ANÁLISE ECONÔMICA DE DIFERENTES NÍVEIS DE FÓSFORO NA PRODUÇÃO DE ARROZ CONSORCIADA COM BRACHIÁRIA EM SOLOS SOB VEGETAÇÃO DE CERRADO

MARIA INEZ ESPAGNOLI GERALDO MARTINS

Orientador : JOSÉ FERREIRA DE NORONHA

Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Agronomia. Área de Concentração: Economia Agrária.

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Dezembro - 1983

Aos meus pais, marido
e filho,

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Estadual Paulista "Júlio Mesquita Filho", "Campus" de Ilha Solteira e à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", pela oportunidade oferecida para realizar o curso de Pós-Graduação.

À CAPES, através do Programa Institucional de Capacitação de Docentes, PICD, pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Professor José Ferreira Noronha, pelo apoio e orientação.

Aos Professores Rodolfo Hoffmann e Evaristo Marzabal Neves, pelas críticas e sugestões.

Ao Dr. José Garcia Gasques, pelo constante apoio, incentivo e amizade.

Ao Eng^o Agr^o Antonio Joaquim Braga Pereira Braz, pelo inegável auxílio na fase de campo desse trabalho.

Finalmente, a todos os que, de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

Í N D I C E

	Página
LISTA DE TABELAS.....	vi
LISTA DE FIGURA.....	ix
RESUMO.....	x
SUMMARY.....	xiii
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Objetivos.....	4
1.2. Organização do trabalho.....	4
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	6
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	13
3.1. Material.....	13
3.2. Métodos.....	15
3.2.1. Modelo estatístico.....	15
a) Equações estimadas.....	15
b) Testes das hipóteses.....	17
3.2.2. Modelo econômico.....	19
3.2.3. Modelo considerando os efeitos de blo cos e época de plantio da brachiária.	24
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	25
4.1. Resultados descritivos.....	25
4.2. Resultados estatísticos.....	29
4.3. Resultado econômico.....	41

4.3.1. Dose ótima econômica.....	41
4.3.2. Demanda pelo insumo.....	46
4.3.3. Análise da variação dos preços.....	49
4.3.4. Determinação da melhor época de plan tío da brachiária.....	56
5. CONCLUSÕES.....	58
6. LIMITAÇÕES DO ESTUDO.....	59
7. LITERATURA CITADA.....	60
APÊNDICE.....	65

LISTA DE TABELAS

TABELA		Página
1	Tratamentos utilizados no experimento....	14
2	Estimativa do custo de aplicação de fósforo por hectare, ano de 1981.....	20
3	Rendimentos obtidos na cultura de arroz (Y_A), por tratamento, nos diferentes experimentos (média quatro repetições) em kg/ha, 1981.....	26
4	Rendimentos obtidos com a pastagem (Y_B), por tratamento nos diversos experimentos (média de quatro repetições), em kg / ha, 1981.....	27
5	Estimativas dos parâmetros da equação: $\hat{Y} = a + bx + cx^2$. Produção arroz, 1981...	32
6	Estimativas dos parâmetros da equação: $\hat{Y} = a + bx + cx^2$. Produção brachiária, 1981	32
7	Estimativas dos parâmetros da equação: $\hat{Y} = a + bx + c\sqrt{x}$. Produção arroz, 1981.	33
8	Estimativas dos parâmetros da equação: $\hat{Y} = a + bx + c\sqrt{x}$. Produção brachiária, 1981.....	34

TABELA

Página

9	Produção esperada, produto médio, marginal e coeficiente de elasticidade para o arroz, 1981.....	37
10	Produção esperada, produto médio, marginal e coeficiente de elasticidade para a brachiária, 1981.....	38
11	Valores da produção, receita, custo do adubo e retorno por hectare, com os preços constantes. Experimento A, primeira época de plantio da brachiária. Ilha Solteira , 1981.....	42
12	Valores da produção, receita, custo do adubo e retorno por hectare, com os preços constantes. Experimento B, segunda época de plantio da brachiária. Ilha Solteira , 1981.....	43
13	Valores da produção, receita, custo do adubo e retorno por hectare, com os preços constantes. Experimento B, terceira época de plantio da brachiária. Ilha Solteira , 1981.....	44
14	Valores da produção, receita, custo do adubo e retorno por hectare, com os preços constantes. Experimento B. Ilha Solteira..	45
15	Variação nos preços dos produtos e insumos	50

TABELA

Página

16	Quantidades ótimas de P_2O_5 (kg/ha) para várias alternativas de preços do arroz, brachiária e P_2O_5 . Experimento A, primeira época de plantio da brachiária. Ilha Solteira, 1981.....	51
17	Quantidades ótimas de P_2O_5 (kg/ha) para várias alternativas de preços do arroz, brachiária e P_2O_5 . Experimento B, segunda época de plantio da brachiária. Ilha Solteira, 1981.....	52
18	Quantidades ótimas de P_2O_5 (kg/ha) para várias alternativas de preços do arroz, brachiária e P_2O_5 . Experimento B, terceira época de plantio da brachiária. Ilha Solteira, 1981.....	53
19	Quantidades ótimas de P_2O_5 (kg/ha) para várias alternativas de preços do arroz, brachiária e P_2O_5 . Experimento B. Ilha Solteira, 1981.....	54

LISTA DE FIGURA

FIGURA		Página
1	Curvas de demanda e oferta de P_2O_5 para o produtor.....	49

ANÁLISE ECONÔMICA DE DIFERENTES NÍVEIS DE
FÓSFORO NA PRODUÇÃO DE ARROZ CONSORCIADA COM
BRACHIÁRIA EM SOLO SOB VEGETAÇÃO DE CERRADO

Maria Inez Espagnoli Geraldo Martins

Orientador: José Ferreira Noronha

RESUMO

Este estudo foi realizado com dados provenientes de ensaio instalado no ano de 1981, na Fazenda Experimental da UNESP de Ilha Solteira, localizada no município de Selvíria, Mato Grosso do Sul, em região de cerrado. O delineamento adotado foi o de parcelas subdivididas com quatro repetições. Os tratamentos utilizados foram cinco níveis de fósforo (0, 75, 150, 225 e 300 kg de P_2O_5 por hectare) na forma de superfosfato simples. As parcelas são constituídas de níveis de fósforo e as subparcelas de época de plantio da brachiária, que se realizou aos 10, 20 e 30 dias após a emergência do arroz.

O objetivo principal deste trabalho foi determinar as doses econômicas de fósforo para a cultura de arroz quando consorciada com brachiária e ainda estabelecer a melhor época de se realizar esta consorciação.

Foram utilizados dois modelos de função de produção: o quadrático e o raiz quadrada.

As principais conclusões deste trabalho são:

- (a) A quantidade de P_{205} a ser recomendada variou de 4 a 24 kg de P_{205} por hectare, para preços iguais aos correntes na época de instalação dos ensaios (novembro de 1981), devendo-se ressaltar que este é um valor relativamente baixo das características dos solos de regiões de cerrado serem pobres em fósforo.
- (b) As produções do arroz e da pastagem foram bem superiores nos experimentos instalados em 07 e 27 de outubro, o que sugere que o plantio do arroz deva ser realizado neste período.
- (c) Com base nas produções físicas obtidas, conclui-se que a pastagem deva ser semeada nas entrelinhas do arroz, de 10 a 20 dias após sua emergência, entretanto, quando se considera o valor total da produção (quantidade x preço), percebe-se que a melhor época de plantio deve ser de 20 a 30 dias.
- (d) Quando utilizou-se a função de resposta que inclui fósforo, blocos e o efeito de época de plantio da brachiária, somente um experimento (o instalado em 07 de outubro) permitiu estabelecer a melhor época de plantio de brachiária, e esta época foi 13 dias após a emergência do arroz.

