos quadráticos também apresentaram vários casos significativos, se bem que menos acentuadamente, enquanto que, os coeficientes dos termos

das interações apresentaram poucos casos. Talvez a exclusão desses termos do modelo, já que são de pouca monta, não influa no ajustamento aos dados, como observaram CAMPOS e ARAÚJO (1971), o que nos permite sugerir, para estudos posteriores, a exclusão desses parâmetros da regressão. Essa recomendação é reforçada pelas conclusões obtidas por CAMPOS e PIMENTEL GOMES (1976), quando afirmam serem as interações lineares $N \times P$, $N \times K$ e $P \times K$ de importância secundária e, na maioria dos casos, de pouca monta se comparadas aos efeitos principais, quando se consideram doses moderadas de nutrientes, como tivemos oportunidade de verificar.

5.1.2 - Os intervalos de confiança das estimativas dos rendimentos

Através da teoria desenvolvida em 4.2.3.2, as estimativas dos rendimentos dos 27 tratamentos fatoriais dos grupos de ensaios foram determinadas como mostra a Tabela 12 do apêndice. Nessa Tabela, também foram determinados os intervalos de confiança desses rendimentos, ao nível de 95% de probabilidade, permitindo-nos tirar as seguintes conclusões:

1) A imprecisão com que são determinados os parâmetros reflete-se na dos rendimentos, embora menos acentuadamente, em virtude das expressões que determinam as variâncias para cada tratamento. À medida que os grupos se tornam mais numerosos, essas variâncias vão decrescendo, implicando em intervalos de confiança mais curtos.

Outro fator que influi na grandeza dessa dispersão, é a variância média residual dos grupos que, por sua vez, depende da dos ensaios individuais que as compõem. Essas conclusões concordam plenamente com as obtidas por CAMPOS (1967) quando afirma ser recomendada a regressão polinomial apenas para grupos de ensaios de boa precisão.

2) Os intervalos de confiança das estimativas dos rendimentos, de uma maneira geral apresentaram amplitudes superiores a 10% desses rendimentos, resultado esse que discorda dos conseguidos por COSTA (1977), que obteve intervalos bem mais curtos. O fato provavelmente se deve à pequena variância residual obtida por esse autor para o grupo que tomou como exemplo.

3) Na grande maioria dos casos, as produções observadas situaram-se dentro do intervalo de confiança, mais acentuadamente, entretanto, nos casos onde os coeficientes de determinação total foram altos.

4) Não foram observados, para os grupos de ensaios, intervalos de confiança que permitissem estimativas negativas para os rendimentos. Entretanto, a hipótese de obtê-las não deve ser descartada, principalmente nos casos onde a variância residual seja bastante alta e os rendimentos baixos.

5) Em vários casos, os rendimentos observados e estimados foram bastante discrepantes, reflexos, sem dúvida, da imprecisão com que foram determinadas as estimativas dos parâmetros da regressão.

Logo, a estimação dos rendimentos através dessa superfície deve ser olhada com uma certa reserva.

5.1.3 - As doses ótimas de N, P_2O_5 e K_2O e discussão do máximo

A solução do sistema de equações:

$$\begin{cases} 2\hat{a}_{11}x_1 + \hat{a}_{12}x_2 + \hat{a}_{13}x_3 = t_1/w - \hat{a}_{14} \\ \hat{a}_{12}x_1 + 2\hat{a}_{22}x_2 + \hat{a}_{23}x_3 = t_2/w - \hat{a}_{24} \\ \hat{a}_{13}x_1 + \hat{a}_{23}x_2 + 2\hat{a}_{33}x_3 = t_3/w - \hat{a}_{34} \end{cases}$$

pode nos conduzir a uma receita líquida máxima, se as seguintes condições forem satisfeitas:

$$1) \Delta_1 < 0$$

$$2) \frac{\Delta_2}{\Delta_1} < 0$$

$$3) \frac{\Delta_3}{\Delta_2} < 0$$

onde:

$$\Delta_1 = 2\hat{a}_{11}$$

$$\Delta_2 = \begin{vmatrix} 2\hat{a}_{11} & \hat{a}_{12} \\ \hat{a}_{12} & 2\hat{a}_{22} \end{vmatrix}$$

$$\Delta_3 = \begin{vmatrix} 2\hat{a}_{11} & \hat{a}_{12} & \hat{a}_{13} \\ \hat{a}_{12} & 2\hat{a}_{22} & \hat{a}_{23} \\ \hat{a}_{13} & \hat{a}_{23} & 2\hat{a}_{33} \end{vmatrix}$$

Segundo CAMPOS (1967), uma condição necessária para que a função de receita líquida, no ponto $\{x_1^+, x_2^+, x_3^+\}$, seja máxima, é que os coeficientes $\hat{a}_{11}$, $\hat{a}_{22}$ e $\hat{a}_{33}$ sejam todos negativos. Então, conseqüentemente, para que essa função admita um mínimo no ponto considerado é necessário que esses mesmos coeficientes sejam todos positivos.

As soluções dos sistemas de equações, bem como os elementos da matriz diagonal D, para os nove grupos de ensaios, estão na Tabela 13 do apêndice. Além desses casos, foi verificado, também, a dos ensaios individuais que apresentaram coeficientes: $\hat{a}_{11}$, $\hat{a}_{22}$, $\hat{a}_{33}$, de mesmo sinal, e que poderiam, portanto, dar pontos de máximo ou de mínimo.

Num rápido balanço dos resultados e conclusões obtidas nesse parágrafo temos:

- 1) Para os grupos de ensaios, todos os pontos obtidos foram de sela. Algumas justificativas podem ser dadas ao fato, tais como:
 - a) A pouca tendência ao efeito quadrático negativo, simultaneamente para o nitrogênio, o fósforo e o potássio, excluindo, de início, a possibilidade de obtenção do máximo para os grupos;
 - b) Sendo as estimativas dos parâmetros da regressão para os grupos de ensaios a média aritmética dos respectivos parâmetros estimados dos ensaios individuais, seria necessário, portanto, que a soma algébrica dos coeficientes de

cada termo quadrático fosse negativa. Assim, se observarmos, por exemplo, os coeficientes dos termos quadráticos dos ensaios que compõem o grupo 3, vamos notar que todos os seis coeficientes $\hat{a}_{33}$ são positivos, excluindo, de início, a obtenção do máximo nesse caso. Aliás, o efeito quadrático positivo e bem acentuado do potássio foi observado na grande maioria dos casos, dificultando a obtenção de uma receita líquida máxima para as soluções encontradas,

c) O número reduzido de ensaios dos grupos.

2) Dos oito ensaios individuais, cujos coeficientes $\hat{a}_{11}$, $\hat{a}_{22}$ e $\hat{a}_{33}$ foram negativos, seis deles nos conduziram, de fato, a uma receita líquida máxima, como pode ser observado no quadro abaixo.

Ensaio	N (kg/ha)	P ₂ O ₅ (kg/ha)	K ₂ O (kg/ha)	Δ_1	Δ_2/Δ_1	Δ_3/Δ_2
2.1	175,9	-124,8	-127,9	-577,0	-512,2	-121,1
2.4	102,9	123,1	-66,2	-696,2	-73,7	-9,8
6.1	93,3	-315,5	-42,7	-583,4	-88,7	-164,6
8.4	-47,7	-147,8	-33,6	-500,8	-167,0	-330,5
8.5	31,3	13,9	23,5	-1364,4	-322,4	-204,8
9.3	176,6	26,5	27,2	-491,0	-464,3	-1036,0

Desses, o ensaio 8.5, lançado em Petrolândia em 1974, foi o único que apresentou doses econômicas dentro do intervalo pesquisado, ou seja: 31,3 kg/ha, 13,9 kg/ha e 23,5 kg/ha de N, P_2O_5 e K_2O respectivamente.

3) Não foram observadas soluções que conduzissem a uma receita líquida mínima.

5.1.4 - Resultados e discussão dos cortes dados na superfície

Através da teoria desenvolvida em 4.2.3.4, foram estudados o comportamento de cada variável quando fixadas a duas outras, em suas doses médias. As doses economicamente aconselháveis dos nutrientes: nitrogênio, fósforo e potássio, bem como os intervalos de confiança, ao nível de 95% de probabilidade, estão na Tabela 14 do apêndice.

Como se pode deduzir dessa Tabela, dos 17 casos em que a dose x^* nos conduziu a uma receita líquida máxima, 14 deles estão situados dentro da faixa explorada pelo ensaio. Desses 14 casos, 9 apresentaram intervalos de confiança que também não extrapolaram essa faixa, sendo portanto viável na maioria dos casos a recomendação com base nesses resultados, levando-se em conta, é claro, as imperfeições do método de estimação e do número reduzido de dados com que foram determinadas essas doses, não devendo, portanto, serem tomadas como definitivas as conclusões a que chegamos e sim, como ori

entação para trabalhos subsequentes, principalmente se considerarmos as amplitudes dos intervalos de confiança das doses obtidas, que só em poucos casos foram razoáveis.

No quadro a seguir apresentamos um resumo dessas recomendações, onde a linha pontilhada significa que a dose obtida extrapolou o intervalo pesquisado.

Municípios	N (kg/ha)	P ₂ O ₅ (kg/ha)	K ₂ O (kg/ha)
Vitória de Santo Antão	mínimo	17,3	mínimo
Glória do Goitá e Limoeiro	...	34,2	zero
Surubim e Vertentes	51,6	zero	mínimo
Timbaúba e Vicência	71,0	69,7	29,0
Caruaru	73,6	54,3	mínimo
Bom Conselho e Garanhuns	20,1	33,4	mínimo
Serra Talhada	mínimo	zero	mínimo
Belém do São Francisco e Petrolândia	33,7	mínimo	mínimo
Tacaratu	96,5	mínimo	29,2

Os intervalos de confiança das doses economicamente aconselháveis para o nitrogênio, o fósforo e o potássio, foram determinados mesmo para os casos onde os coeficientes dos termos quadráticos não diferiram significativamente de zero, apesar de que não se deva proceder de tal forma nesses casos (D'AULÍSIO, 1976). Um resultado que elucida muito bem a impropriedade de tal procedimento,

foi o da dose de potássio do grupo 2, cujo valor de t do parâmetro a_{33} foi de 0,099, valor este muito baixo e não significativo, implicando na absurda amplitude de 9250,4 kg/ha para o intervalo de confiança, conforme se verifica na Tabela 14 do apêndice. Por outro lado, foram razoáveis os intervalos de confiança das doses de nitrogênio dos grupos 3 e 5 e do fósforo do grupo 4, justamente os valores de t mais altos e significativos ao nível de 1% de probabilidade.

5.1.5 - Valores de F das regressões e dos desvios das regressões, e coeficientes de determinação total

De 4.2.3.4 obteve-se a seguinte expressão que determina a soma de quadrados da regressão:

$$SQ_{Reg} = SQ_N + SQ_P + SQ_K + SQ_N'xP' + SQ_N'xK' + SQ_P'xK' ,$$

e, conseqüentemente, os valores de F da regressão e dos desvios da regressão, são obtidos respectivamente através de:

$$\frac{QM_{Regressão}}{QM_{Resíduo}} , \quad \frac{QM_{Desvios da Regressão}}{QM_{Resíduo}} ,$$

onde: $SQ_{Desvios da Regressão} = SQ_{Tratamentos} - SQ_{Regressão}$.

Os coeficientes de determinação total, para o caso presente, foram obtidos através da seguinte relação:

$$R^2 = \frac{SQ_{Regressão}}{SQ_{Tratamentos}} .$$

Em uma rápida análise na Tabela 11 (Apêndice), onde foram determinados os valores de F das regressões e dos desvios das regressões, bem como os coeficientes de determinação total, temos:

1) Para os grupos de ensaios, com exceção do 1 e do 8, o ajustamento pode ser considerado satisfatório, uma vez que apresentaram valores de F significativos ao nível de 1% de probabilidade, teste F para os desvios da regressão não significativo e coeficientes de determinação total entre 80% e 95%.

2) Os grupos 2 e 5 foram os que apresentaram melhores resultados quanto ao ajustamento, com valores de F bastante significativos e coeficientes de determinação total entre 94% e 95%. A mesma coisa, entretanto, não pode ser dita com relação aos grupos 1 e 8, apesar de não terem apresentado valores de F para os desvios da regressão significativos ao nível de 5% de probabilidade.

3) Os ensaios individuais não apresentaram valores de F significativos para os desvios da regressão, com exceção do 4.1 e 5.4, mesmo assim, com F para regressão altamente significativo.

4) Observou-se que os valores de F das regressões e dos desvios da regressão, bem como dos coeficientes de determinação total dos grupos, situam-se próximos dos obtidos para os ensaios individuais que os compõem. Assim, quanto melhor for o ajustamento dos ensaios individuais que compõem um determinado grupo, mais afinidade existe entre ele e o modelo.

5.2 - O Uso do Trinômio do Segundo Grau

Os valores das estimativas dos parâmetros e respectivos desvios padrão do trinômio do segundo grau, para nitrogênio, fósforo, potássio e calcário, estão contidos nas Tabelas 9 e 10 do apêndice. Da comparação dessas estimativas com aquelas obtidas para os cortes da superfície, de acordo com 4.2.4.1, chegou-se às seguintes conclusões:

a) Para o nitrogênio: $\hat{b} = \hat{a}_{14}$,

$$\hat{c} = \hat{a}_{11} ;$$

b) Para o fósforo: $\hat{b} = \hat{a}_{24}$,

$$\hat{c} = \hat{a}_{22} ;$$

c) Para o potássio: $\hat{b} = \hat{a}_{34}$,

$$\hat{c} = \hat{a}_{33} .$$

Em decorrência disso, as fórmulas que estimam as doses economicamente aconselháveis de nitrogênio, fósforo e potássio passam a ser iguais em ambos os casos, sendo, portanto, desnecessária a sua determinação pelo trinômio do segundo grau. Para o calcário, entretanto, foram determinadas essas doses, bem como seus intervalos de confiança ao nível de 95% de probabilidade, através das expressões deduzidas em 4.2.4.2. Os resultados obtidos para os grupos de ensaios constam da Tabela 15 do apêndice, de onde tirou-se as seguintes conclusões:

1) Em nenhum caso, as doses ótimas de calcário ultrapassaram os 2000 kg/ha, não sendo necessário, portanto, a recomendação por extrapolação.