ECONOMIC ANALYSIS OF DIFFERENT
PHOSPHORUS LEVELS IN RICE ASSOCIATED
WITH BRACHIARIA IN CERRADO REGION

Author: Maria Inez Espagnoli Geraldo Martins

Adviser: José Ferreira Noronha

SUMMARY

The present study was carried out in a Cerrado soil, within the Experimental Station of UNESP-Ilha Solteira, Selvíria, Mato Grosso do Sul.

The main purpose of this paper was to determine the economic rates of phosphorus for rice crop, associated with *Brachiaria* and to determine the best period to establish the association. The experimental design was a split-plot with four replications, and five P levels (0, 75, 150, 225 and 300 kg P₂O₅/ha as simple superphosphate). The main plot varied the P treatments and sub-plots, the time of establishment of the association (10, 20 and 30 days after rice emergence). Quadratic and square root response functions were used.

The main conclusions of this work were:

- (a) Economic amounts of 4 to 24 kg P_2O_5 /ha should be recommended to the experiment, although these values are relatively low for the normally poor cerrado soils.
- (b) The rice and pasture yields were superior in the experiments sown on october 7 and october 27.
- (c) Based on yield data, it could be recommended *Brachiaria* at sowing at 10 and 20 days after rice emergence. However, for total yield value (production x price), this date can be delayed to 20-30 days.
- (d) By using a complete function, including phosphorus, block and sowing time of *Brachiaria* effects, only one experiment (that sowing on october, 07) permitted to established the best time of sowing of *Brachiaria*, and this time was 13 days of the rice emergence.

1. INTRODUÇÃO

Várias funções têm sido atribuídas à agricultura brasileira, entre elas, suprir a demanda crescente de alimentos no mercado interno e ainda, gerar excedentes exportáveis que sejam capazes de aliviar a balança de pagamentos e aumentar a capacidade de importação do País.

A necessidade de aumentar a produção agrícola fez com que regiões até então pouco exploradas, como os cerrados, fossem alvos de incentivos governamentais aumentando de maneira significativa o interesse pelo potencial agrícola dessas regiões.

No Brasil, os cerrados ocupam cerca de 200 milhões de hectares, sendo que aproximadamente 70% dessa área localiza-se nos Estados de Goiás, Minas Gerais e Mato Grosso.

Apesar de seu enorme potencial agrícola, os cerrados têm sido pouco explorados. Os principais obstáculos à produção agrícola residem na baixa fertilidade dos solos e na

insuficiência hídrica resultante da irregular distribuição pluviométrica. Mais recentemente, a principal restrição é a queda do nível de atividade econômica em geral e os elevados custos dos recursos para investimento e custeio.

Em contrapartida, são considerados aspectos positivos dessas áreas: suas boas condições físicas para agricultura, topografia que facilita a mecanização, proximidade de grandes centros urbanos, boa infra-estrutura de transportes e comunicações.

Algumas culturas têm mostrado boa aptidão para os cerrados e entre elas o arroz que desempenha papel de destaque como cultura desbravadora. É cultivado sob o sistema de sequeiro, sofrendo oscilações na produtividade, em virtude das variações climáticas. Mesmo assim, sua utilização é bastante difundida em áreas novas, como redutora do custo de formação de pastagens.

A própria dinâmica da pesquisa vem demonstrando que a agrostologia tropical ainda está a exigir um gigantesco esforço do setor científico e tecnológico para se lograr uma maior produtividade dos bovinos. E é reservada ao Brasil uma significativa responsabilidade no estudo das pastagens tropicais, seja pelo tamanho do rebanho, pela disponibilidade de áreas, ou pelo papel da bovinocultura no desenvolvimento sócio-econômico e na ocupação de novas áreas.

A área com pastagem no Brasil ocupa aproximadamente 165 milhões de hectares, sendo que 56,2% encontra-se em

Minas Gerais, Goiás e Mato Grosso, dos quais 79,2% são pastagens naturais e 20,8% são cultivadas. Dados estes referentes ao ano de 1975.

A capacidade de suporte média das pastagens naturais, nos períodos das águas e da seca, é estimada em cerca de 0,8 e 0,3 bovinos por hectare, respectivamente. Em pastagens cultivadas, a lotação média é ampliada para 2 e 0,8 bovinos por hectare para os períodos referidos (EMBRAPA, 1979).

A elevação da capacidade de suporte das pastagens somente será possível se os produtores aplicarem tecnologia apropriada, o que implica geralmente em maiores investimentos.

As pastagens são consideradas como a fonte mais barata para alimentar os ruminantes. O melhoramento das pastagens através da melhoria da fertilidade do solo e da nutrição das forrageiras, visa principalmente sua maior produtividade e, conseqüentemente, um maior lucro.

É necessário corrigir a acidez e o baixo teor de matéria orgânica que resultam numa baixa disponibilidade de fósforo às plantas. Portanto, a adubação fosfatada e a calagem são práticas imprescindíveis às regiões de cerrado, para obtenção e sustentação de bons rendimentos.

Apesar das pastagens cultivadas aumentarem a capacidade de suporte, ainda representam uma atividade não muito comum aos agricultores de regiões de cerrado, pelo seu alto custo de implantação, devido à necessidade do uso de corretivos e fertilizantes. Uma prática que pode ser melhor estudada

para minimizar o alto custo inicial, é a consorciação da pastagem com arroz.

O desconhecimento, por parte do produtor, da economicidade dessas alternativas, faz com que tecnologias mais aprimoradas não sejam aplicadas. Neste contexto, um estudo econômico de fertilização se torna de grande importância por testar as respostas de culturas a diferentes níveis de nutriente, como também, por possibilitar a indicação da dose do fertilizante que seja ótima, de maneira a trazer retorno maior ao produtor agrícola.

1.1. Objetivos

- a) Estimar funções de produção para o arroz para a pastagem, em função das doses de fósforo.
- b) Estimar a dose ótima econômica do fósforo para a cultura do arroz em consorciação com a pastagem.
- c) Determinar as melhores épocas de plantio do arroz em consorciação com a pastagem.

1.2. Organização do trabalho

Após a revisão de literatura a ser apresentada na parte 2, onde se deu enfoque principalmente para trabalhos que comparassem modelos de funções de produção, na parte 3 será descrito o material e a metodologia a ser utilizada neste estudo. Na parte 4, apresentaremos primeiramente os resultados obtidos nos experimentos, para em seguida serem discutidos os resultados estatísticos e econômicos deste trabalho.

Nas partes 5 e 6, respectivamente, serão apresentadas as conclusões e a literatura citada.

2. REVISÃO DE LITERATURA

SILVA (1967) usou modelos quadrático, raiz quadrada e Cobb-Douglas para fazer uma análise econômica de experimentos de adubação com feijão, em quatro municípios localizados na Zona da Mata do Estado de Minas Gerais. Para o município de Viçosa, o ajustamento das três funções matemáticas foi satisfatório, mas os resultados econômicos apresentados pela função quadrática foram mais coerentes com a teoria agrônômica.

LANZER (1970), realizou análise econômica de um grupo de experimentos de fertilização e correção de solos argilosos na cultura do trigo, no Planalto Médio e Alto Uruguai, no Rio Grande do Sul. Os ensaios foram analisados em grupos, sendo utilizados os modelos Cobb-Douglas, quadrático, raiz quadrada e potência $3/2$. A equação selecionada ao final foi uma polinomial do tipo quadrática. O autor realizou análise comparativa entre máxima eficiência econômica e máxima eficiência

técnica, notando que em MET se alcançariam produções físicas bem mais elevadas, mas que o resultado econômico seria negativo.