2) Parece ser razoável a recomendação de 1000 kg/ha de calcário para os locais que constituem os grupos 1, 3, 4 e 6, principalmente porque será necessário apenas um acréscimo de produção da ordem de 100 kg/ha de milho em grão para compensar os gastos com esse corretivo, considerando-se os preços que foram tomadas por base neste trabalho e sem considerar a mão-de-obra.

3) Para os municípios de Glória do Goitá e Limoeiro, a calagem não é recomendada, uma vez que a dose obtida foi negativa.

4) Mesmo considerando que os coeficientes dos termos quadráticos não diferiram significativamente de zero, as recomendações feitas para o calcário não se invalidam, dado o baixo preço desse corretivo.

6. CONCLUSÕES

Do presente trabalho, pode-se concluir, de uma maneira geral:

1 - Dos 9 grupos de ensaios em 14 municípios da Zona da Mata ao Sertão, apenas em Serra Talhada e Tacaratu o efeito do nitrogênio não foi significativo. Em alguns casos, o aumento de produção da dose 2 em relação à ausência de nitrogênio foi de quase 2000 kg/ha. Tudo leva a crer que há uma grande predominância do efeito desse nutriente sobre o do fósforo, do potássio e do calcário, em todos os tipos de clima e solo, onde se cultiva o milho, no Estado de Pernambuco.

2 - De uma maneira geral, os parâmetros da regressão polinomial quadrática para os grupos de ensaios apresentaram intervalos de confiança bastante amplos e, em alguns casos, até absurdos, principal

mente os de estimativas próximas de zero, que poderiam assumir valores positivos ou negativos dentro de seus intervalos. Neste caso, para os coeficientes dos termos quadráticos, significa a reversão de tendência para máximo ou para mínimo, ou para ponto de sela.

3 - Raramente os parâmetros das interações do modelo polinomial quadrático apresentaram significância estatística. Por isso, talvez fosse interessante, em estudo posterior, a exclusão desses termos do modelo com a finalidade de se verificar o seu comportamento.

4 - A imprecisão com que são determinados os parâmetros da regressão polinomial quadrática, reflete-se na dos rendimentos, embora menos acentuadamente.

5 - Na maioria dos casos, as produções observadas situaram-se dentro do intervalo de confiança dos rendimentos, mais acentuadamente nos casos onde os coeficientes de determinação total foram altos.

6 - Com exceção dos grupos 1 e 8, o ajustamento da superfície de resposta aos dados pode ser considerado como razoável.

7 - Para os grupos de ensaios, todos os pontos obtidos da solução do sistema de equações das derivadas parciais de primeira ordem da função de receita líquida foram de sela.

8 - As doses economicamente aconselháveis de N, P_2O_5 e K_2O , obtidas com os cortes da superfície, são as que constam do quadro seguinte, onde a linha pontilhada significa que a dose obtida extrapolou o intervalo pesquisado.

Municípios	N (kg/ha)	P ₂ O ₅ (kg/ha)	K ₂ O (kg/ha)
Vitória de Santo Antão	mínimo	17,3	mínimo
Glória do Goitá e Limoeiro	...	34,2	zero
Surubim e Vertentes	51,6	zero	mínimo
Timbauba e Vicência	71,0	69,7	29,0
Caruaru	73,6	54,3	mínimo
Bom Conselho e Garanhuns	20,1	33,4	mínimo
Serra Talhada	mínimo	zero	mínimo
Belém do São Francisco e Petrolândia	33,7	mínimo	mínimo
Tacaratu	96,5	mínimo	29,2

9 - As doses economicamente aconselháveis de nitrogênio, fósforo e potássio, são as mesmas nos cortes da superfície e no trinômio do segundo grau, no caso da codificação da variável x_1 em -1, 0 e 1.

10 - As doses ótimas de calcário, obtidas pelo trinômio do segundo grau, indicaram como razoável a quantidade de 1000 kg/ha desse corretivo para os grupos 1, 3, 4 e 6, enquanto que para o grupo 2 a calagem não é recomendada. Para os demais grupos, as doses x^* nos conduziram a uma receita líquida mínima.

11 - A obtenção do máximo, através da regressão polinomial quadrática, torna-se problemática quando os grupos são constituídos de poucos ensaios e suas precisões deixam muito a desejar, como foi o caso do presente trabalho.

12 - Os intervalos de confiança para a dose economicamente recomendável, calculados em casos em que o coeficiente do termos quadrático não diferiu significativamente de zero, deram resultados absurdos, o que comprova ser esse cálculo desaconselhável nessas circunstâncias.

13 - As recomendações feitas neste trabalho não merecem muita confiança, em virtude do pequeno número de ensaios de que dispuzemos, não devendo, portanto, serem encaradas como definitivas. Entretanto, dão, sem dúvida, uma boa indicação para trabalhos subsequentes.

7. SUMMARY

Having in view recommendations for the fertilization of maize in the State of Pernambuco (Brasil), 3^3 factorial experiments with N, P and K, each with 2 replications with confounding (group w). Three additional treatments were included for limestone in each block of 6 plots.

Nine groups of trials were considered, including 14 counties and 3 ecological regions.

The following quadratic polynomial was fitted to the data of each group:

$$Y = a_0 + a_{11}x_1^2 + a_{22}x_2^2 + a_{33}x_3^2 + a_{12}x_1x_2 + a_{13}x_1x_3 + a_{23}x_2x_3 + a_{14}x_1 + a_{24}x_2 + a_{34}x_3$$

The following topics were studied:

1. Estimation and testing of the parameters, and calculation of confidence intervals for them.
2. Confidence intervals for the calculated yields.
3. Optimum dressings of N, P_2O_5 and K_2O .
4. Section of the response surface by planes parallel to the coordinated axes.
5. Coefficient of determination.

When dealing with limestone, the optimum dressing was obtained with the aid of a one-variable second degree polynomial.

The main conclusions obtained were:

1. Confidence intervals for regression polynomials parameters were very wide and sometimes absurd. The calculated yield were too variable also, even if not as much as the estimates of the parameters.
2. Parameters referring to the interaction terms were not significant, suggesting their elimination in future cases.
3. The response surfaces obtained were considered acceptable, except in groups 1 and 8.
4. Sections of the response surface led to the following recommendations.

Groups	N (kg/ha)	P ₂ O ₅ (kg/ha)	K ₂ O (kg/ha)
1	Minimum	17.3	Minimum
2	...	34.2	Zero
3	51.6	Zero	Minimum
4	71.0	69.7	29.0
5	73.6	54.3	Minimum
6	20.1	33.4	Minimum
7	Minimum	Zero	Minimum
8	33.7	Minimum	Minimum
9	96.5	Minimum	29.2

The dots indicate a solution with dangerous extrapolation.

5. Confidence intervals for the optimum dressing calculated in cases where the coefficient of the quadratic term was non-significant gave absurd results, which shows that this procedure is not advisable in such cases.

6. For groups 1, 3, 4 and 6 the use of 1000 kg./ha of limestone is advisable, while for group 2 limestone should not be applied, For the other group there was a minimum, instead of a maximum.

7. Quadratic polynomial regression, as expected, was not convenient to detect optimum dressings in groups of a few trials of low precision.

8. Recommendations showed in this paper are not very reliable, since they were obtained from a small number of experiments. However they may be good suggestions for future research.

8. BIBLIOGRAFIA

BOX, G.E.P. e K.B. WILSON, 1951. On the Experimental Attainment of Optimum Conditions. Journ. Roy. Stat. Soc. Série B. 13: 1-45.

CAMPOS, H., 1967. Aspectos da Aplicação das Superfícies de Resposta a Ensaios Fatoriais 3^3 de Adubação. Piracicaba. 82 pp. (Tese de Livre-Docência).

CAMPOS, H. e P.C. ARAÚJO, 1971. Aspectos da Adubação do Milho. Departamento de Ciências Sociais Aplicadas, ESALQ/USP. Piracicaba. 41 pp.

CAMPOS, H. e F. PIMENTEL GOMES (1976). As Interações em Grupos de Experimentos de Adubação de Milho. Rev. Agricultura, Piracicaba, 51: 5-16.

COCHRAN, W.G. e G.M. COX, 1957. Experimental Designs. 3ª ed. Nova York. John Wiley and Sons. 611 pp.

- COSTA, R.A., 1977. Funções de Produção Ajustadas a Ensaios Fatoriais 3^3 de Adubação de Arroz. Piracicaba. 80 pp. (Dissertação de Mestrado).
- D'AULÍSIO, M.de B.G., 1976. A Variância dos Pontos de Máximo ou de Mínimo de Equações de Regressão de Segundo Grau. Piracicaba. 61 pp. (Dissertação de Mestrado).
- FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 1976. Anuário Estatístico Brasileiro. Rio de Janeiro. 813 pp.
- HEADY, E.O. e J.T. PESEK, 1954. A Fertilizer Production Surface with Specification of Economic Optima for Corn Grown on Calcareous Ida Silt. Loam. Jorn. Farm. Econ. Philadelphia, Penn, 36: 466-482.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA e MINISTÉRIO DO INTERIOR, 1974/75. Levantamento Exploratório - Reconhecimento de Solos do Estado de Pernambuco, 2º Volume. Recife.
- MORAES, R.S., 1969. Superfícies de Resposta num Ensaio Fatorial de Adubação com Níveis Não-Equidistantes. Piracicaba. 58 pp. (Tese de Doutorado).
- NEVES, D.S. e outros, 1960. Ensaios de Adubação do Algodoeiro. Boletim nº 114 do Instituto Agrônomo de Campinas. Campinas. 33 pp.
- OLIVEIRA, L.M., 1974. Eficiência de Delineamentos Para Ajustamento de Superfícies de Resposta. Piracicaba. 61 pp. (Dissertação de Mestrado).
- PERLIS, S., 1958. Theory of Matrices. 3ª ed. Cambridge, Mass. Addison-Wesley Publishing. 237 pp.

- PIMENTEL GOMES, F., 1953. The Use of Mitscherlich's Law in the Analysis of Experiments with Fertilizers. Biometrics, Carolina do Norte, 9: 498-517.
- PIMENTEL GOMES, F., 1957. Análise Conjunta de 38 Experimentos de Adubação de Cana-de-Açúcar. Rev. Agricultura. Piracicaba, 52: 113-126.
- PIMENTEL GOMES, F. e I.R. NOGUEIRA, 1964. Regressão e Covariância (mimeografado). Piracicaba. 45 pp.
- PIMENTEL GOMES, F. e H. CAMPOS, 1966. Resultados de Ensaios de Adubação de Milho. In: Cultura e Adubação do Milho. Instituto Brasileiro de Potassa, pp. 429-449.
- PIMENTEL GOMES, F., 1969. Novos Aspectos do Estudo Econômico de Ensaios de Adubação. Fertilité. Paris, 34: 3-21.
- PIMENTEL GOMES, F., 1976. Curso de Estatística Experimental. 6ª Edição. Livraria Nobel. Piracicaba. 430 pp.
- RAMIREZ DÁVILA, L.E. e J. BENITEZ, 1975. Vantajas y Desventajas del Modelo Polinomial Cuadrático em el Estudio de la Respuesta a los Fertilizantes (mimeografado). Apresentado na Reunião Comemorativa do 20º Aniversário da Região Brasileira da Sociedade Internacional de Biometria ("The Biometric Society"). 9 pp.
- RAO, C.R., 1952. Advanced Statistical Methods in Biometric Research. Nova York. John Wiley, 390 pp.
- VADLAMUDI, Y.R. e H.U. THIMM, 1974. Economic Analysis of Fertilizer Trials Conducted in Kenya on Maize. E.A. Agric. For. J. Nairobi, 40(2): 189-201.

VIEIRA, S., 1970. Aspectos das Funções de Produção Ajustadas aos Ensa^uios Fatoriais 3³ de Adubação. Piracicaba. 165 pp. (Tese de Dou^otoramento).

WANDERLEY, M.B., 1971. Aspectos da Adubação do Milho no Estado de Pernambuco. Piracicaba. 67 pp. (Dissertação de Mestrado).

9. APENDICE

Tabela 1 - Produção, em kg/ha, referente aos 37 ensaios fatoriais de adubação de milho, em diversas regiões do Estado de Pernambuco.