VIEIRA (1970) fez uma comparação de quatro funções de produção aplicadas a ensaios fatoriais 3^3 de adubação NPK em milho. Os modelos utilizados foram o raiz quadrada, potência $3/2$ e o de Mitscherlich, e foram comparadas com os resultados obtidos para o modelo quadrático por Campos (1967).

As principais conclusões obtidas foram:

- a) Dos três modelos de regressão polinomial ajustados, dois revelaram-se praticamente iguais nos resultados: o quadrático e o potência $3/2$. O uso do modelo quadrático foi indicado por apresentar maior simplicidade de cálculos que o de grau $3/2$.
- b) A equação de Mitscherlich é recomendada para a determinação da dose econômica do nutriente porque leva a soluções satisfatórias através de métodos matemáticos simples. Porém, se houver queda na produção com doses altas do nutriente a regressão polinomial é mais recomendada, preferencialmente o modelo raiz quadrada.

TEIXEIRA et alii (1971) efetuaram análise agro econômica de três experimentos de milho instalados em Sete Lagoas 65/66, Capinópolis 66/67 e 67/68 no Estado de Minas Gerais, relacionando produções de milho com população de plantas e níveis de nitrogênio. O modelo estatístico escolhido foi a função quadrática, sendo que os coeficientes de determinação múltipla encontrados nos três ensaios foram elevados. O

maior foi obtido para o ensaio de Capinópolis, 1966/67 ($R^2 = 0,9815$), indicando que 98,15% da variação total na produção de milho, por hectare, é explicada através da regressão quadrática considerada. Em todos os ensaios o efeito do N foi maior que o de densidade de plantas sobre a produção do milho. Para os ensaios de Capinópolis os níveis ótimos de aplicação do N e população das plantas estavam além dos limites usados no experimento.

VIEIRA et alii (1971), analisando um grupo de 50 ensaios fatoriais 3^3 de adubação NPK em milho, conduzidos em terra roxa legítima, na região de Ribeirão Preto nos anos agrícolas 1957/58, 1958/59, 1959/60 e 1960/61, concluíram que quando existe queda na produção devida à adubação excessiva, as regressões quadrática e raiz quadrada expressam melhor o fenômeno biológico. Entretanto, a função de Mitscherlich é aconselhável se não houver queda na produção, pois os processos biológicos envolvidos na adubação são perfeitamente identificados com os parâmetros dessa função.

NOVAIS & DEFELIPO (1971), para obter informações sobre os níveis ótimos de NPK a serem utilizados na cultura de arroz, em regiões de cerrado, instalaram um ensaio de adubação em Patos de Minas. Utilizou-se um delineamento em fatorial $3 \times 3 \times 3$ com NPK em 3 níveis com uma só repetição. Foi feita a análise de variância dos dados e ajustada uma equação quadrática, tomando-se a produção como variável dependente de fósforo e potássio, sendo eliminado o nitrogênio por ter apre

sentado resposta negativa e por não contribuir para melhor ajustamento da equação. Os autores verificaram uma resposta altamente significativa à aplicação do fósforo, um aumento da produção em resposta à aplicação de potássio, embora não significativa e, uma diminuição na produção com a aplicação de N.

LESSINGER (1972), analisou o efeito residual do fósforo e calcário em pastagem e trigo de Vacaria, RS, bem como a diferença de produção havida pelo uso ou não da prática de adubação de manutenção. Para isto, testou vinte e dois submodelos estatísticos, sendo vinte do modelo quadrático e dois do modelo $3/2$, para conseguir uma equação de regressão que permitisse a maximização econômica em relação ao calcário e fósforo. Pelo fato do coeficiente do termo quadrático para o fósforo (P^2) ter apresentado valores positivos, e pela falta de significância da variável $P^{3/2}$, não foi possível maximizar economicamente o uso do fósforo. Isto só foi possível em relação ao calcário. Os resultados mostraram ser vantajosa a adubação de manutenção, pois determinou um acréscimo da produção da pastagem e do trigo.

STEFANELO (1975) usou os modelos Cobb - Douglas, potência $3/2$, quadrático e raiz quadrada para analisar economicamente um grupo de dez experimentos com fósforo, potássio e calcário aplicados em soja, no Rio Grande do Sul. Em todos os locais estudados, o modelo Cobb-Douglas apresentou o coeficiente de determinação múltipla, R^2 , sensivelmente mais baixo que os outros três modelos. Somente para um local, o modelo

raiz quadrada se ajustou melhor aos dados experimentais. Nos outros locais, a superfície de resposta foi fornecida através do modelo quadrático. O autor, conclui afirmando que entre os modelos estudados, o quadrático com interação entre os fatores é o que melhor define a superfície de resposta em relação à fertilização e calagem.

COSTA (1977) usou modelos quadrático , raiz quadrada e potência $3/2$, em 27 ensaios de adubação NPK, na produção de arroz em vários anos agrícolas, no Estado de Goiás. Trabalhou com os dados dos ensaios individualmente e foram feitos cinco grupos de experimentos por ano agrícola e um envolvendo dois anos agrícolas. Os modelos quadrático e potência $3/2$ tiveram comportamento idênticos, razão pela qual o último não foi considerado. A recomendação de adubação foi dificultada pelo fato de os intervalos de confiança das doses econômicas terem sido amplos. O autor recomenda a determinação das doses econômicas para grupos de ensaios, por haver maior homogeneidade nos tratamentos.

MENEGUELLI e TOLLINI (1978) dizem que o problema principal na escolha da forma algébrica, a ser ajustada a resultados e ensaios de adubação, está no desconhecimento da forma exata no mundo real. Realizaram um ensaio simulado tentando obter alguma idéia sobre as conseqüências de se usar determinada forma quando a verdadeira no mundo simulado, é diferente.

Para isto, consideraram quatro formas básicas:

quadrática, raiz quadrada, Mitscherlich e linear. Concluem dizendo que a função raiz quadrada, em geral, mostrou desempenho melhor do que as outras funções, e que a vantagem clara da função raiz quadrada, demonstrada na situação simulada do estudo, é acentuada pelo custo muito menor do ajustamento das funções lineares nos parâmetros, relativamente à não linear.

LIMA (1979) utilizou dados de dois experimentos de adubação NPK em milho, com diferentes populações de plantas, conduzidos em dois solos (cerrado e terra roxa), do Triângulo Mineiro. Na análise econômica dos dados, o modelo que melhor se ajustou foi o quadrático quando comparado ao logarítmico e ao da raiz quadrada. No cerrado, as produções máximas, tanto físicas como econômicas foram obtidas a níveis de população de plantas praticamente iguais, sendo que as equações encontradas não permitiram a determinação das doses ótimas econômicas.

GOMINHO e MAFRA (1979), utilizaram dados de experimento instalado em São João, Pernambuco, no ano de 1978, que relaciona a produção do sistema consorciado feijão x milho com níveis de P_2O_5 . A função quadrática foi escolhida por simplicidade de cálculos, e comparada com a raiz quadrada e a Mitscherlich. A função raiz quadrada teve bom ajustamento tanto para o feijão quanto para o milho, entretanto apresentou doses de adubação que tornam os rendimentos físicos máximos situados completamente fora dos limites estabelecidos no experímento tendo mostrado ainda uma dose ótima muito baixa em rela

ção a função quadrática, aos mesmos preços. Comparando - se os coeficientes de determinação de uma e de outra, observou - se que a função quadrática apresentou valores maiores, indicando que esta função teve um melhor ajustamento.

A dificuldade do uso da função Mitscherlich para dois produtos está no fato de que esta admite apenas uma função crescente que tende para um valor assintótico quando cresce a dose do nutriente. A necessidade de fertilizante varia de cultura para cultura, então é possível que, no caso da consorciação haja mais facilmente queda de produção em pelo menos uma das culturas, com o emprego de doses mais elevadas de fertilizantes. Não calcularam todavia a dose ótima com a equação Mitscherlich, dadas estas limitações.

PORTO (1980) para comparar três funções de produção (a quadrática, a Mitscherlich e a raiz quadrada), utilizou dados de experimento com trigo conduzidos por 4 anos consecutivos em Passo Fundo/RS. Além do nitrogênio, outros 4 fatores foram estudados: calagem, tipos de preparo de solo, resteva e densidade de semeadura.

Chegou às seguintes conclusões: (a) dos três modelos utilizados, o quadrático e o raiz quadrada apresentaram ajustamentos bem melhores; (b) a dose econômica varia muito, dependendo das condições climáticas. Isto mostra o cuidado que se deve ter para se recomendar aplicação de um dado nutriente baseado em dados experimentais de apenas um ano.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Material

Os dados básicos utilizados neste estudo foram obtidos através de ensaios de adubação de arroz consorciado com pastagem, conduzidos pela autora e realizados no ano agrícola 1981/1982, na Fazenda Experimental da UNESP, "Campus" de Ilha Solteira, situada no município de Selvíria, Estado de Mato Grosso do Sul.

O delineamento experimental utilizado foi o de parcelas subdivididas, com 5 tratamentos principais e 3 sub-tratamentos, distribuídos em blocos ao acaso com quatro repetições. Os tratamentos estão especificados na Tabela 1.

Tabela 1 - Tratamentos utilizados no experimento.

Tratamentos	Especificação
Tratamentos principais	(a) Níveis de P_2O_5 : 0, 75, 150, 225 e 300 kg por hectare
Subtratamentos	(b) Época de plantio da brachiária: 10, 20 e 30 dias após a emergência do arroz

As dimensões das parcelas foram de 6x3 m e todas elas receberam 2 t de calcário dolomítico, por hectare, a aplicado a lanço trinta dias antes do plantio do arroz, e 200 kg/ha da fórmula 4:20:20 no sulco de plantio do arroz.

O arroz, variedade IAC-25, foi semeado em sulcos distanciados de 0,50 m e a brachiária (*B. decumbens* Stapf.) foi semeada entre as linhas do arroz.

A fonte de P_2O_5 usada foi o superfosfato simples, que foi aplicado a lanço na parcela toda.

Foram instalados três experimentos, onde o que se variou foi a época de plantio do arroz. O primeiro experimento, denominado A, foi plantado em 07/10/81, o segundo (B) em 27/10/81 e o terceiro (C) em 16/11/81.

3.2. Métodos

3.2.1. Modelo estatístico

(a) Equações estimadas

As equações matemáticas ajustadas aos dados experimentais foram as dos tipos quadrático (1) e raiz quadrada (2), por terem sido, segundo a revisão de literatura as que melhor se ajustaram a dados experimentais.

$$Y_i = \alpha + \beta x_i + \gamma x_i^2 + \varepsilon_i \quad (1)$$

$$Y_i = \alpha + \beta x_i + \gamma \sqrt{x_i} + \varepsilon_i \quad (2)$$

onde os Y_i representam a produção de arroz em kg por hectare

ou produção de brachiária em kg de massa verde por hectare e x_i representa o número de doses do nutriente P_2O_5 por hectare.

Os sinais dos coeficientes deverão ser $\gamma < 0$ para a função quadrática e $\gamma > 0$ para a raiz quadrada, para que elas apresentem rendimentos marginais decrescentes.

As duas funções implicam em rendimentos marginais decrescentes para o insumo, o que parece corresponder à situação real na resposta a fertilizantes. A função quadrática tem seus produtos marginais $(\frac{d}{dx} \bar{y})$ lineares, indicando que diminuem em uma quantidade constante quando se aumentam as quantidades dos insumos, enquanto que na função raiz quadrada os produtos marginais diminuem a uma taxa decrescente (VALDÉS, 1967).

Portanto, tanto a função quadrática como a raiz quadrada são aceitas do ponto de vista lógico, já que refletem bem as condições reais do efeito de fertilizantes.

Nestas equações, os ε_i são erros aleatórios que pressupõe-se independentes, com média zero, distribuição normal e variância (σ^2) constante. Tomando-se a , b e c como estimativas dos mínimos quadrados dos parâmetros α , β e γ respectivamente, e $\hat{y}$ sendo a produtividade estimada, então, as estimativas dos modelos adotados ficam:

$$\hat{Y} = a + bx + cx^2 \quad (3)$$

e

$$\hat{Y} = a + bx + c\sqrt{x} \quad (4)$$

(b) Testes das hipóteses

Para testar a significância dos coeficientes da regressão, utilizou-se o valor de "t", que é a razão entre o coeficiente de regressão e seu desvio padrão.

1. Função quadrática

Para que esta função apresente um ponto de máximo e este tenha abscissa positiva é necessário que o termo linear seja positivo e o termo quadrático negativo.

Coeficiente do termo linear:

$$H_0 : \beta = 0$$

contra a alternativa:

$$H_A : \beta > 0$$

Para o termo quadrático, a hipótese nula será testada contra a alternativa

$$H_A : \gamma < 0$$

2. Função raiz quadrada

Para que esta função apresente um ponto de máximo é necessário que o termo linear seja negativo e o termo com raiz quadrada positivo. Portanto, no caso do coeficiente do termo linear estaremos testando a hipótese nula

$$H_0 : \beta = 0$$

contra a alternativa

$$H_A : \beta < 0$$

Para o termo em raiz quadrada, a hipótese nula será testada contra a alternativa:

$$H_A : \gamma > 0$$

Segundo WONNACOTT e WONNACOTT (1976) a interpretação dos resultados da regressão deve ser feita com a máxima cautela. Se temos razões para supor que a nossa variável independente (x), esteja relacionada positivamente com a variável (Y) e o coeficiente "t" para o termo x não for estatisticamente significativo, isto não prova a não existência de relação entre x e Y. Qualquer valor positivo de "t" tende a afirmar nossa suposição inicial. Contudo, à medida que "t" se torna menor, nossa evidência estatística se torna mais fraca. Somente se "t" for zero ou negativo, os resultados estatísticos contradizem a expectativa anterior.

3.2.2. Modelo econômico

Pressupõe-se competição perfeita no mercado de fatores e de produtos e admite-se que o processo de produção possa ser representado pela seguinte função de produção:

$$Y = f(x; c_1, \dots, c_n)$$

onde consideramos apenas variação no uso de fertilizante $x(P_2O_5)$, mantendo os demais constantes. A função de lucro no caso de dois produtos e apenas um fator variável pode ser definida por:

$$\pi = P_A Y_A + P_B Y_B - P_x x - C \quad (5)$$

onde: π = renda líquida;

Y_A = quantidade produzida de arroz;

P_A = preço unitário do arroz;

Y_B = quantidade produzida da pastagem;

P_B = preço unitário da pastagem;

x = número de doses de fósforo (P_2O_5) por hectare;

P_x = preço unitário do fósforo, incluindo os custos variáveis de aplicação do mesmo;

C = custos fixos.

O preço unitário de P_2O_5 foi determinado partindo-se do preço unitário do superfosfato simples, posto na fazenda, levando-se em conta que o mesmo contém cerca de 18% de P_2O_5 . Ao preço unitário do P_2O_5 , foram incluídos os custos

variáveis de aplicação do mesmo no solo, como mostra a Tabela 2.