Grupo 1				
TRATAMENTOS	ENSAIO 1.1		ENSAIO 1.2	
	1. ^a Rep.	2. ^a Rep.	1. ^a Rep.	2. ^a Rep.
000	2056	500	1667	778
010	2944	1722	3611	2500
020	1369	1556	1278	2222
001	222	2222	1278	3611
011	111	444	1667	2500
021	222	500	667	667
002	556	2167	2222	2111
012	1556	3600	2111	3000
022	1667	944	2333	2111
100	2000	944	2222	1333
110	1111	2722	1945	2500
120	611	2556	1278	2778
101	556	1278	1000	1556
111	833	2111	2389	2222
121	1833	1516	1278	2111
102	1722	2444	1556	2945
112	1000	2167	1389	2389
122	2833	1611	2778	1833
200	3900	3500	4111	3889
210	2944	1611	3611	1833
220	1833	1667	2222	2722
201	1111	2000	1833	1889
211	3667	3111	4167	3778
221	1667	2444	1556	2389
202	3111	2389	3334	2500
212	889	1889	2500	2222
222	1444	2222	1278	2222

(continuação)

Grupo 2

TRATA- MENTOS	ENSAIO 2.1		ENSAIO 2.2		ENSAIO 2.3		ENSAIO 2.4		ENSAIO 2.5	
	1. ^a	2. ^a	1. ^a	2. ^a	1. ^a	2. ^a	1. ^a	2. ^a	1. ^a	2. ^a
	Rep.	Rep.	Rep.	Rep.	Rep.	Rep.	Rep.	Rep.	Rep.	Rep.
000	2113	500	1556	278	1084	1640	336	528	1667	1028
010	1334	723	1278	1111	1112	1307	611	444	1389	1389
020	890	778	1556	1389	2919	862	1056	167	2278	556
001	389	1946	722	1167	945	2363	694	1833	722	2056
011	1112	1446	1778	1278	1807	1446	556	1083	1667	1444
021	1001	1223	889	1111	1307	2057	1306	1056	1917	1712
002	389	667	778	1389	1696	1334	278	917	1389	639
012	890	1334	1111	722	2113	1529	1306	1194	944	1222
022	1112	890	1667	1111	1779	1501	556	194	694	611
100	2836	1446	2278	1000	3614	1918	1778	917	2778	1389
110	2446	2446	1944	1389	3558	3280	1944	1917	2917	3056
120	2057	2836	1556	2111	3058	3253	2389	2667	2472	2611
101	1501	3169	1167	1167	1918	2419	1056	1944	2139	2222
111	2947	2669	2222	1833	2836	2419	2167	1722	2278	2389
121	2057	2391	1278	1944	2808	3419	1139	2639	2389	3250
102	1501	1612	1000	1056	3253	2419	1472	1556	2444	1333
112	2280	2446	1500	1556	3503	2836	1556	2306	2944	3194
122	2168	2391	1222	1833	3336	4392	2750	2778	3222	4167
200	3058	4003	3167	3222	3197	3725	2083	1667	2111	3056
210	3670	3336	3056	2389	4003	3531	1583	2333	4250	3139
220	3058	3558	2667	3000	2780	3836	2417	3611	2723	4611
201	3892	2724	3389	2000	4281	1640	1944	1000	3833	1417
211	3725	2558	3611	2111	3558	5060	2222	3222	3222	5000
221	2836	2168	2667	2667	3364	4087	2861	2194	2611	4111
202	1390	1501	1167	1389	3253	2780	2139	1889	4139	3111
212	2669	2836	2444	2667	3225	3364	2389	3083	3250	3472
222	3670	2724	5166	4055	4865	3197	3028	3083	4528	3500

(continuação)

Grupo 3

TRATA- MENTOS	ENSAIO 3.1		ENSAIO 3.2		ENSAIO 3.3		ENSAIO 3.4		ENSAIO 3.5		ENSAIO 3.6	
	1. ^a	2. ^a	1. ^a	2. ^a	1. ^a	2. ^a	1. ^a	2. ^a	1. ^a	2. ^a	1. ^a	2. ^a
	Rep.	Rep.	Rep.	Rep.	Rep.	Rep.	Rep.	Rep.	Rep.	Rep.	Rep.	Rep.
000	834	1825	1194	556	733	611	1807	2168	2222	2417	2611	2778
010	1056	1168	722	1611	278	722	2446	2558	2028	2306	3222	2556
020	1446	1334	1250	806	567	1028	2168	2141	1250	3306	2556	3222
001	1029	917	667	889	389	667	2335	2391	2556	2778	2500	3139
011	862	1863	1278	556	1222	800	1835	2168	1278	2222	3056	2611
021	862	584	1220	1583	417	556	1779	2280	2333	2000	2778	2944
002	1696	1334	1056	1556	889	1278	2502	1446	2389	2694	3194	2944
012	1807	1307	917	1667	511	722	2224	2335	2694	2444	2167	3778
022	1001	1390	1278	1450	722	1222	2391	2335	3194	2806	2556	2778
100	1334	1446	1472	472	1889	1444	2224	2168	2083	3056	3861	4333
110	2469	2530	1833	2889	1861	3011	2446	2502	2417	2389	3556	4000
120	1974	2085	1000	2722	2000	2722	2558	2335	2861	2500	4056	4222
101	1807	1918	1000	1167	1278	1944	1668	2280	2944	2500	3722	4000
111	1390	2613	1167	2056	2083	1667	862	1946	2222	2028	3528	2306
121	2186	1724	1556	639	2056	2528	2224	1946	2861	2583	4667	4000
102	1446	1640	556	2083	1694	2417	2224	2113	2972	2306	4722	3833
112	2085	1473	1861	2250	2222	2389	2280	2558	3028	2083	4778	3722
122	1501	2335	1444	2417	1733	3278	1778	1557	3028	2306	3889	4389
200	2446	1307	972	722	1056	1667	2558	2335	2139	2694	4722	4000
210	1529	2419	1450	1444	2444	2889	2252	2002	3056	2750	5222	3833
220	2252	1501	1111	2389	2111	4056	1724	2113	3056	1917	4611	4056
201	778	1779	1556	1194	2444	1944	1557	2335	2556	2417	5000	4722
211	2780	1696	1583	2417	2111	3389	2057	2113	2944	2833	5000	4567
221	1974	2224	1611	2639	3639	2778	1696	2057	3056	2500	5000	3917
202	1751	2057	1611	1889	2611	3167	945	1501	2333	1861	4667	4111
212	1890	1835	1778	2639	2972	2000	1279	2168	2472	2389	4278	3833
222	1501	1501	2056	2056	3278	4833	1724	2513	3139	2389	4444	4338

(continuação)

Grupo 4

TRATAMENTOS	ENSAIO 4.1		ENSAIO 4.2		ENSAIO 4.3		ENSAIO 4.4	
	1. ^a	2. ^a	1. ^a	2. ^a	1. ^a	2. ^a	1. ^a	2. ^a
	Rep.	Rep.	Rep.	Rep.	Rep.	Rep.	Rep.	Rep.
000	778	751	222	778	361	2296	167	1111
010	806	306	333	278	2013	2335	944	1500
020	962	1234	444	556	2196	2013	722	1389
001	623	1329	278	778	901	1168	667	611
011	1585	600	500	556	2513	2252	1444	1389
021	695	361	333	500	1890	2241	1000	1556
002	945	929	444	556	1718	306	1056	333
012	573	484	333	167	1557	2446	944	1222
022	684	967	444	167	2530	2519	1389	1500
100	1974	2180	1667	667	556	2363	333	1111
110	1295	2963	1278	2222	2446	3325	2111	1944
120	1462	1334	1889	2111	3419	2824	2389	2444
101	917	2018	556	778	473	906	333	500
111	1473	1112	1000	1389	3319	2485	1833	1556
121	1473	1890	1889	1167	3464	3030	1833	2222
102	1140	3353	889	1389	1295	639	667	278
112	2430	1879	1778	1111	3614	3253	1889	2000
122	1029	1279	889	1278	3186	3114	1889	1944
200	1612	1640	778	333	111	1507	278	500
210	3486	2630	1167	556	1556	889	3114	1084
220	840	1407	944	2833	2981	3792	1667	2500
201	2057	3408	1722	1444	639	456	278	333
211	4893	3597	1778	1500	3075	2947	1500	1222
221	3631	3280	2278	2056	4309	3964	2778	2833
202	2341	1957	556	2056	2419	628	1056	222
212	3211	1473	2389	1000	3670	3086	1944	2222
222	3597	3169	2722	1500	4298	3975	3167	2778

(continuação)

Grupo 5

TRATA- MENTOS	ENSAIO 5.1		ENSAIO 5.2		ENSAIO 5.3		ENSAIO 5.4		ENSAIO 5.5	
	1. ^a	2. ^a	1. ^a	2. ^a	1. ^a	2. ^a	1. ^a	2. ^a	1. ^a	2. ^a
	Rep.	Rep.	Rep.	Rep.	Rep.	Rep.	Rep.	Rep.	Rep.	Rep.
000	1667	1444	1000	889	694	611	667	500	556	1000
010	2278	1083	1111	778	1055	861	917	1194	889	722
020	2056	667	1278	500	1111	305	806	1194	944	900
001	1861	1056	1667	733	416	749	611	611	611	500
011	889	1222	722	1278	1027	1138	778	472	889	389
021	3778	1778	1111	1194	2277	1055	694	1472	1917	556
002	833	1972	1667	1056	361	749	639	389	444	694
012	1444	2305	1000	1677	1249	1249	1361	1194	1583	1389
022	2028	1167	1000	806	1388	611	611	833	889	722
100	3389	2278	2389	2083	972	1111	1500	861	1500	2036
110	3389	3556	2689	2889	2055	1860	2389	1611	1833	2667
120	3445	2722	2611	2056	1805	2527	1833	2167	2500	1556
101	4222	3722	2500	2611	583	944	778	806	1556	1344
111	4139	2445	3333	2356	1749	1944	2167	1722	2278	1333
121	3056	2945	2556	2444	1777	2138	1528	2445	2222	2389
102	3334	3611	2667	2556	1527	666	1056	1500	2167	889
112	4056	2667	3611	2556	2277	2499	2167	2861	2778	2222
122	3417	3750	2639	2333	2694	2416	3185	3389	3611	2778
200	3445	3361	3722	3578	694	999	1111	1000	1278	1917
210	3361	3583	3778	3611	2360	2083	3222	2639	4167	3567
220	2945	4222	3250	3306	2110	2138	2778	2861	3611	3111
201	3056	3778	667	3500	444	861	778	250	989	1528
211	3083	2945	3722	3233	1860	2083	2889	2639	1528	3667
221	4945	3167	4197	3278	1666	1833	1611	1750	2778	2167
202	3778	3472	3889	2833	972	805	1306	1833	2556	2444
212	4111	3556	3778	3778	1833	1972	1833	2361	3333	2667
222	3917	3389	4278	4167	2249	2333	2945	3056	4833	3444

(continuação)

Grupo 6

TRATA- MENTOS	ENSAIO 6.1		ENSAIO 6.2		ENSAIO 6.3		ENSAIO 6.4		ENSAIO 6.5	
	1. ^a	2. ^a	1. ^a	2. ^a	1. ^a	2. ^a	1. ^a	2. ^a	1. ^a	2. ^a
	Rep.	Rep.	Rep.	Rep.	Rep.	Rep.	Rep.	Rep.	Rep.	Rep.
000	2944	2611	1942	3052	1944	500	722	166	2717	2386
010	2166	1999	2719	1720	611	500	1610	777	3385	3441
020	1611	1944	1165	2608	1444	1278	1610	1555	3474	4384
001	2333	1388	2164	3552	1389	722	944	1944	1998	2997
011	1777	1722	2109	2275	1444	556	1222	1499	2750	3108
021	2777	2388	2109	1831	1500	1667	1166	2444	3052	3274
002	1611	1611	1276	2442	944	833	1055	1722	2830	2497
012	2999	1999	2275	2164	944	556	1055	1499	2664	2886
022	3055	2166	2109	2830	778	667	1722	1388	3552	3052
100	2055	1777	2331	3052	2056	1000	1333	944	3108	2608
110	3722	2055	2941	2997	2111	1055	1888	1944	4384	5439
120	2777	1833	2442	2997	1444	1167	1111	2499	3108	4884
101	4888	2222	721	1998	1277	1111	666	888	1831	1443
111	3499	1333	1498	3274	1833	556	1388	1333	4051	5161
121	2555	2111	1998	2331	1278	1056	1999	2110	3552	4162
102	3055	1944	2608	2442	1833	1389	555	1666	1332	2941
112	2444	1833	1609	2941	1167	1944	2166	2333	4828	3829
122	2555	2277	2719	2664	1111	1556	1722	1833	4995	5439
200	2777	1722	2053	3163	1390	1111	555	555	3219	3889
210	2167	2499	2830	2830	1667	1611	2777	2222	3219	5106
220	3055	1611	1720	2608	1278	2167	722	2610	3940	5994
201	2111	1888	2941	3052	1222	2056	1499	555	3219	2331
211	3555	2499	2719	2941	1500	833	1833	2388	4551	5161
221	2833	999	2386	3385	1667	1333	2053	1555	4939	4162
202	3111	1888	2608	2808	1333	1333	722	777	2331	2941
212	2499	1333	1665	3441	1333	889	1444	1808	3829	4884
222	1833	1888	2553	2331	1389	2500	2166	2110	5494	4773

(continuação)

Grupo 7

TRATAMENTOS	ENSAIO 7.1		ENSAIO 7.2	
	1. ^a Rep.	2. ^a Rep.	1. ^a Rep.	2. ^a Rep.
000	2911	2278	2944	3729
010	2294	2733	3739	2294
020	2139	3122	2856	2956
001	2489	2844	2406	3183
011	2484	2483	2933	2733
021	2383	2367	2783	2589
002	2139	1667	2767	3000
012	3672	2422	3244	3122
022	3411	3267	2706	2556
100	2944	3256	4028	3156
110	2844	2194	4017	3917
120	2667	3506	3967	3661
101	2367	2983	3378	3967
111	2928	2311	3478	3628
121	3478	1778	3622	3778
102	2644	2144	2689	4000
112	2844	2183	3589	3750
122	3711	2778	4178	3189
200	3633	2711	4978	4222
210	2678	3756	5217	5139
220	1467	2906	3750	5139
201	3250	3244	3778	4411
211	3678	2967	4178	4017
221	2933	2567	4733	4683
202	2322	2761	4239	4194
212	3183	2767	4850	4267
222	3011	3011	3661	4644

(continuação)

Grupo 8

TRATA- MENTOS	ENSAIO 8.1		ENSAIO 8.2		ENSAIO 8.3		ENSAIO 8.4		ENSAIO 8.5	
	1. ^a	2. ^a	1. ^a	2. ^a	1. ^a	2. ^a	1. ^a	2. ^a	1. ^a	2. ^a
	Rep.	rep.	Rep.	Rep.	Rep.	Rep.	Rep.	Rep.	Rep.	Rep.
000	2500	2500	3336	2669	3056	4445	5469	2868	1334	5000
010	1667	2222	2502	2224	4556	4167	4002	3002	1389	4667
020	833	2778	2280	2113	4445	3611	5003	4469	2500	3334
001	1111	1945	2224	2224	4723	4611	4402	4135	2584	3167
011	556	2222	3336	2780	4278	4167	3335	4002	4584	4361
021	3889	3611	5115	2780	4000	3056	3002	4002	2395	4195
002	2778	1945	1668	2224	4445	2334	2068	3802	4195	1528
012	2500	1945	3058	1390	3445	3445	4602	3135	3028	4361
022	1667	1667	2669	2057	4278	4723	3669	2401	1500	4139
100	444	2500	3892	2780	5278	3945	5069	4602	4556	4639
110	3611	4167	4615	3503	3889	2778	4135	3669	2732	4639
120	3334	2222	4170	3336	3778	4167	4669	5069	3889	3861
101	3334	1667	4003	4170	4556	2889	3468	4202	2611	4584
111	1667	3611	4615	3558	4445	3000	4536	4736	3806	3611
121	2778	1111	2891	3058	2889	4334	3402	5069	4834	5056
102	4445	2500	2558	3781	4511	4723	2001	3669	1467	4306
112	833	2222	4170	3169	4334	5167	3335	4536	4584	4139
122	1945	4723	4448	3336	3056	4167	4469	3535	2945	4611
200	3056	3334	4114	4559	4278	4445	3335	2868	500	3000
210	556	1945	3114	3058	4834	4223	4869	4202	2223	4000
220	2778	3334	3336	2891	4167	3223	1201	4336	2717	4723
201	278	2500	2502	2446	2945	4334	5403	4469	3417	4250
211	1111	2778	2669	3611	2889	4111	4002	4135	1112	3364
221	1111	3334	4170	3336	4889	2778	4002	4936	1778	4473
202	2778	4167	4448	3058	4334	3334	4002	3535	3417	3889
212	1945	2500	3447	4114	4723	3500	3335	4602	3834	4250
222	556	4445	4281	2502	4167	4167	3725	5003	4111	3861

(continuação)

Grupo 9

TRATAMENTOS	ENSAIO 9.1		ENSAIO 9.2		ENSAIO 9.3	
	1. ^a Rep.	2. ^a Rep.	1. ^a Rep.	2. ^a Rep.	1. ^a Rep.	2. ^a Rep.
000	334	934	722	1945	111	556
010	667	667	1500	1500	333	722
020	467	1067	1500	1111	1167	333
001	1534	1801	1778	1667	2722	1222
011	1734	2268	2056	1444	2500	3167
021	1401	734	1000	1389	611	389
002	1067	1201	556	1667	111	1333
012	734	667	1000	1000	333	556
022	267	734	833	1945	278	1000
100	1863	1801	2389	2222	3389	2278
110	1467	1601	111	1667	3000	3167
120	2935	2801	1556	3556	2500	3333
101	2935	2401	2611	1778	3222	2889
111	2268	1934	1556	2611	2611	3556
121	1668	2134	1945	1945	2778	2667
102	2268	1801	1945	2056	500	3389
112	1534	2668	2111	1945	2889	3333
122	2335	2335	1389	2111	2556	3722
200	1668	2601	1389	2000	3556	4167
210	1868	2001	1667	2778	4611	4389
220	1801	1868	1945	2333	3944	4388
201	2668	2934	1945	2500	6056	4111
211	1668	2335	2000	2056	3333	4333
221	2134	2535	2500	2778	4444	4444
202	4269	2735	2500	2778	3833	4556
212	2801	1534	2222	2889	4167	4667
222	1668	3402	2111	2111	4000	4278

Tabela 2 - Produção, em kg/ha, referente aos 34 ensaios em blocos casualizados, com a cultura do milho, em diversas regiões do Estado de Pernambuco.

Grupo 1							
ENSAIO	TRATA- MENTOS	REPETIÇÕES					
		I	II	III	IV	V	VI
1.1	C ₀	2000	2500	3333	2556	611	417
	C ₁	2833	3028	2111	3333	2111	972
	C ₂	722	3194	639	2417	833	583
1.2	C ₀	2500	3222	2444	2778	1667	1167
	C ₁	2667	2611	3944	2111	3778	2389
	C ₂	1556	1667	3278	1944	1500	2833
1.3	C ₀	2389	2500	3334	1389	1667	2500
	C ₁	4111	3222	3334	4167	2667	2111
	C ₂	2111	3889	1945	3334	2778	2389

(continuação)

Grupo 2							
ENSAIO	TRATA- MENTOS	REPETIÇÕES					
		I	II	III	IV	V	VI
2.1	C ₀	2558	1668	2168	2280	2724	2780
	C ₁	3503	3225	3447	2502	2280	2502
	C ₂	2780	3280	2446	2502	2446	2280
2.2	C ₀	1667	1611	1556	1722	1833	1833
	C ₁	2611	1889	2333	1278	1444	1111
	C ₂	1944	2111	1278	1778	1556	1667
2.3	C ₀	2944	3222	4611	3000	3222	2777
	C ₁	4055	3222	3222	3777	3000	1833
	C ₂	3777	3777	3222	3777	2222	2944
2.4	C ₀	2975	3670	2947	2446	3809	2752
	C ₁	3531	4059	2975	3141	3642	2863
	C ₂	3169	2375	3114	4726	2669	2919
2.5	C ₀	1250	2222	1944	2861	1361	1667
	C ₁	1528	2306	1556	1389	1528	1250
	C ₂	1722	1556	1694	2833	1028	2139
2.6	C ₀	2778	3556	2944	4056	1889	2500
	C ₁	3000	3333	2639	2944	2222	2278
	C ₂	2528	3167	3028	3944	1556	3333

(continuação)

Grupo 3							
ENSAIO	TRATA- MENTOS	REPETIÇÕES					
		I	II	III	IV	V	VI
3.1	C ₀	1418	2085	2029	2196	2141	1446
	C ₁	2752	1418	1946	1446	2029	2057
	C ₂	2780	2502	1974	1946	1946	1446
3.2	C ₀	2833	1220	1333	1444	1029	2000
	C ₁	1583	1450	2056	2111	1556	1851
	C ₂	1444	1472	1250	2722	1778	2611
3.3	C ₀	2944	2389	1333	1750	1889	2167
	C ₁	2167	2611	2556	2056	2889	1889
	C ₂	2528	2222	3000	2389	2278	1911
3.4	C ₀	1946	1724	1168	834	2307	2613
	C ₁	2419	2669	1779	2280	2113	2780
	C ₂	2307	1279	1668	1779	1557	2446
3.5	C ₀	3222	4778	4222	4833	3722	3056
	C ₁	3833	3833	4611	3944	4250	4667
	C ₂	3833	4889	4444	4000	3889	4167

(continuação)

Grupo 4							
ENSAIO	TRATA- MENTOS	REPETIÇÕES					
		I	II	III	IV	V	VI
4.1	C ₀	1918	1168	2068	3002	945	2402
	C ₁	1462	2363	3097	3197	1851	2891
	C ₂	2669	1890	2263	2463	2419	2196
4.2	C ₀	1444	944	1222	1778	333	1278
	C ₁	667	1167	1778	1556	944	1333
	C ₂	1444	833	1278	1167	1389	667
4.3	C ₀	1167	1833	1389	2333	1389	1667
	C ₁	833	1667	2889	2500	1389	2333
	C ₂	1889	1722	1778	1667	2222	778
4.4	C ₀	1500	1667	1722	2333	2000	1722
	C ₁	1222	1667	1778	2389	2167	1500
	C ₂	1889	2000	2611	1389	1944	1667
4.5	C ₀	1944	1944	1389	2111	1778	1778
	C ₁	1722	1944	2167	2000	2167	389
	C ₂	222	2278	1722	1500	1833	1500

(continuação)

Grupo 5							
ENSAIO	TRATA- MENTOS	REPETIÇÕES					
		I	II	III	IV	V	VI
5.1	C ₀	3445	3824	3445	3222	4056	2667
	C ₁	3361	2695	3834	2695	3695	3722
	C ₂	3945	2667	3722	3028	4167	2611
5.2	C ₀	1638	1416	2277	1777	2694	1999
	C ₁	1555	1972	1610	1694	1972	1555
	C ₂	1638	1944	1249	1916	2499	2110
5.3	C ₀	1805	1556	1611	2361	2417	2862
	C ₁	2056	2500	2222	2389	1500	2139
	C ₂	2250	2083	2111	2778	2000	1333
5.4	C ₀	2278	2500	2111	1944	2667	2194
	C ₁	2389	2389	1694	3056	2389	2806
	C ₂	2944	2444	2222	2336	2889	1667

(continuação)

Grupo 6							
ENSAIO	TRATA- MENTOS	REPETIÇÕES					
		I	II	III	IV	V	VI
6.1	C ₀	2264	2886	2886	1221	1720	2775
	C ₁	3108	3330	2997	2886	2442	1609
	C ₂	2053	2640	2997	3052	2664	2553
6.2	C ₀	1444	1389	1389	1167	778	500
	C ₁	1167	1222	1333	1111	1722	1111
	C ₂	1333	722	2222	1833	556	1111
6.3	C ₀	1499	1277	2610	1722	1111	1944
	C ₁	1388	1555	2277	2055	2333	1333
	C ₂	1666	1944	1999	2333	833	1222
6.4	C ₀	3941	3996	5217	4829	4052	5439
	C ₁	4773	3830	4718	3941	5106	4329
	C ₂	4440	4496	4829	5439	4385	3608

(continuação)

Grupo 8							
ENSAIO	TRATA- MENTOS	REPETIÇÕES					
		I	II	III	IV	V	VI
8.1	C ₀	3611	1111	1945	1945	2778	4167
	C ₁	4445	2778	556	2500	4167	3056
	C ₂	3611	1945	833	1945	2778	2778
8.2	C ₀	4170	4448	3114	3002	3558	3781
	C ₁	3392	3169	3058	2780	3781	3948
	C ₂	5282	4170	3558	3447	4170	3892
8.3	C ₀	3334	4723	4167	4611	4278	3334
	C ₁	4445	5556	3889	5278	5000	3611
	C ₂	3111	5723	3889	5000	3611	4445
8.4	C ₀	4469	4469	4936	4469	3869	4002
	C ₁	4002	4202	3135	3869	4402	4536
	C ₂	3335	4869	4669	4669	3335	4669
8.5	C ₀	2277	3694	2084	4973	3917	4445
	C ₁	2223	2945	3750	3611	4667	4195
	C ₂	3473	3084	2834	4139	4556	4667

(continuação)

Grupo 9							
ENSAIO	TRATA- MENTOS	REPETIÇÕES					
		I	II	III	IV	V	VI
9.1	C ₀	3202	1868	1668	1668	1734	2001
	C ₁	1668	2268	1934	1801	1801	2801
	C ₂	2935	2268	2735	1868	3669	2068
9.2	C ₀	3056	2500	3111	2500	2444	3333
	C ₁	2778	2167	3333	2889	3611	3444
	C ₂	3111	2778	3111	3667	1222	4167

Tabela 3 - Desvios padrão, em kg/ha e coeficientes de variação (%), dos ensaios individuais e dos grupos fatoriais.

Código	Desvio Padrão (kg/ha)	Coeficiente de variação (%)	Código	Desvio Padrão (kg/ha)	Coeficiente de variação (%)
1.1	497,81	45,1	7.1	501,29	18,2
1.2	674,61	30,4	7.2	485,55	13,2
2.1	575,09	27,4	8.1	1019,97	43,0
2.2	459,12	24,8	8.2	594,51	18,4
2.3	585,79	21,5	8.3	744,59	18,6
2.4	492,99	29,1	8.4	901,71	22,8
2.5	633,19	25,6	8.5	834,71	24,0
3.1	459,33	27,7	9.1	445,90	24,2
3.2	417,78	28,2	9.2	471,80	25,3
3.3	477,95	25,6	9.3	645,75	23,8
3.4	326,22	15,7	G ₁	738,78	37,0
3.5	456,98	18,2	G ₂	552,93	25,5
3.6	467,34	12,4	G ₃	437,34	19,7
4.1	635,28	36,5	G ₄	535,23	32,8
4.2	437,54	39,4	G ₅	480,77	23,6
4.3	659,89	29,0	G ₆	496,52	22,2
4.4	399,75	24,4	G ₇	493,48	15,3
5.1	602,22	21,1	G ₈	831,63	24,4
5.2	533,97	22,4	G ₉	528,65	24,7
5.3	324,15	22,5			
5.4	324,09	20,4			
5.5	545,70	28,7			
6.1	412,10	17,9			
6.2	507,12	20,7			
6.3	452,96	35,0			
6.4	477,53	31,1			
6.5	610,31	16,8			

Tabela 4 - Desvios padrão, em kg/ha e coeficientes de variação (%), dos 34 ensaios individuais e dos grupos de ensaios em blocos casualizados.

Código	Desvio Padrão (kg/ha)	Coeficiente de variação (%)	Código	Desvio Padrão (kg/ha)	Coeficiente de variação (%)
1.1	715,79	37,7	8.1	664,57	25,5
1.2	781,90	31,9	8.2	410,26	11,1
1.3	815,51	29,5	8.3	506,71	11,7
2.1	492,93	18,7	8.4	596,51	14,1
2.2	411,46	22,3	8.5	623,26	17,1
2.3	615,33	18,9	9.1	604,67	27,2
2.4	637,38	19,7	9.2	639,79	21,6
2.5	467,26	26,4	G ₁	772,18	32,5
2.6	411,47	14,3	G ₂	513,94	19,9
3.1	471,83	23,9	G ₃	485,37	20,0
3.2	535,93	30,4	G ₄	500,63	28,8
3.3	477,16	21,0	G ₅	429,99	17,7
3.4	400,77	20,2	G ₆	539,24	21,5
3.5	528,93	12,8	G ₈	567,63	15,3
4.1	521,26	23,3	G ₉	622,48	24,1
4.2	404,48	34,3			
4.3	595,98	34,1			
4.4	377,60	20,5			
4.5	565,73	33,5			
5.1	466,08	13,8			
5.2	322,41	17,3			
5.3	495,34	23,5			
5.4	415,98	17,5			
6.1	584,75	22,8			
6.2	446,00	36,3			
6.3	461,43	26,7			
6.4	639,81	14,1			

Tabela 5 - Análise conjunta dos 9 grupos de ensaios fatoriais.