Tabela 2 - Estimativa do custo de aplicação de fósforo por hectare, ano de 1981.

Itens	Quantidade	Preço unitário (Cr\$)	Custo do insumo aplicado
P ₂ O ₅	75 kg	113,00	8.475,00
Mão-de-obra	1,14 h	112,37	128,10
Óleo diesel	1,69 l	50,00	84,50
Lubrificantes	-	-	16,90
Despesa total com insumo			(8.704,50)
Custo unitário (Cr\$/kg de P ₂ O ₅)			116,06

FONTE: Dados da pesquisa.

A estimativa do custo de aplicação de P₂O₅ por hectare, foi calculado para novembro de 1981, época de instalação do experimento, por maior facilidade na obtenção dos dados. Por outro lado, o preço do quilograma de arroz pago ao produtor, na mesma ocasião, foi obtido considerando-se os preços publicados na revista "Informações Econômicas", do Instituto de Economia Agrícola (IEA) para a DIRA de Araçatuba e que era de Cr\$ 28,75. Deve-se ressaltar que este preço utilizado para o arroz tende a superestimar a dose ótima, já que se trata

de um valor tomado na época de entressafra do produto, quando os preços estão mais elevados.

Para se calcular o preço da pastagem, usou-se a tabela de Exigências Nutritivas para gado de corte em termos de Matéria Seca por animal e por dia, segundo a categoria e o peso. Esta tabela é baseada em recomendações da Comissão de Nutrição Animal do Conselho Nacional de Pesquisas dos Estados Unidos (JARDIM, 1976).

Foram feitas análises de Matéria Seca da Pastagem no Laboratório de Nutrição Animal da UNESP de Ilha Solteira, e calculado com base na tabela fornecida por JARDIM, o consumo de pastagem por animal e por dia. O valor do aluguel de pasto por cabeça por mês, foi obtido de "Informações Econômicas" também para a DIRA de Araçatuba. O cálculo do preço do kg da pastagem encontra-se no Apêndice 1.

O produtor interessado em maximizar seu lucro, deverá maximizar a função expressa em (5). Para que esta função seja maximizada, duas condições devem ser satisfeitas. A primeira delas é que a derivada de π em relação x seja zero.

Então de (5) obtemos:

$$\frac{d\pi}{dx} = P_A \frac{d\hat{Y}_A}{dx} + P_B \frac{d\hat{Y}_B}{dx} - P_x = 0 \quad (6)$$

e a derivada segunda seja menor do que zero:

$$\frac{d^2 \pi}{dx^2} = P_A \frac{d^2 \hat{Y}_A}{dx^2} + P_B \frac{d^2 \hat{Y}_B}{dx^2} < 0$$

Obtidas as estimativas das funções de resposta do arroz e da brachiária, usando-se as funções (3) ou (4), e de acordo com (6), podemos calcular as doses econômicas x^* de fósforo.

Assim, para o modelo quadrático, no caso do arroz:

$$\hat{Y}_A = a_A + b_A x + c_A x^2$$

e da brachiária:

$$\hat{Y}_B = a_B + b_B x + c_B x^2$$

temos:

$$\frac{d\hat{Y}_A}{dx} = b_A + 2c_A x$$

e

$$\frac{d\hat{Y}_B}{dx} = b_B + 2c_B x$$

A condição necessária para renda líquida máxima fica:

$$\frac{d\pi}{dx} = P_A (b_A + 2c_A x) + P_B (b_B + 2c_B x) - P_x = 0$$

segue-se que:

$$x^* = \frac{P_x - P_A b_A - P_B b_B}{2(c_A P_A + c_B P_B)} \quad (7)$$

Se for usado o modelo raiz quadrada,

$$\hat{Y}_A = a_A + b_A x + c_A \sqrt{x}$$

e

$$\hat{Y}_B = a_B + b_B x + c_B \sqrt{x}$$

temos:

$$\frac{d\hat{Y}_A}{dx} = b_A + \frac{c_A}{2\sqrt{x}}$$

e

$$\frac{d\hat{Y}_B}{dx} = b_B + \frac{c_B}{2\sqrt{x}}$$

A condição necessária para a renda líquida máxima fica:

$$\frac{d\pi}{dx} = P_A \left(b_A + \frac{c_A}{2\sqrt{x}} \right) + P_B \left(b_B + \frac{c_B}{2\sqrt{x}} \right) - P_x = 0$$

segue-se que:

$$x^* = \frac{(P_A c_A + P_B c_B)^2}{4(P_x - P_A b_A - P_B b_B)^2} \quad (8)$$

3.2.3. Modelo da função de resposta

Com a finalidade de estudar a influência do fósforo, da época de plantio da brachiária e o efeito de blocos utilizaremos o seguinte modelo:

$$Y_i = \alpha_1 + \delta_1 B_1 + \delta_2 B_2 + \delta_3 B_3 + \delta_4 P + \delta_5 E + \delta_6 P^2 + \delta_7 E^2 + \delta_8 EP + u_i \quad (9)$$

onde:

Y_i = produção de arroz em kg/ha ou produção de brachiária em kg de massa verde/ha;

B_i = blocos;

P = fósforo;

E = época de plantio da brachiária: 10, 20 e 30 dias após a emergência do arroz;

u_i = erro aleatório.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo dividiremos a apresentação dos resultados e sua discussão em três partes: resultados descritivos, estatísticos e econômicos.

4.1. Resultados descritivos

Os rendimentos obtidos nos cinco tratamentos nos diferentes experimentos são apresentados na Tabela 3 (arroz) e na Tabela 4 (pastagem). As denotações "a", "b" e "c", são a lusivas às épocas de plantio da brachiária, ou seja, 10, 20 e 30 dias respectivamente, após a emergência do arroz. Devemos ter em mente entretanto, que a importância relativa da brachiária está subestimada pois a produção foi obtida considerando-se apenas um corte, o que não reflete a realidade, já que a produção da pastagem se estende por todo o ano e por vá

Tabela 3 - Rendimentos obtidos na cultura de arroz (Y_A), por tratamento, nos diferentes experimentos (média de quatro repetições), em kg/ha, 1981.

Experi- mentos	Níveis de fósforo (kg de P ₂ O ₅ /ha)					Médias
	0	75	150	225	300	
A(07/10)						
a ¹	736	749	1437	921	1142	997
b	1835	1856	1964	851	2491	1799
c	1406	2310	1704	1881	2603	1980
B(27/10)						
a	1836	1837	1678	1591	1806	1750
b	1934	1968	1894	1501	1750	1809
c	1561	1989	2001	1710	2107	1874
C(16/11)						
a	240	106	51	71	66	107
b	332	204	211	161	241	230
c	393	313	392	317	362	355

¹

a = 10 dias; b = 20 dias, c = 30 dias após emergência.

Tabela 4 - Rendimentos obtidos com a pastagem (Y_P), por tratamento, nos diversos experimentos (média de quatro repetições), em kg/ha, 1981.

Experi- mentos	Níveis de fósforo (kg de P ₂ O ₅ /ha)					Médias
	0	75	150	225	300	
A(07/10)						
a ¹	10458	11041	10375	10541	9999	10483
b	5041	12291	8291	13750	11250	10125
c	4333	3208	2500	2503	2765	3062
B(27/10)						
a	3708	7958	9750	9166	9166	7950
b	2791	6791	8958	9541	10625	7741
c	2208	5458	3166	6250	5500	4516
C(16/11)						
a	6291	6541	8833	7125	7875	7333
b	6333	7416	8250	6458	8499	7391
c	2208	2827	3166	4000	1625	2765

¹ a = 10 dias; b = 20 dias; c = 30 dias após emergência.

ríos anos dependendo do manejo.