Grupo 1				
Fontes de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Ensaio (E)	1	5.461.652		
Nitrogênio (N)	2	13.241.279	6.620.639	20,65*
Interação (ExN)	2	641.347	320.673	0,59
Resíduo Médio	48	26.198.517	545.802	
$\bar{N}_0 = 1.686 \text{ kg/ha}$		$\bar{N}_1 = 1.815 \text{ kg/ha}$		$\bar{N}_2 = 2.485 \text{ kg/ha}$

Fontes de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Ensaio (E)	1	5.461.652		
Fósforo (P)	2	4.797.475	2.398.737	7,32
Interação (ExP)	2	655.355	327.677	0,60
Resíduo Médio	48	26.198.517	545.802	
$\bar{P}_0 = 2.014 \text{ kg/ha}$		$\bar{P}_1 = 2.243 \text{ kg/ha}$		$\bar{P}_2 = 1.728 \text{ kg/ha}$

Fontes de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Ensaio (E)	1	5.461.652		
Potássio (K)	2	3.827.407	1.913.703	13,37
Interação (ExK)	2	286.303	143.151	0,26
Resíduo Médio	48	26.198.517	545.802	
$\bar{K}_0 = 2.168 \text{ kg/ha}$		$\bar{K}_1 = 1.733 \text{ kg/ha}$		$\bar{K}_2 = 2.085 \text{ kg/ha}$

* = significativo ao nível de 5% de probabilidade;

** = significativo ao nível de 1% de probabilidade.

(continuação)

Grupo 2

Fontes de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Ensaios (E)	4	39.275.333		
Nitrogênio (N)	2	158.641.620	79.320.810	78,91**
Interação (ExN)	8	8.042.076	1.005.259	3,29**
Resíduo Médio	120	36.687.459	305.729	
$\bar{N}_0 = 1.175 \text{ kg/ha}$	$\bar{N}_1 = 2.282 \text{ kg/ha}$		$\bar{N}_2 = 3.109 \text{ kg/ha}$	

Fontes de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Ensaios (E)	4	39.275.333		
Fósforo (P)	2	13.138.435	6.569.217	31,31**
Interação (ExP)	8	1.678.688	209.836	0,69
Resíduo Médio	120	36.687.459	305.729	
$\bar{P}_0 = 1.860 \text{ kg/ha}$	$\bar{P}_1 = 2.268 \text{ kg/ha}$		$\bar{P}_2 = 2.371 \text{ kg/ha}$	

Fontes de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Ensaios (E)	4	39.275.333		
Potássio (K)	2	178.801	89.401	0,23
Interação (ExK)	8	3.121.855	390.232	1,28
Resíduo Médio	120	36.687.459	305.729	
$\bar{K}_0 = 2.195 \text{ kg/ha}$	$\bar{K}_1 = 2.171 \text{ kg/ha}$		$\bar{K}_2 = 2.133 \text{ kg/ha}$	

(continuação)

Desdobramento dos graus de liberdade de nitrogênio:

Fontes de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Ensaio (E)	4	39.275.333		
Nitrogênio Linear (N')	1	156.837.335	156.837.335	285,53**
Interação (ExN')	4	2.197.128	549.282	

Fontes de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Ensaio (E)	4	39.275.333		
Nitrogênio Quadrát.(N'')	1	1.804.285	1.804.285	1,23
Interação (ExN'')	4	5.844.948	1.461.237	

Desdobramento dos graus de liberdade de fósforo:

Fontes de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Ensaio (E)	4	39.275.333		
Fósforo Linear (P')	1	11.734.609	11.734.609	35,11**
Interação (ExP')	4	1.336.875	334.219	

Fontes de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Ensaio (E)	4	39.275.333		
Fósforo Quadrático(P'')	1	1.403.826	1.403.826	16,43**
Interação (ExP'')	4	341.813	85.453	

(continuação)

Grupo 3

Fontes de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Ensaio (E)	5	187.767.324		
Nitrogênio (N)	2	37.615.356	18.807.678	55,40**
Interação (ExN)	10	33.951.110	339.511	1,77
Resíduo Médio	144	27.542.869	191.270	
$\bar{N}_0 = 1.755 \text{ kg/ha}$	$\bar{N}_1 = 2.372 \text{ kg/ha}$		$\bar{N}_2 = 2.551 \text{ kg/ha}$	

Fontes de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Ensaio (E)	5	187.767.324		
Fósforo (P)	2	2.961.374	1.480.687	2,82
Interação (ExP)	10	5.242.627	524.263	2,74**
Resíduo Médio	144	27.542.869	191.270	
$\bar{P}_0 = 2.096 \text{ kg/ha}$	$\bar{P}_1 = 2.257 \text{ kg/ha}$		$\bar{P}_2 = 2.324 \text{ kg/ha}$	

Fontes de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Ensaio (E)	5	187.767.324		
Potássio (K)	2	1.151.136	575.568	2,04
Interação (ExK)	10	2.823.052	282.305	1,48
Resíduo Médio	144	27.542.869	191.270	
$\bar{K}_0 = 2.214 \text{ kg/ha}$	$\bar{K}_1 = 2.160 \text{ kg/ha}$		$\bar{K}_2 = 2.304 \text{ kg/ha}$	

(continuação)

Desdobramento dos graus de liberdade do nitrogênio:

Fontes de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Ensaios (E)	5	187.767.324		
Nitrogênio Linear (N')	1	34.162.748	34.162.748	5,23
Interação (ExN')	5	32.634.627	6.526.925	

Fontes de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Ensaios (E)	5	187.767.324		
Nitrogênio Quadrát. (N'')	1	3.452.608	3.452.608	13,11**
Interação (ExN'')	5	1.316.483	263.297	

(continuação)

Grupo 4

Fontes de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Ensaio (E)	3	40.959.187		
Nitrogênio (N)	2	42.961.588	21.480.794	12,88**
Interação (ExN)	6	10.003.988	1.667.331	5,82**
Resíduo Médio	96	27.501.645	286.475	
$\bar{N}_0 = 1.034 \text{ kg/ha}$	$\bar{N}_1 = 1.752 \text{ kg/ha}$		$\bar{N}_2 = 2.107 \text{ kg/ha}$	

Fontes de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Ensaio (E)	3	40.959.187		
Fósforo (P)	2	39.573.631	19.786.815	4,46
Interação (ExP)	6	26.606.485	4.434.414	15,48**
Resíduo Médio	96	27.501.645	286.475	
$\bar{P}_0 = 1.034 \text{ kg/ha}$	$\bar{P}_1 = 1.845 \text{ kg/ha}$		$\bar{P}_2 = 2.014 \text{ kg/ha}$	

Fontes de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Ensaio (E)	3	40.959.187		
Potássio (K)	2	888.032	444.016	1,54
Interação (ExK)	6	1.726.187	287.698	1,00
Resíduo Médio	96	27.501.645	286.475	
$\bar{K}_0 = 1.542 \text{ kg/ha}$	$\bar{K}_1 = 1.658 \text{ kg/ha}$		$\bar{K}_2 = 1.692 \text{ kg/ha}$	

(continuação)

Desdobramento dos graus de liberdade do nitrogênio:

Fontes de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Ensaio (E)	3	40.959.187		
Nitrogênio Linear (N')	1	42.961.588	42.961.588	13,91 [*]
Interação (ExN')	3	9.264.803	3.088.268	

Fontes de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Ensaio (E)	3	40.959.187		
Nitrogênio Quadrát.(N'')	1	1.579.172	1.579.172	6,41
Interação (ExN'')	3	739.185	246.395	

(continuação)

Grupo 5

Fontes de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Ensaio (E)	4	73.202.991		
Nitrogênio (N)	2	130.720.689	65.360.344	29,58**
Interação (ExN)	8	17.677.915	2.209.739	9,56**
Resíduo Médio	120	27.736.583	231.138	
$\bar{N}_0 = 1.071 \text{ kg/ha}$	$\bar{N}_1 = 2.335 \text{ kg/ha}$		$\bar{N}_2 = 2.694 \text{ kg/ha}$	

Fontes de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Ensaio (E)	4	73.202.991		
Fósforo (P)	2	24.694.592	12.347.296	9,81**
Interação (ExP)	8	10.071.670	1.258.959	5,45**
Resíduo Médio	120	27.736.583	231.138	
$\bar{P}_0 = 1.607 \text{ kg/ha}$	$\bar{P}_1 = 2.216 \text{ kg/ha}$		$\bar{P}_2 = 2.277 \text{ kg/ha}$	

Fontes de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Ensaio (E)	4	73.202.991		
Potássio (K)	2	4.696.353	2.348.177	8,00*
Interação (ExK)	8	2.348.247	293.531	1,27
Resíduo Médio	120	27.736.583	231.138	
$\bar{K}_0 = 1.997 \text{ kg/ha}$	$\bar{K}_1 = 1.893 \text{ kg/ha}$		$\bar{K}_2 = 2.210 \text{ kg/ha}$	

(continuação)

Desdobramento dos graus de liberdade do nitrogênio:

Fontes de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Ensaio (E)	4	73.202.991		
Nitrogênio Linear (N')	1	118.410.867	118.410.867	29,35**
Interação (ExN')	4	16.139.384	4.034.846	

Fontes de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Ensaio (E)	4	73.202.991		
Nitrogênio Quadrát.(N'')	1	12.309.822	12.309.822	32,00**
Interação (ExN'')	4	1.538.531	384.633	

Desdobramento dos graus de liberdade do fósforo:

Fontes de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Ensaio (E)	4	73.202.991		
Fósforo Linear (P')	1	20.179.066	20.179.066	10,68*
Interação (ExP')	4	7.556.236	1.889.059	

Fontes de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Ensaio (E)	4	73.202.991		
Fósforo Quadrático(P'')	1	4.515.527	4.515.527	7,18
Interação (ExP'')	4	2.515.434	628.858	

(continuação)

Desdobramento dos graus de liberdade do potássio:

Fontes de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Ensaio (E)	4	73.202.991		
Potássio Linear (K')	1	2.034.369	2.034.369	79,13**
Interação (ExK')	4	102.834	25.708	

Fontes de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Ensaio (E)	4	73.202.991		
Potássio Quadrático(K'')	1	2.661.984	2.661.984	4,74
Interação (ExK'')	4	2.245.413	561.353	

(continuação)

Grupo 6

Fontes de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Ensaio (E)	4	181.560.769		
Nitrogênio (N)	2	11.017.503	5.508.751	7,94*
Interação (ExN)	8	5.548.633	693.579	2,81**
Resíduo Médio	120	29.584.416	246.537	
$\bar{N}_0 = 1.962 \text{ kg/ha}$	$\bar{N}_1 = 2.321 \text{ kg/ha}$		$\bar{N}_2 = 2.436 \text{ kg/ha}$	

Fontes de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Ensaio (E)	4	181.560.769		
Fósforo (P)	2	11.510.333	5.755.166	1,88
Interação (ExP)	8	24.479.628	3.059.953	12,41**
Resíduo Médio	120	29.584.416	246.537	
$\bar{P}_0 = 1.950 \text{ kg/ha}$	$\bar{P}_1 = 2.356 \text{ kg/ha}$		$\bar{P}_2 = 2.414 \text{ kg/ha}$	

Fontes de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Ensaio (E)	4	181.560.769		
Potássio (K)	2	569.563	284.781	1,72
Interação (ExK)	8	1.326.534	165.817	0,67
Resíduo Médio	120	29.584.416	246.537	
$\bar{K}_0 = 2.305 \text{ kg/ha}$	$\bar{K}_1 = 2.204 \text{ kg/ha}$		$\bar{K}_2 = 2.210 \text{ kg/ha}$	

(continuação)

Desdobramento dos graus de liberdade do nitrogênio:

Fontes de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Ensaio (E)	4	181.560.769		
Nitrogênio Linear(N')	1	10.119.902	10.119.902	8,34*
Interação (ExN')	4	4.854.020	1.213.505	

Fontes de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Ensaio (E)	4	181.560.769		
Nitrogênio Quadrát.(N'')	1	897.600	897.600	5,17
Interação (ExN'')	4	694.613	173.653	

(continuação)

Grupo 7

Fontes de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Ensaio	1	23.270.532		
Nitrogênio (N)	2	15.448.585	7.724.292	2,33
Interação (ExN)	2	6.628.293	3.314.147	13,61**
Resíduo Médio	48	11.689.286	243.527	
$\bar{N}_0 = 2.768 \text{ kg/ha}$ $\bar{N}_1 = 3.182 \text{ kg/ha}$ $\bar{N}_2 = 3.693 \text{ kg/ha}$				

Fontes de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Ensaio (E)	1	23.270.532		
Fósforo (P)	2	353.338	176.669	8,00
Interação (ExP)	2	44.139	22.069	0,09
Resíduo Médio	48	11.689.286	243.527	
$\bar{P}_0 = 3.157 \text{ kg/ha}$ $\bar{P}_1 = 3.293 \text{ kg/ha}$ $\bar{P}_2 = 3.193 \text{ kg/ha}$				

Fontes de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Ensaio (E)	1	23.270.532		
Potássio (K)	2	723.804	361.902	1,89
Interação (ExK)	2	382.279	191.139	0,78
Resíduo Médio	48	11.689.286	243.527	
$\bar{K}_0 = 3.327 \text{ kg/ha}$ $\bar{K}_1 = 3.134 \text{ kg/ha}$ $\bar{K}_2 = 3.183 \text{ kg/ha}$				

(continuação)

Grupo 8

Fontes de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Ensaios (E)	4	95.306.267		
Nitrogênio (N)	2	12.124.879	6.062.439	5,70*
Interação (ExN)	8	8.512.413	1.064.052	1,54
Resíduo Médio	120	82.993.178	691.610	
$\bar{N}_0 = 3.149 \text{ kg/ha}$ $\bar{N}_1 = 3.608 \text{ kg/ha}$ $\bar{N}_2 = 3.404 \text{ kg/ha}$				

Fontes de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Ensaios (E)	4	95.306.267		
Fósforo (P)	2	484.830	242.415	0,50
Interação (ExP)	8	3.886.417	485.802	0,70
Resíduo Médio	120	82.993.178	691.610	
$\bar{P}_0 = 3.360 \text{ kg/ha}$ $\bar{P}_1 = 3.398 \text{ kg/ha}$ $\bar{P}_2 = 3.463 \text{ kg/ha}$				

Fontes de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Ensaios (E)	4	95.306.267		
Potássio (K)	2	41.787	20.893	0,03
Interação (ExK)	8	6.151.890	768.986	1,11
Resíduo Médio	120	82.993.178	691.610	
$\bar{K}_0 = 3.423 \text{ kg/ha}$ $\bar{K}_1 = 3.405 \text{ kg/ha}$ $\bar{K}_2 = 3.393 \text{ kg/ha}$				

(continuação)

Desdobramento dos graus de liberdade do nitrogênio:

Fontes de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Ensaio (E)	4	95.306.267		
Nitrogênio Linear(N')	1	2.934.546	2.934.546	2,63
Interação (ExN')	4	4.459.996	1.114.999	

Fontes de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Ensaio (E)	4	95.306.267		
Nitrogênio Quadrát.(N'')	1	9.190.333	9.190.333	9,07*
Interação (ExN'')	4	4.052.417	1.013.104	

(continuação)

Grupo 9

Fontes de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Ensaio (E)	2	26.627.672		
Nitrogênio (N)	2	95.525.138	47.762.569	6,19
Interação (ExN)	4	30.851.903	7.712.976	27,60**
Resíduo Médio	72	20.121.973	279.472	
$\bar{N}_0 = 1.117 \text{ kg/ha}$	$\bar{N}_1 = 2.334 \text{ kg/ha}$		$\bar{N}_2 = 2.968 \text{ kg/ha}$	

Fontes de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Ensaio (E)	2	26.627.672		
Fósforo (P)	2	393.758	196.879	0,46
Interação (ExP)	4	1.690.069	422.517	1,51
Resíduo Médio	72	20.121.973	279.472	
$\bar{P}_0 = 2.208 \text{ kg/ha}$	$\bar{P}_1 = 2.115 \text{ kg/ha}$		$\bar{P}_2 = 2.096 \text{ kg/ha}$	

Fontes de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Ensaio (E)	2	26.627.672		
Potássio (K)	2	4.488.268	2.244.134	7,02*
Interação (ExK)	4	1.278.435	319.609	1,14
Resíduo Médio	72	20.121.973	279.472	
$\bar{K}_0 = 1.967 \text{ kg/ha}$	$\bar{K}_1 = 2.365 \text{ kg/ha}$		$\bar{K}_2 = 2.087 \text{ kg/ha}$	

Tabela 6 - Análise conjunta dos 8 grupos de ensaios em blocos casualizados.

Grupo 1				
Fontes de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Ensaio (E)	2	6.952.472		
Calcário (C)	2	6.511.709	3.255.855	9,34*
Interação (ExC)	4	1.394.546	348.637	0,58
Resíduo Médio	30	17.887.733	596.258	
$\bar{C}_0 = 2.165 \text{ kg/ha}$	$\bar{C}_1 = 2.861 \text{ kg/ha}$		$\bar{C}_2 = 2.089 \text{ kg/ha}$	

Grupo 2				
Fontes de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Ensaio (E)	5	42.441.239		
Calcário (C)	2	66.400	33.200	0,21
Interação (ExC)	10	1.570.256	157.026	0,59
Resíduo Médio	60	15.847.962	264.133	
$\bar{C}_0 = 2.550 \text{ kg/ha}$	$\bar{C}_1 = 2.595 \text{ kg/ha}$		$\bar{C}_2 = 2.608 \text{ kg/ha}$	

Grupo 3				
Fontes de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Ensaio (E)	4	67.280.593		
Calcário (C)	2	1.097.674	548.837	4,65*
Interação (ExC)	8	944.370	118.046	0,50
Resíduo Médio	50	11.779.160	235.583	
$\bar{C}_0 = 2.269 \text{ kg/ha}$	$\bar{C}_1 = 2.520 \text{ kg/ha}$		$\bar{C}_2 = 2.482 \text{ kg/ha}$	

(continuação)

Desdobramento dos graus de liberdade do calcário no Grupo 3:

Fontes de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Ensaio (E)	4	67.280.593		
Calcário Linear (C')	1	679.683	679.683	30,73**
Interação (ExC')	4	88.463	22.116	

Fontes de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Ensaio (E)	4	67.280.593		
Calcário Quadrático (C'')	1	417.990	417.990	1,95
Interação (ExC'')	4	855.907	213.977	

Grupo 4

Fontes de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Ensaio (E)	4	10.347.655		
Calcário (C)	2	431.929	215.965	1,33
Interação (ExC)	8	1.296.446	162.056	0,64
Resíduo Médio	50	12.531.505	250.630	
$\bar{C}_0 = 1.672 \text{ kg/ha}$	$\bar{C}_1 = 1.834 \text{ kg/ha}$	$\bar{C}_2 = 1.710 \text{ kg/ha}$		

Grupo 5

Fontes de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Ensaio (E)	3	23.882.815		
Calcário (C)	2	17.705	8.853	0,17
Interação (ExC)	6	309.016	51.503	0,28
Resíduo Médio	40	7.395.786	184.895	
$\bar{C}_0 = 2.449 \text{ kg/ha}$	$\bar{C}_1 = 2.412 \text{ kg/ha}$	$\bar{C}_2 = 2.440 \text{ kg/ha}$		

(continuação)

Grupo 6

Fontes de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Ensaio (E)	3	113.379.392		
Calcário (C)	2	304.455	152.227	1,48
Interação (ExC)	6	617.915	102.986	0,35
Resíduo Médio	40	11.631.288	290.782	
$\bar{C}_0 = 2.419 \text{ kg/ha}$	$\bar{C}_1 = 2.570 \text{ kg/ha}$	$\bar{C}_2 = 2.539 \text{ kg/ha}$		

Grupo 8

Fontes de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Ensaio (E)	4	33.554.757		
Calcário (C)	2	131.650	65.825	0,13
Interação (ExC)	8	4.086.538	510.817	1,58
Resíduo Médio	50	16.110.063	322.201	
$\bar{C}_0 = 3.656 \text{ kg/ha}$	$\bar{C}_1 = 3.698 \text{ kg/ha}$	$\bar{C}_2 = 3.750 \text{ kg/ha}$		

Grupo 9

Fontes de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Ensaio (E)	1	4.887.784		
Calcário (C)	2	888.864	444.432	1,74
Interação (ExC)	2	510.098	255.049	0,66
Resíduo Médio	20	7.749.548	387.477	
$\bar{C}_0 = 2.424 \text{ kg/ha}$	$\bar{C}_1 = 2.541 \text{ kg/ha}$	$\bar{C}_2 = 2.800 \text{ kg/ha}$		

Tabela 7 - Estimativas dos parâmetros e respectivos intervalos de confiança, ao nível de 95% de probabilidade, das equações de superfícies de resposta para os ensaios individuais em esquema fatorial.

Código	$\hat{a}_0$	$\hat{a}_{11}$	$\hat{a}_{22}$	$\hat{a}_{33}$	$\hat{a}_{12}$	$\hat{a}_{13}$	$\hat{a}_{23}$	$\hat{a}_{14}$	$\hat{a}_{24}$	$\hat{a}_{34}$
1.1	891,8	-294,3	-676,3	39,0	-463,3	-487,1	-258,8	210,1	-379,5	-300,4
	1466,2	168,4	-213,6	501,7	-136,2	-160,6	68,3	473,4	-116,2	-37,1
	2040,6	631,1	249,1	964,4	190,9	166,5	395,4	736,7	147,1	226,2
1.2	1651,3	-19,5	-922,1	-107,5	-392,3	-533,4	-302,1	103,0	-392,4	-268,9
	2137,0	371,8	-530,8	283,8	-115,7	-256,8	-25,5	325,6	-169,8	-46,3
	2622,7	763,1	-139,5	675,1	160,9	19,8	251,1	548,2	52,8	176,3
2.1	2155,1	-622,1	-594,4	-493,3	-175,1	-437,3	42,3	775,2	-98,9	-429,2
	2569,2	-288,5	-260,8	-159,7	60,7	-201,5	278,1	965,0	90,9	-239,4
	2983,3	45,1	72,8	173,9	296,5	34,3	513,9	1154,8	280,7	-49,6
2.2	1254,8	167,4	-327,9	-244,7	-19,2	-197,5	124,2	680,2	126,2	-238,0
	1585,3	433,7	-61,6	21,6	169,0	-9,3	312,4	831,7	277,7	-86,5
	1915,8	700,0	204,7	287,9	357,2	178,9	500,6	983,2	429,2	65,0
2.3	2611,7	-782,3	-469,7	-240,3	-161,5	-299,2	-123,3	777,4	66,2	-146,1
	3033,5	-442,5	-129,9	99,5	78,7	-59,0	116,9	970,7	259,5	47,2
	3455,3	-102,7	209,9	439,3	318,9	181,2	357,1	1164,0	452,8	240,5
2.4	1641,3	-634,0	-379,1	-295,7	78,0	-176,5	-237,8	632,7	166,7	-50,9
	1996,3	-348,1	-93,2	-9,8	280,1	25,6	-35,8	795,4	329,4	111,8
	2351,2	-62,2	192,7	276,1	482,2	227,7	166,3	958,1	492,1	274,5
2.5	2303,6	-588,9	-586,5	-354,3	-45,0	-96,3	-282,7	895,4	110,2	-198,4
	2759,5	-221,7	-219,3	12,9	214,6	163,3	-23,1	1104,4	319,2	10,6
	3215,4	145,5	147,9	380,1	474,2	422,9	236,5	1313,4	528,2	219,6
3.1	1672,3	-610,2	-21,3	-196,0	-141,1	-263,0	-275,6	151,3	-95,2	-190,6
	2003,0	-343,8	245,1	70,4	47,2	-74,7	-87,3	302,9	56,4	-39,0
	2333,7	-77,4	511,5	336,8	235,5	113,6	101,0	454,5	208,0	112,6
3.2	1373,6	-401,8	-529,6	-84,6	-79,8	-79,2	-229,4	162,3	102,9	25,8
	1674,4	-159,5	-287,3	157,7	91,5	92,1	-58,1	300,2	240,8	163,7
	1975,2	82,8	-45,0	400,0	262,8	263,4	113,2	438,1	378,7	301,6
3.3	1663,0	-658,0	-247,8	-132,7	131,6	-61,2	-282,3	843,8	159,0	32,6
	2007,1	-380,8	29,4	144,5	327,5	134,7	-86,4	1001,5	316,7	190,3
	2351,2	103,6	306,6	421,7	523,4	330,6	109,5	1159,2	474,4	348,0

(continuação)

Código	$\hat{a}_0$	$\hat{a}_{11}$	$\hat{a}_{22}$	$\hat{a}_{33}$	$\hat{a}_{12}$	$\hat{a}_{13}$	$\hat{a}_{23}$	$\hat{a}_{14}$	$\hat{a}_{24}$	$\hat{a}_{34}$
3.4	1799,8	-219,7	-249,9	-41,4	-127,4	-250,3	-59,2	-229,3	-86,4	-236,3
	2034,7	-30,5	-60,7	147,8	6,3	-116,6	74,5	-121,7	21,2	-128,7
	2269,6	158,7	128,5	337,0	140,0	17,1	208,2	-14,1	128,8	-21,2
3.5	2113,8	-346,1	-130,8	-216,7	-94,7	-342,4	-102,8	-51,3	-90,6	-93,0
	2442,8	-81,0	134,3	48,7	92,7	-155,0	84,5	99,5	60,2	57,8
	2771,8	184,1	399,4	313,8	280,1	32,4	271,9	250,9	211,0	208,6
3.6	3525,9	-589,3	-125,0	-245,3	-213,4	-243,5	-253,9	649,4	-166,3	-126,3
	3862,4	-318,3	146,0	25,7	-21,8	-51,9	-62,3	803,6	-12,1	27,9
	4198,9	-47,3	417,0	296,7	169,8	139,7	129,3	957,8	142,1	182,1
4.1	1667,3	-356,3	-655,9	-668,0	-120,5	-77,7	-187,3	724,2	-227,9	-104,6
	2124,7	12,2	-287,4	-299,5	140,0	182,8	73,2	933,8	-18,3	105,0
	2582,1	380,7	81,1	69,0	400,5	443,3	333,7	1143,4	191,3	314,6
4.2	1048,4	-584,1	-259,9	-297,0	72,9	-38,1	-313,7	429,7	80,9	-147,5
	1363,4	-330,4	-6,2	-43,3	252,3	141,3	-134,3	574,1	225,3	-3,1
	1678,4	-76,7	247,5	210,4	431,7	320,7	45,1	718,5	369,7	141,3
4.3	2317,2	-608,1	-1010,1	-301,5	184,4	-36,2	-162,9	137,7	810,1	-64,5
	2792,4	-225,3	-627,3	81,3	455,0	234,4	107,7	355,5	1027,9	153,3
	3267,6	157,5	-244,5	464,1	725,6	505,0	378,3	573,3	1245,7	371,1
4.4	1446,5	-379,0	-559,4	-96,7	254,2	-53,5	-79,1	168,8	614,7	-67,3
	1690,1	-182,0	-362,4	100,3	393,5	85,7	60,2	280,9	726,8	44,8
	1934,7	15,0	-165,4	297,3	532,8	225,0	199,5	393,0	838,9	156,9
5.1	2889,7	-1089,4	-253,5	-418,1	-286,3	-215,6	-238,8	762,0	-112,2	-89,9
	3323,3	-740,1	95,8	-68,8	-39,4	31,3	8,1	960,7	86,5	108,8
	3756,9	-390,8	445,1	280,5	207,5	278,2	255,0	1159,4	285,2	307,5
5.2	2278,7	-635,7	-553,3	-154,3	6,5	-225,6	-168,3	1021,2	-92,9	-43,9
	2663,2	-326,0	-243,6	155,4	225,4	-6,7	50,6	1197,4	83,3	132,3
	3047,7	-16,3	66,1	465,1	444,3	212,2	269,5	1373,6	259,5	308,5
5.3	1734,0	-657,1	-624,6	-73,7	49,9	-182,5	-62,2	237,2	400,7	-37,5
	1967,3	-469,1	-436,6	114,3	182,8	-49,6	70,7	344,1	507,6	69,4
	2200,6	-281,1	-248,6	302,3	315,7	83,3	203,3	451,0	614,5	176,3