Se analisarmos a Tabela 3 podemos notar que a produção média de arroz obtida foi bem superior nos experimentos A(07/10) e B(27/10), quando comparada com o experimento C(16/11/81).

Quando se observa as produções de arroz dentro de cada período de consorciação, verificamos que os picos de

produção ocorreram principalmente nas épocas b e c, que se referem ao plantio da brachiária realizado 20 e 30 dias após a emergência do arroz, respectivamente.

A Tabela 4 nos mostra que os picos de produção da pastagem ocorreram também nos dois primeiros experimentos (A e B), na época b de plantio da brachiária, embora a produção média maior tenha ocorrido, nos experimentos A e B, na época a de consorciação.

Quando calculamos o valor total da produção, utilizando os preços do arroz (Cr\$ 28,75) e da brachiária (Cr\$... 0,56) multiplicados pelas respectivas quantidades médias produzidas ($\bar{Y}_A$ e $\bar{Y}_B$), notamos que o valor total da produção é maior quando a pastagem é instalada 20 a 30 dias após a emergência dos arroz.

Quando comparamos as duas tabelas, sem levar em consideração os níveis de fósforo, podemos verificar que nos três experimentos, à medida que a produção média do arroz aumenta, a produção média de brachiária diminui, o que deve ser devido à competição entre as duas culturas. KORNELIUS *et alii* (1982), constataram que quando o plantio de *B. decumbens* se deu entre as linhas de arroz, houve uma grande redução na produção do arroz, devido a um maior desenvolvimento e competição da forrageira com o arroz.

4.2. Resultados estatísticos

Pela análise de variância (Tabelas 20 a 25 do Apêndice 2), verifica-se que houve significância estatística para época de consorciação, tanto para a brachiária como para o arroz, exceção feita apenas para o arroz no experimento B (27/10/81). Houve diferença significativa para fósforo apenas no experimento A(07/10/81), para o arroz. O que se pode concluir da análise destas tabelas é que tanto para o arroz como para a brachiária, a variável que teve um efeito mais significativo foi a época de consorciação e não o fósforo como era de se esperar.

Após a análise de variância, foram estimadas as funções de resposta. Para que se pudesse escolher as equações que melhor se ajustassem ao processo produtivo analisado, tentou-se utilizar os seguintes indicadores de escolha, que são os mesmos usados por SILVA (1967).

- (1) o sinal dos coeficientes parciais da regressão deveria ser coerente com a teoria econômica;
- (2) o valor do coeficiente de determinação (r^2) fosse o maior possível;
- (3) os coeficientes parciais da regressão fossem significativamente diferentes de zero, a um nível de probabilidade de no mínimo 10%.

Pela análise dos resultados obtidos, pudemos notar que as funções referentes à produção de arroz, tanto a quadrática (Tabela 26) como a raiz quadrada (Tabela 27) apresentaram na maioria das equações, os sinais dos coeficientes parciais da regressão contrários ao esperado. Somente duas funções apresentaram os sinais dos coeficientes coerentes com o esperado para os dois tipos de função estimada, e outras duas para a função raiz quadrada.

Esta inversão de sinal dos coeficientes parciais da regressão ocorrida com o arroz, não aconteceu da mesma forma com a brachiária, onde apenas uma função de resposta apresentou sinal contrário ao esperado nos dois tipos de função estimadas. As Tabelas 26, 27, 28 e 29 do Apêndice 2, trazem as estimativas dos parâmetros, os desvios padrões, valores de " t " e r^2 para todas as funções de resposta estimadas. O r^2 , coeficiente de determinação, definido como a razão entre a soma do quadrado da regressão e a soma do quadrado total, indica a proporção da variação na produção que é explicada pela regressão.

As estimativas dos parâmetros, os valores de r^2 , de " t " e os desvios padrões do modelo (1) são apresentados nas Tabelas 5 e 6, e do modelo (2), nas Tabelas 7 e 8. Estas tabelas foram montadas com base nas funções estimadas para o arroz, onde todas as funções que apresentaram os sinais dos coeficientes coerentes com o esperado, foram consideradas. Devemos ressaltar que a denotação " p ", refere-se à produção

do arroz (Tabela 7) e de pastagem (Tabela 8), em função dos níveis de fósforo, sem levar em consideração a época de plantio da brachiária. No caso deste trabalho em que outros fatores estão influenciando nos resultados, como por exemplo a época de consorciação, os coeficientes de determinação usados nas Tabelas 5 a 8 foram calculados como a razão entre a soma do quadrado da regressão e a soma do quadrado do efeito de fósforo para cada caso específico.

Pelo que podemos verificar nestas tabelas, os coeficientes parciais da regressão foram não significativos, exceção feita apenas ao coeficiente do termo raiz quadrada para o caso B-p (Tabela 8). Apesar destes coeficientes não terem a apresentado significância estatística, se considerarmos nossa pressuposição inicial a respeito do sinal destes coeficientes, ou seja se temos razões para crer que a variável x esteja relacionada positivamente com (Y), mesmo que o coeficiente " t " para o termo x não for estatisticamente significativo, qualquer valor positivo de t , pode ser considerado significativo. Segundo CRUZ (1975), "em agricultura onde há uma grande compo nente de risco e incerteza devido a variações climáticas, pra gas e doenças, não se deve ser excessivamente rigoroso no que diz respeito aos níveis de significância estatísticos".

Tabela 5 - Estimativas dos parâmetros da equação $\hat{Y} = a + bx + cx^2$. Produção arroz, 1981.

Experi- ¹ mentos	Termo constante	Coeficientes de regressão, desvio padrão e teste "t"				r ²
	a	s(a)	b	s(b)	c	s(c)
A-a	688,23 (2,25)	305,00	323,76 ^{ns} (0,89)	361,29	-56,34 ^{ns} (-0,65)	86,61
B-c	1659,46 (7,037)	235,79	185,33 ^{ns} (0,663)	279,31	-26,00 ^{ns} (-0,388)	66,96
						36,26

ns - não significativo a 10%.

¹ Os valores do teste "t" são apresentados entre parênteses.

A-a = arroz (07/10) e brachiária 10 dias após emergência.

B-c = arroz (27/10) e brachiária 30 dias após emergência.

Tabela 6 - Estimativa dos parâmetros da equação $\hat{Y} = a + bx + cx^2$. Produção brachiária, 1981.

Experi- ¹ mentos	Termo constante	Coeficientes de regressão, desvio padrão e teste "t"				r ²
	a	s(a)	b	s(b)	c	s(c)
A-a	10564,25 (8,489)	1244,45	263,13 ^{ns} (0,178)	1474,15	-101,20 ^{ns} (-0,286)	353,40
B-c	2666,66 (1,324)	2013,84	1487,48 ^{ns} (0,623)	2385,55	-187,49 ^{ns} (-0,327)	571,89
						61,32
						49,39

ns - não significativo a 10%.

¹ Os valores do teste "t" são apresentados entre parênteses.

¹ Idem tabela 6.

Tabela 7 - Estimativas dos parâmetros da equação $\hat{Y} = a + bx + c\sqrt{x}$. Produção arroz, 1981.