(continuação)

Código	$\hat{a}_0$	$\hat{a}_{11}$	$\hat{a}_{22}$	$\hat{a}_{33}$	$\hat{a}_{12}$	$\hat{a}_{13}$	$\hat{a}_{23}$	$\hat{a}_{14}$	$\hat{a}_{24}$	$\hat{a}_{34}$
5.4	1722,4	-635,9	-673,5	194,4	139,2	-134,0	-78,9	502,0	419,8	-16,1
	1955,7	-447,9	-485,5	382,4	272,1	-1,1	54,0	608,9	526,7	98,8
	2189,0	-259,9	-297,5	570,4	405,0	131,8	186,9	715,8	633,6	197,7
5.5	1587,2	-598,1	-618,3	153,4	72,5	-185,5	-109,2	764,1	289,9	-49,8
	1980,1	-281,6	-301,8	469,9	296,2	38,2	114,5	944,2	470,0	130,3
	2373,0	34,9	14,7	786,4	519,9	261,9	338,2	1124,3	650,1	310,4
6.1	2316,8	-530,7	-294,4	-359,3	-282,4	-229,2	-102,0	-103,6	-182,3	-170,0
	2613,5	-291,7	-55,4	-120,3	-113,4	-60,2	67,0	32,4	-46,3	-34,0
	2910,2	-52,7	183,6	118,7	55,6	108,8	236,0	168,5	89,7	102,0
6.2	2070,2	-259,4	-374,8	-236,1	-202,3	-194,9	-79,8	46,4	-206,7	-214,1
	2435,3	34,7	-80,7	58,0	5,6	13,0	128,1	213,7	-39,4	-46,8
	2800,4	328,8	213,4	352,1	213,5	220,9	336,0	381,0	127,9	120,5
6.3	932,8	-401,6	-82,1	-239,6	-148,7	-139,5	-204,1	82,0	-98,5	-200,5
	1249,9	-138,9	180,6	23,1	37,0	46,2	-18,4	231,5	51,0	-51,0
	1576,0	123,8	443,3	285,8	222,7	231,9	167,3	381,0	200,5	98,5
6.4	1424,6	-341,0	-575,0	-266,7	-144,9	-379,8	-170,3	16,0	206,5	-153,6
	1768,4	-64,0	-298,0	10,3	50,9	-184,0	25,5	173,6	364,1	4,0
	2112,2	213,0	-21,0	287,3	246,7	11,8	221,3	331,2	521,7	161,6
6.5	3503,0	-505,7	-970,8	-59,6	-12,3	-188,1	-72,0	332,9	629,6	-309,4
	3942,4	-151,7	-616,8	294,4	237,9	62,1	178,2	534,3	831,0	-108,0
	4381,8	202,3	-262,8	648,4	488,1	312,3	428,4	735,7	1032,4	93,4
7.1	2334,0	-212,1	-367,2	-209,9	-388,3	-255,4	104,4	-6,0	-140,0	-168,2
	2694,9	78,6	-76,5	80,8	-182,8	-49,9	309,9	159,4	25,4	-2,8
	3055,8	369,3	214,2	371,5	22,7	155,6	515,4	324,8	190,8	162,6
7.2	3314,5	-263,1	-439,8	-120,3	-99,9	-259,8	-166,5	605,1	-149,9	-301,1
	3664,1	18,5	-158,2	161,3	99,2	-60,7	32,6	765,3	10,3	-140,9
	4013,7	300,1	123,4	442,9	298,3	138,4	231,7	925,5	170,5	19,3
8.1	1403,7	-963,4	-208,8	-255,1	-510,7	-360,5	-608,0	-220,8	-271,8	-287,2
	2137,9	-371,8	283,8	366,5	-92,5	57,5	-189,8	115,8	64,8	49,4
	2872,3	219,8	974,4	928,1	325,7	475,9	228,4	452,4	401,4	386,0

(continuação)

Código	$\hat{a}_0$	$\hat{a}_{11}$	$\hat{a}_{22}$	$\hat{a}_{33}$	$\hat{a}_{12}$	$\hat{a}_{13}$	$\hat{a}_{23}$	$\hat{a}_{14}$	$\hat{a}_{24}$	$\hat{a}_{34}$
8.2	3362,9	-1005,9	-412,6	-458,9	-380,4	-125,5	-44,5	220,7	-137,5	-254,9
	3790,9	-661,1	-67,8	-114,1	-136,7	118,2	199,2	416,9	58,7	-58,7
	4218,9	-316,3	277,0	230,7	107,0	361,9	442,9	613,1	254,9	137,5
8.3	3282,2	-423,2	-426,9	-172,2	-296,0	-319,3	-224,8	-285,8	-364,9	-229,9
	3818,3	8,7	5,0	259,7	9,3	-14,0	80,5	-40,1	-119,2	15,8
	4354,4	440,6	436,9	691,6	314,6	291,3	385,8	205,6	126,5	261,5
8.4	3753,4	-773,4	-606,6	-862,3	-378,5	-14,4	-236,8	-170,1	-225,5	-503,5
	4402,6	-250,4	-83,6	-339,3	-8,8	355,3	132,9	127,5	72,1	-205,9
	5051,8	272,6	439,4	183,7	360,9	725,0	502,6	425,1	369,7	91,7
8.5	3530,6	-1166,3	-650,8	-359,2	-219,9	-105,9	-326,8	-257,2	-95,6	-151,6
	4131,6	-682,2	-166,7	-124,9	122,3	236,3	15,4	18,3	179,9	123,9
	4732,6	-198,1	317,4	359,2	464,5	578,5	357,6	293,8	455,4	339,4
9.1	1896,0	-723,3	-28,9	-584,7	-235,5	-13,3	-363,5	525,4	-272,9	8,7
	2217,0	-464,7	229,7	-326,1	-52,7	169,5	-180,7	672,5	-125,8	155,8
	2538,0	-206,1	488,3	-67,5	130,1	352,3	2,1	819,6	21,3	302,9
9.2	1665,7	-437,3	-154,7	-441,9	-142,4	-36,1	-290,7	285,7	-166,5	-120,2
	2005,4	-163,7	118,9	-168,3	51,0	157,3	-97,3	441,4	-10,8	35,5
	2345,1	109,9	392,5	105,3	244,4	350,7	96,1	597,1	144,9	191,2
9.3	2914,8	-620,0	-610,6	-893,0	-202,5	-262,4	-243,8	1448,9	-245,6	-225,4
	3379,7	-245,5	-236,1	-518,5	62,3	2,4	21,0	1662,0	-32,5	-12,3
	3844,6	129,0	138,4	-144,0	327,1	267,2	285,8	1875,1	180,6	200,8

Obs.: Para cada caso, a linha superior refere-se ao extremo inferior e a linha inferior ao extremo superior do intervalo de confiança do parâmetro em questão.

Tabela 8 - Estimativas do parâmetro e respectivos intervalos de confiança ao nível de 95% de probabilidade, das equações de superfície de resposta para os 9 grupos de ensaios fatoriais.

Código	$\hat{a}_0$	$\hat{a}_{11}$	$\hat{a}_{22}$	$\hat{a}_{33}$	$\hat{a}_{12}$	$\hat{a}_{13}$	$\hat{a}_{23}$	$\hat{a}_{14}$	$\hat{a}_{24}$	$\hat{a}_{34}$
1	1425,5	-32,9	-675,2	89,8	-340,2	-422,9	-192,8	227,1	-315,4	-214,1
	1801,6	270,1	-372,2	392,8	-126,0	-208,7	21,4	399,5	-143,0	-41,7
	2177,7	573,1	-69,2	695,8	88,2	5,5	235,6	571,9	29,4	130,7
2	2210,8	-316,8	-296,4	-150,5	59,2	-117,6	28,3	851,8	173,7	-112,9
	2388,8	-173,4	-153,0	-7,1	160,6	-16,2	129,7	933,4	255,3	-31,3
	2566,8	-30,0	-9,6	136,3	262,0	85,2	231,1	1015,0	336,9	50,3
3	2208,9	-322,5	-150,7	-4,4	22,3	-101,8	-95,7	338,8	55,0	-13,6
	2337,4	-219,0	-47,2	99,1	95,5	-28,6	-22,5	397,7	113,9	45,3
	2465,9	-115,5	56,3	202,6	168,7	44,6	50,7	456,6	172,8	104,2
4	1799,9	-336,4	-476,0	-195,5	200,5	51,3	-83,0	447,8	402,1	-13,3
	1992,6	-181,4	-320,8	-40,3	310,2	161,0	26,7	536,1	490,4	75,0
	2185,3	-26,2	-165,6	114,9	419,9	270,7	136,4	624,4	578,7	163,5
5	2223,1	-577,6	-399,0	85,9	96,3	-85,7	-28,5	740,2	263,9	35,4
	2377,9	-452,9	-274,3	210,6	184,4	2,4	59,6	811,1	344,8	106,3
	2532,7	-328,2	-149,6	335,3	272,5	90,5	147,7	882,0	405,7	177,3
6	2242,0	-251,1	-302,9	-75,7	-47,4	-115,6	-14,9	163,8	158,8	-120,5
	2401,9	-122,3	-174,1	53,1	43,6	-24,6	76,1	237,1	232,1	-47,2
	2561,8	6,5	-45,3	181,9	134,6	66,4	167,1	310,4	305,4	26,1
7	2928,3	-153,9	-319,7	-81,3	-184,9	-198,4	28,2	347,2	-97,2	-187,0
	3179,5	48,5	-117,3	121,1	-41,8	-55,3	171,3	462,3	17,9	-71,9
	3430,7	250,9	85,1	323,5	101,3	87,8	314,4	577,4	133,0	43,2
8	3388,5	-607,1	-201,8	-212,1	-173,8	-1,8	-104,9	5,0	-71,4	-137,8
	3656,3	-391,4	13,9	3,6	-21,3	150,7	47,6	127,7	51,3	-15,1
	3924,1	-175,7	229,6	219,3	131,2	303,2	200,1	250,4	174,0	107,6
9	2314,3	-468,3	-139,5	-514,6	-104,9	-15,4	-210,8	824,6	-157,1	-41,0
	2534,0	-291,3	37,5	-337,6	20,2	109,7	-85,7	925,3	-56,4	59,7
	2753,7	-114,3	214,5	-160,6	145,3	234,8	39,4	1026,0	44,3	160,4

Obs.: Para cada caso, a linha superior refere-se ao extremo inferior e a linha inferior ao extremo superior do intervalo de confiança do parâmetro em questão.

Tabela 9 - Estimativas dos parâmetros e respectivos desvios padrão do trinômio do segundo grau dos grupos de ensaios para o nitrogênio, o fósforo e o potássio.

Grupos		$\hat{a}$	$s(\hat{a})$	$\hat{b}$	$s(\hat{b})$	$\hat{c}$	$s(\hat{c})$
1	N	1815,3	94,1	399,5	66,1	270,1	116,1
	P	2243,5	95,1	-143,0	66,8	-372,2	117,4
	K	1733,5	62,9	-41,7	44,1	392,8	77,6
2	N	2282,1	105,3	933,4	74,0	-173,4	130,1
	P	2268,4	48,1	255,3	33,8	-153,0	59,4
	K	2171,2	65,7	-31,3	46,1	-7,1	81,0
3	N	2372,0	55,9	397,7	39,3	-219,0	69,0
	P	2257,5	69,5	113,9	48,7	-47,2	85,7
	K	2159,9	50,9	45,3	35,8	99,1	62,9
4	N	1751,9	151,7	536,1	106,5	-181,4	187,3
	P	1844,4	247,4	490,4	173,7	-320,8	305,3
	K	1657,8	63,0	75,0	44,3	-40,3	77,7
5	N	2335,4	156,2	811,1	109,5	-452,9	192,8
	P	2216,4	117,9	334,8	82,8	-274,3	145,5
	K	2033,5	56,9	106,3	40,0	70,2	70,3
6	N	2321,3	87,5	237,1	61,5	-122,3	108,0
	P	2355,8	183,9	232,1	129,1	-174,1	226,8
	K	2204,3	42,8	-47,2	30,1	53,1	52,8
7	N	3182,0	302,5	462,4	212,4	48,5	373,3
	P	3292,6	24,7	17,9	17,3	-117,3	30,5
	K	3133,7	72,7	-71,9	51,0	121,1	89,7
8	N	3667,9	108,4	127,7	76,1	-391,4	133,8
	P	3397,7	73,3	51,3	51,5	13,9	90,4
	K	3404,6	92,1	-15,1	64,7	3,6	113,7
9	N	2333,9	376,8	925,3	264,5	-291,3	465,0
	P	2114,7	88,2	-56,4	61,9	37,5	108,9
	K	2364,8	76,7	59,7	53,9	-337,6	94,7

Tabela 10 - Estimativas dos parâmetros e respectivos desvios padrão do trinômio do 2º grau dos grupos de ensaios para o cal_ cário.

Grupos	$\hat{a}$	$s(\hat{a})$	$\hat{b}$	$s(\hat{b})$	$\hat{c}$	$s(\hat{c})$
1	2861,1	139,1	-18,9	98,5	-366,9	170,4
2	2594,9	66,0	28,9	46,7	-15,9	80,9
3	2520,0	62,7	106,4	44,4	-144,6	76,8
4	1834,3	73,4	18,7	52,0	-143,3	90,0
5	2412,0	46,3	-4,7	32,8	32,2	56,7
6	2569,8	65,5	59,9	46,4	-91,0	80,2
8	3698,2	130,4	93,5	92,4	4,6	159,8
9	2541,2	145,7	188,1	103,2	70,6	178,5

Tabela 11 - Valores do teste F das regressões e desvios da regressão e coeficientes de determinação total dos 37 ensaios individuais e dos 9 grupos de ensaios fatoriais.