Experi- ¹ mentos	Termo constante a	Coeficientes de regressão, desvio padrão e teste "t"					r ²
		s(a)	b	s(b)	c	s(c)	
B-p	1795,09 (12,476)	143,88	-79,20 ^{ns} (-0,501)	157,78	142,99 ^{ns} (0,448)	319,12	7,97
A-a	708,63 (2,198)	322,35	-56,01 ^{ns} (-0,158)	353,51	326,30 ^{ns} (0,456)	714,98	33,88
B-b	1949,54 (7,822)	249,20	-142,76 ^{ns} (-0,522)	273,29	121,40 ^{ns} (0,219)	552,74	49,66
B-c	1581,88 (6,347)	249,20	-135,50 ^{ns} (-0,495)	273,29	458,17 ^{ns} (0,828)	552,74	52,41

ns - não significativo a 10%

Os valores do teste "t" são apresentados entre parênteses.

¹ B-p = arroz (27/10) e fósforo;

A-a = arroz (07/10) e brachiária 10 dias após emergência;

B-b = arroz (27/10) e brachiária 20 dias após emergência;

B-c = arroz (27/10) e brachiária 30 dias após emergência.

Tabela 8 - Estimativas dos parâmetros da equação $\hat{Y} = a + bx + c \sqrt{x}$. Produção brachiária, 1981.

Experi- ¹ mentos	Termo _constante	Coeficientes de regressão, desvio padrão e teste "t"					r ²
		a	s(a)	b	s(b)	c	s(c)
B-p	2919,52 (2,375)	1228,84	-892,32 ^{ns} (-0,662)	1347,62	4556,61* (1,671)	2725,57	99,31
A-a	10477,71 (7,966)	1315,26	-625,07 ^{ns} (-0,433)	1442,39	1021,56 ^{ns} (0,350)	2917,24	73,97
B-b	2764,11 (1,298)	2128,42	-323,61 ^{ns} (-0,138)	2334,15	4575,77 ^{ns} (0,969)	4720,83	99,43
B-c	2337,52 (1,098)	2128,42	-440,50 ^{ns} (-0,188)	2334,15	2489,44 ^{ns} (0,527)	4720,83	55,89

ns - não significativo a 10%.

* - significativo a 10%.

Os valores do teste "t" são apresentados entre parênteses.

¹ Idem tabela 8.

Nas Tabelas 30 a 35 do Apêndice 2, quando os efeitos de blocos, do nutriente e da época de plantio da brachiária foram levados em consideração, os valores de r^2 aumentaram razoavelmente, o que nos leva a crer que outros fatores além do fósforo, foram responsáveis pela variação na produção.

Com base nos indicadores de escolha, foram selecionadas algumas funções para a análise econômica. As funções, tanto quadrática como raiz quadrada, tiveram um ajustamento melhor com os dados de produção de brachiária do que com os de arroz. Deve-se ressaltar que com o critério de seleção adotado, tentou-se satisfazer os três indicadores de escolha citados anteriormente, porém, isto nem sempre foi possível. As funções selecionadas para o arroz, não atendem aos três critérios. Na maioria dos casos foram selecionadas apenas com base nos sinais dos coeficientes parciais da regressão. Como o objetivo do presente trabalho, é se fazer uma análise conjunta, as funções selecionadas para a brachiária corresponderam aos mesmos casos das selecionadas para o arroz, justificando - se deste modo a não inclusão de equações que apresentaram valores maiores para r^2 e melhor significância dos coeficientes parciais da regressão.

A seguir apresentamos as funções de resposta escolhidas para o arroz e brachiária:

CASO 1:

$$\hat{Y}_A(A-a) = 688,23 + 323,76x - 56,34x^2$$

$$\hat{Y}_B(A-a) = 10564,25 + 263,13x - 101,20x^2$$

CASO 2:

$$\hat{Y}_A(B-b) = 1949,54 - 142,76x + 121,40 \sqrt{x}$$

$$\hat{Y}_B(B-b) = 2764,11 - 323,61x + 4575,77 \sqrt{x}$$

CASO 3:

$$\hat{Y}_A(B-c) = 1581,88 - 135,50x + 458,17 \sqrt{x}$$

$$\hat{Y}_B(B-c) = 2337,52 - 440,50x + 2489,44 \sqrt{x}$$

CASO 4:

$$\hat{Y}_A(B-p) = 1795,09 - 79,20x + 142,99 \sqrt{x}$$

$$\hat{Y}_B(B-p) = 2919,52 - 892,32x + 4556,61 \sqrt{x}$$

Para se calcular doses economicamente ótimas em ensaios de adubação, o ideal é que os níveis de adubo utilizados estejam no estágio racional de produção, como é chamado o segundo estágio de produção. Mas, saber qual o intervalo que corresponde ao estágio racional é muito difícil quando da instalação do experimento. Nas Tabelas 9 e 10, a seguir, vamos apresentar os valores esperados da produção do arroz ($\hat{Y}_A$), da

Tabela 9 - Produção esperada, produto médio, marginal e coeficiente de elasticidade para o arroz, 1981.

Experimentos ¹	Doses (x)	Produção esperada ($\hat{Y}_A$) (em kg/ha)	Produto médio (kg/ha)	Produto marginal (kg/ha)	Coeficiente de elasticidade
A-a	0	688,23	-	-	-
	1	955,66	955,66	211,08	0,221
	2	1110,40	555,20	98,40	0,177
	2,87	1153,36	401,87	0,00	0,000
	3	1152,45	384,15	-14,28	-0,037
	4	1081,82	270,46	-126,96	-0,469
B-b	0	1949,54	-	-	-
	0,18	1975,35	10974,17	0,00	0,000
	1	1928,18	1928,18	-82,06	-0,043
	2	1835,71	917,86	-99,84	-0,109
	3	1731,53	577,18	-107,71	-0,187
	4	1621,30	405,33	-112,41	-0,277
B-c	0	1581,88	-	-	-
	1	1904,56	1904,56	93,58	0,049
	2	1958,83	979,42	26,48	0,027
	2,86	1969,19	688,53	0,00	0,000
	3	1968,95	656,32	-3,24	-0,005
	4	1956,22	489,06	-20,96	-0,043
B-p	0	1795,09	-	-	-
	0,81	1859,63	2295,84	0,00	0,000
	1	1858,88	1858,88	-7,70	-0,004
	2	1838,90	919,45	-28,64	-0,031
	3	1805,15	601,72	-37,92	-0,063
	4	1764,25	441,06	-43,45	-0,099

$$a) \hat{Y}_A(A-a) = 688,23 + 323,76x - 56,34x^2$$

$$b) \hat{Y}_A(B-b) = 1949,54 - 142,76x + 121,40 \sqrt{x}$$

$$c) \hat{Y}_A(B-c) = 1581,88 - 135,50x + 458,17 \sqrt{x}$$

$$d) \hat{Y}_A(B-p) = 1795,09 - 79,20x + 142,99 \sqrt{x}$$

¹ A(07/10) e B(27/10)

a = 10 dias; b = 20 dias e c = 30 dias após emergência

p = fósforo.

Tabela 10 - Produção esperada, produto médio, marginal e coeficiente de elasticidade para a brachiária, 1981.