Código	Teste F		R ² (%)	Código	Teste F		R ² (%)
	Regres- são	Desvios da Re- gressão			Regres- são	Desvios da Re- gressão	
1.1	2,39*	1,57	47,65	7.1	1,91	0,94	54,91
1.2	3,14*	1,67	53,04	7.2	10,73**	0,47	93,18
2.1	13,75**	0,64	92,79	8.1	0,71	0,73	36,69
2.2	17,55**	1,75	85,72	8.2	4,30**	1,63	61,37
2.3	12,84**	0,81	90,46	8.3	0,31	0,42	30,91
2.4	14,00**	0,85	90,78	8.4	1,09	0,87	42,76
2.5	14,00**	0,54	93,93	8.5	1,52	1,11	45,09
3.1	3,23*	0,74	72,46	9.1	13,28**	2,15*	78,73
3.2	5,39**	0,93	77,66	9.2	4,38**	1,09	70,54
3.3	22,48**	0,63	95,47	9.3	27,77**	1,64	91,03
3.4	2,01	1,78	40,32				
3.5	1,00	0,74	44,90	G ₁	2,52*	1,45	51,07
3.6	12,68**	0,92	89,26	G ₂	12,87**	0,34	95,77
4.1	9,71**	2,12*	73,23	G ₃	4,19**	0,28	90,03
4.2	10,14**	0,79	88,49	G ₄	9,23**	0,46	92,26
4.3	14,14**	0,48	94,61	G ₅	15,53**	0,44	94,59
4.4	26,96**	1,03	93,98	G ₆	2,17*	0,33	79,68
5.1	12,48**	0,80	90,37	G ₇	4,16**	0,29	89,46
5.2	21,84**	0,93	93,38	G ₈	0,50	0,13	69,57
5.3	20,92**	1,33	90,44	G ₉	13,49**	1,08	88,20
5.4	34,34**	3,09**	86,96				
5.5	17,84**	0,88	92,36				
6.1	1,24	1,07	40,92				
6.2	1,00	1,33	31,09				
6.3	1,54	0,71	56,33				
6.4	3,83**	0,98	70,04				
6.5	13,02**	1,74	81,77				

* = significativo ao nível de 5% de probabilidade.
 ** = significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Tabola 12 - Produções observadas, suas estimativas e intervalos de confiança a 95% de probabilidade dos 27 tratamentos para os 9 grupos de ensaios fatoriais em kg/ha.

TRATA- MENTOS	GRUPO 1				GRUPO 2			
	Y	Ŷ	Intervalos de Confiança		Y	Ŷ	Intervalos de Confiança	
000	1251	1564	1036	2092	1073	1172	922	1422
001	1833	1317	883	1751	1274	1034	829	1239
002	1764	1855	1327	2383	947	945	695	1195
010	2694	1898	1370	2332	1070	1290	1085	1495
011	1180	1672	1295	2048	1362	1282	1104	1460
012	2567	2232	1798	2666	1237	1260	1055	1465
020	1607	1487	959	2015	1245	1102	852	1352
021	514	1283	849	1717	1358	1224	1019	1429
022	1763	1864	1336	2392	1012	1331	1081	1581
100	1625	2028	1594	2462	1995	2134	1929	2339
101	1097	1572	1196	1948	1870	1981	1803	2159
102	2167	1902	1468	2336	1765	1812	1607	2017
110	2070	2236	1860	2612	2490	2413	2235	2591
111	1889	1802	1425	2178	2348	2389	2211	2567
112	1736	2153	1777	2529	2412	2350	2172	2528
120	1805	1699	1265	2133	2501	2386	2181	2591
121	1685	1286	910	1662	2331	2491	2313	2669
122	2263	1659	1225	2093	2826	2582	2377	2787
200	3850	3033	2505	3561	2929	2750	2500	3000
201	1708	2368	1934	2802	2612	2580	2375	2785
202	2833	2489	1961	3017	2276	2396	2146	2646
210	2499	3114	2680	3548	3129	3189	2984	3394
211	3681	2471	2095	2847	3429	3149	2791	3327
212	1875	2614	2180	3048	2940	3094	2889	3299
220	2111	2452	1924	2980	3326	3322	3072	3572
221	2014	1931	1497	2365	2956	3412	3207	3617
222	1791	1994	1466	2522	3782	3487	3237	3737

Y = Produção observada;

Ŷ = Produção estimada.

(continuação)

TRATA- MENTOS	GRUPO 3				GRUPO 4			
	γ	$\hat{\gamma}$	Intervalos de Confiança		γ	$\hat{\gamma}$	Intervalos de Confiança	
000	1646	1658	1478	1838	808	847	577	1117
001	1688	1655	1507	1803	795	774	552	996
002	1915	1851	1671	2031	786	621	351	891
010	1723	1746	1598	1894	1064	1321	1099	1591
011	1646	1721	1593	1849	1355	1275	1082	1468
012	1881	1894	1746	2042	966	1149	927	1371
020	1761	1740	1560	1920	1189	1153	883	1423
021	1611	1692	1544	1840	1072	1135	913	1357
022	1927	1842	1662	2022	1275	1035	765	1305
100	2149	2208	2060	2356	1356	1093	871	1315
101	2186	2176	2039	2304	810	1181	988	1374
102	2334	2343	2195	2491	1207	1189	967	1411
110	2659	2391	2263	2519	2198	1877	1694	2070
111	1989	2337	2209	2465	1771	1993	1800	2186
112	2561	2482	2354	2610	2244	2027	1834	2220
120	2586	2481	2333	2629	2232	2020	1798	2242
121	2414	2404	2276	2532	2121	2162	1969	2355
122	2471	2526	2378	2674	1826	2224	2002	2446
200	2218	2319	2139	2499	845	976	705	1246
201	2357	2259	2111	2407	1292	1226	1004	1448
202	2375	2398	2218	2578	1404	1395	1125	1665
210	2607	2599	2451	2747	2067	2071	1849	2293
211	2791	2516	2388	2644	2564	2347	2154	2540
212	2461	2632	2484	2780	2375	2543	2321	2765
220	2575	2783	2603	2963	2121	2524	2254	2794
221	2758	2678	2530	2826	3141	2827	2605	3049
222	2814	2772	2592	2952	3151	3049	2779	3319

(continuação)

TRATA- MENTOS	GRUPO 5				GRUPO 6			
	γ	$\hat{\gamma}$	Intervalos de Confiança		γ	$\hat{\gamma}$	Intervalos de Confiança	
000	903	855	633	1072	1898	1832	1608	2056
001	882	889	511	867	1943	1680	1496	1864
002	900	944	727	1161	1682	1634	1410	1858
010	1089	1221	1043	1399	1893	2118	1934	2302
011	880	1114	959	1269	1846	2043	1883	2203
012	1444	1428	1250	1606	1904	2024	1840	2208
020	976	1037	820	1254	2137	2057	1833	2281
021	1584	990	812	1168	2221	2057	1873	2241
022	1005	1364	1147	1581	2132	2163	1939	2387
100	1812	1933	1755	2111	2026	2172	1988	2356
101	1906	1769	1614	1924	1704	1996	1836	2156
102	1997	2026	1848	2204	1977	1925	1741	2109
110	2494	2482	2327	2637	2854	2502	2342	2662
111	2347	2378	2223	2533	2393	2402	2242	2562
112	2769	2695	2540	2850	2509	2408	2248	2568
120	2322	2483	2305	2661	2426	2484	2300	2668
121	2350	2438	2283	2593	2315	2460	2300	2620
122	3021	2815	2637	2993	2687	2542	2358	2726
200	2110	2104	1887	2321	2243	2268	2044	2492
201	1585	1943	1765	2121	2087	2067	1883	2251
202	2389	2202	1985	2419	1985	1972	1748	2196
210	3237	2838	2660	3016	2693	2642	2458	2826
211	2565	2736	2581	2891	2798	2517	2357	2667
212	2922	3055	2877	3233	2312	2498	2314	2682
220	3033	3023	2806	3240	2571	2667	2443	2891
221	2739	2981	2803	3159	2531	2618	2434	2802
222	3461	3360	3143	3577	2704	2676	2452	2900

(continuação)

TRATA- MENTOS	GRUPO 7				GRUPO 8			
	Y	Y	Intervalos de Confiança		Y	Y	Intervalos de Confiança	
000	2968	2898	2546	3250	3318	3295	2919	3671
001	2731	2589	2299	2879	3113	3078	2769	3387
002	2393	2522	2170	2874	2798	2869	2493	3245
010	2765	2903	2613	3193	3040	3307	2998	3616
011	2658	2766	2515	3017	3362	3137	2869	3405
012	3085	2870	2580	3160	3091	2975	2666	3284
020	2769	2675	2323	3027	3137	3345	2969	3721
021	2531	2708	2418	2998	3604	3224	2915	3533
022	2985	2984	2632	3336	2877	3109	2733	3485
100	3346	3409	3119	3699	3770	3685	3376	3994
101	3174	3044	2793	3295	3549	3619	3351	3887
102	2869	2922	2632	3212	3396	3560	3251	3869
110	3243	3373	3122	3624	3774	3675	3407	3943
111	3086	3179	2928	3430	3759	3656	3388	3924
112	3091	3229	2978	3480	3649	3645	3377	3913
120	3451	3102	2812	3392	3870	3693	3384	4002
121	2914	3080	2829	3331	3537	3721	3453	3989
122	3464	3301	3011	3591	3723	3758	3449	4067
200	3886	4017	3665	4369	3349	3292	2916	3668
201	3671	3597	3307	3887	3254	3377	3068	3686
202	3379	3530	3178	3882	3496	3468	3092	3844
210	4197	3939	3649	4229	3302	3261	2952	3570
211	3710	3690	3439	3941	2978	3393	3125	3661
212	3767	3684	3394	3974	3620	3532	3223	3841
220	3316	3626	3274	3978	3271	3257	2881	3633
221	3729	3549	3259	3839	3481	3437	3128	3746
222	3582	3714	3362	4066	3682	3623	3247	3999

(continuação)

TRATA- MENTOS	GRUPO 9			
	γ	$\hat{\gamma}$	Intervalos de Confiança	
000	767	1058	750	1366
001	1787	1431	1178	1684
002	989	1130	822	1438
010	898	1030	777	1283
011	2195	1317	1097	1537
012	715	930	677	1183
020	941	1076	767	1384
021	921	1278	1025	1531
022	843	805	497	1113
100	2333	2145	1892	2398
101	2639	2628	2408	2848
102	1985	2436	2183	2689
110	1835	2137	1917	2357
111	2422	2534	2314	2754
112	2413	2256	2036	2476
120	2780	2203	1950	2456
121	2190	2515	2295	2735
122	2406	2151	1898	2404
200	2564	2649	2341	2957
201	3369	3242	2989	3495
202	3445	3159	2851	3467
210	2886	2661	2408	2914
211	2621	3168	2948	3388
212	3046	3000	2747	3253
220	2713	2748	2440	3056
221	3139	3169	2916	3422
222	2928	2915	2607	3223

Tabela 13 - Soluções e discussões dos sistemas de equações obtidas das derivadas parciais de primeira ordem das funções de receita líquida, para os 9 grupos de ensaios fatoriais.

GRUPOS	Solução (kg/ha)			Δ_1	Δ_2/Δ_1	Δ_3/Δ_2	Ponto
	x_1^+	x_2^+	x_3^+				
1	43,1	18,9	34,0	540,2	-773,8	705,9	Sela
2	155,1	135,1	70,9	-346,8	-231,6	51,0	Sela
3	14,3	-151,7	19,8	-438,0	-73,7	211,3	Sela
4	-11,5	27,3	-50,2	-362,8	-376,4	62,6	Sela
5	74,3	63,7	27,6	-905,9	-509,8	428,3	Sela
6	11,5	43,3	66,0	-244,6	-340,4	123,6	Sela
7	22,3	15,9	60,3	97,0	-252,6	296,8	Sela
8	156,9	-337,1	386,1	-782,8	28,4	-30,5	Sela
9	100,5	363,6	14,9	-582,6	75,6	-743,1	Sela

Tabela 14 - Cortes da superfície - Doses ótimas de N, P_2O_5 e K_2O e respectivos intervalos de confiança ao nível de 95% de probabilidade para os 9 grupos de ensaios fatoriais.

GRUPOS	N (kg/ha)	P_2O_5 (kg/ha)	K_2O (kg/ha)
1	mínimo	-20,0 17,3 54,6	mínimo
2	62,8 129,3 195,7	5,2 34,2 63,2	-4825,1 -199,9 4425,3
3	44,7 51,6 58,5	-494,2 -113,5 267,2	mínimo
4	49,3 71,0 92,7	60,1 69,7 79,2	-4,4 29,0 62,5
5	66,0 73,6 81,2	46,1 54,3 62,5	mínimo
6	-14,7 20,1 54,9	10,0 33,4 56,8	mínimo
7	mínimo	-200,1 -34,3 131,5	mínimo
8	21,7 33,7 45,7	mínimo	mínimo
9	67,1 96,5 125,9	mínimo	24,7 29,2 33,7

Obs.: Para cada caso, a linha superior refere-se ao extremo inferior e a linha inferior ao extremo superior do intervalo de confiança da dose em questão.

Tabela 15 - Doses ótimas de calcário pelo trinômio do segundo grau e respectivos intervalos de confiança ao nível de 95% de probabilidade para os grupos de ensaios dos tratamentos adicionais.

GRUPOS	Calcário (kg/ha)
1	710
	906
	1102
2	-26759
	-1219
	24321
3	667
	1022
	1377
4	129
	716
	1303
5	-4
	780
	1564

Obs.: Para cada caso, a linha superior refere-se ao extremo inferior e a linha inferior ao extremo superior do intervalo de confiança da dose em questão.