Experimento ⁱ	Doses (x)	Produção esperada (Y _B) (em kg/ha)	Produto médio (kg/ha)	Produto marginal (kg/ha)	Coeficiente de elasticidade
A-a	0	10564,25	-	-	-
	1	10726,19	10726,19	60,73	0,006
	1,3	10735,30	8257,92	0,00	0,000
	2	10685,72	5342,86	-141,67	-0,027
	3	10442,86	3480,95	-344,07	-0,099
	4	9997,59	2499,40	-546,47	-0,219
B-b	0	2764,11	-	-	-
	1	7016,27	7016,27	1964,28	0,280
	2	8588,00	4294,00	1294,17	0,301
	3	9718,73	3239,58	997,30	0,308
	4	10621,19	2655,30	820,34	0,309
	49,98	18938,87	378,93	0,00	0,000
B-c	0	2337,52	-	-	-
	1	4386,46	4386,46	804,22	0,183
	2	4977,11	2488,56	439,65	0,177
	3	5327,84	1775,95	278,14	0,157
	4	5554,38	1388,60	181,86	0,131
	7,98	5854,67	733,67	0,00	0,000
B-p	0	2919,52	-	-	-
	1	6583,81	6583,81	1385,99	0,211
	2	7578,90	3789,45	718,69	0,190
	3	8134,84	2711,61	423,06	0,156
	4	8463,45	2115,86	246,84	0,117
	6,51	8736,56	1342,02	0,00	0,000

a) $Y_B(A-a) = 10564,25 + 263,13x - 101,20x^2$

b) $Y_B(B-b) = 2764,11 - 323,61x + 4575,77 \sqrt{x}$

c) $Y_B(B-c) = 2337,52 - 440,50x + 2489,44 \sqrt{x}$

d) $Y_B(B-p) = 2919,52 - 892,32x + 4556,61 \sqrt{x}$

¹ Idem tabela 10.

produção de brachiária (Y_B), produto médio (PMe), marginal (PMa) e o coeficiente de elasticidade, para as funções escolhidas.

Convém ressaltar que estamos chamando de x , o número de doses do nutriente (P_2O_5) utilizadas no ensaio, como também, o valor de x que maximiza as referidas funções. Sendo q , a quantidade de P_2O_5 em quilogramas correspondente a uma dose, portanto, a quantidade do nutriente em kg/ha é dada por $X = qx$. No caso presente $q = 75$ kg de P_2O_5 .

As equações selecionadas relacionam as produções físicas do arroz e brachiária, que podem ser esperadas da utilização dos vários níveis do fertilizante (Tabelas 9 e 10). A terceira coluna da Tabela 9 (produção esperada), mostra que à medida que se aumenta a quantidade de P_2O_5 , o rendimento físico do arroz, cresce a uma taxa decrescente, atinge um máximo e finalmente declina. Na Tabela 10, para B-b; B-c e B-p, onde as doses de P_2O_5 que levam à máxima produção estão fora do limite do experimento, a produção esperada cresce a uma taxa decrescente.

O produto marginal de um insumo, mede o acréscimo do produto total atribuível ao emprego de uma unidade adicional do insumo variável, sendo que os outros fatores são mantidos constantes. Observando-se as Tabelas 9 e 10, podemos notar que o valor máximo da produção, ocorre no ponto em que o produto marginal do fator é igual a zero.

As Tabelas 9 e 10 contêm a produção esperada, produto médio, marginal e coeficiente de elasticidade para o

arroz e brachiária respectivamente. Mas, no caso deste trabalho, estamos diante de uma consorciação, portanto os dois produtos devem ser analisados conjuntamente.

Como se trata de dois produtos distintos, arroz e brachiária, é necessário transformá-los em valor monetário antes de medir o efeito do nutriente sobre a produção. Para tanto, basta definir a produção em termos de valor ou renda bruta. Assim:

$$RB = \hat{Y}_A P_A + \hat{Y}_B P_B$$

e a condição de primeira ordem para renda bruta máxima é:

$$\frac{d}{dx} (\hat{Y}_A P_A + \hat{Y}_B P_B) = 0$$

ou

$$\frac{d\hat{Y}_A}{dx} P_A + \frac{d\hat{Y}_B}{dx} P_B = 0 \quad (10)$$

GOMINHO e MAFRA (1979), mostram que a máxima produção física conjunta ocorrerá quando:

$$\frac{d\hat{Y}_A}{dx} + \frac{d\hat{Y}_B}{dx} = 0 \quad (11)$$

mas, a condição de primeira ordem para que a renda bruta seja máxima (10) só dará origem à equação (11), quando o preço dos

produtos forem iguais, ou seja, $P_A = P_B$, que não é muito provável de acontecer.

Aplicando-se a condição (10) em cada uma das equações selecionadas anteriormente, página 36, e utilizando -se os preços $P_A = \text{Cr\$ } 28,75$ e $P_B = \text{Cr\$ } 0,56$, que são os preços da época de instalação do experimento no campo (novembro de 1981), encontraremos a dose de P_2O_5 que determina a renda bruta máxima (x_R). Estas doses estão apresentadas nas Tabelas 11 a 14

4.3. Resultado econômico

4.3.1. Dose ótima econômica

Lançando mão das funções de produção, dos preços dos produtos e do nutriente, podemos calcular com base nas expressões (7) para a quadrática e (8) para a raiz quadrada, as doses economicamente ótimas do nutriente, para os quatro casos selecionados. As Tabelas 11, 12, 13 e 14, apresentam o comportamento econômico, retorno por hectare, para os cinco níveis de P_2O_5 estudados, como também a dose ótima (x^*), a dose que torna máxima a produção de arroz (x_A), de brachiária (x_B) e a dose que torna máxima a renda bruta (x_R) com os preços mantidos constantes.

Tabela 11. Valores da produção, receita, custo do adubo e retorno por hectare, com os preços constantes. Experimento A, primeira época de plantio da brachiária. Ilha Solteira, 1981.

Tratamentos	P205 (doses)	P205 (kg/ha)	Produção (kg/ha)		Receita (Cr\$)		Custo (Cr\$)		Retorno líquido por hectare (Cr\$)
			Annoz	Brachiária	Annoz	Brachiária	Total	P205	
0	0	0	688,23	10564,25	19786,61	5915,98	25702,59	0	25702,59
x*	0,22	16,50	756,73	10617,24	21755,99	5945,65	27701,64	1914,99	25786,65
1	1	75	955,66	10726,19	27475,23	6006,67	33481,90	8704,50	24777,40
x _B	1,30	97,50	1013,91	10735,30	29149,91	6011,73	35161,64	11315,85	23845,79
2	2	150	110,40	10685,72	31924,00	5984,00	37908,00	17409,00	20499,00
x _R	2,82	211,50	1153,19	10501,49	33154,21	5884,83	39035,04	25546,69	14488,35
x _A	2,87	215,30	1153,36	10485,86	33159,10	5872,08	39031,18	24981,92	14049,26
3	3	225	1152,45	10442,86	33132,94	5848,00	38980,94	26113,50	12867,44
4	4	300	1081,82	9997,59	31102,33	5598,65	36700,98	34818,00	1882,98

Tabela 12. Valores da produção, receita, custo do adubo e retorno por hectare, com os preços constantes. Experimento B, segunda época de plantio da *Brachíaria*. Ilha Solteira, 1981.

Tratamentos	P205 (doses)	P205 (kg/ha)	Produção (kg/ha)		Receita (Cr\$)		Custo (Cr\$)		Retorno líquido por hectare (Cr\$)
			Adubo	<i>Brachíaria</i>	Adubo	<i>Brachíaria</i>	Total	P205	
0	0	0	1949,54	2764,11	56049,28	1547,90	57597,18	0	57597,18
* x	0,05	3,75	1969,55	3771,10	56624,56	2111,82	58736,38	435,23	58301,15
x _A	0,18	13,50	1975,35	4647,19	56791,31	2602,43	59393,74	1506,81	57826,93
x _R	0,84	63	1940,89	6686,04	55800,59	3744,18	59544,77	7111,78	52232,99
1	1	75	1928,18	7016,27	55435,18	3929,11	59364,29	8704,50	50659,79
2	2	150	1835,71	8588,00	52776,66	4809,28	57585,94	17409,00	40176,94
3	3	225	1731,53	9718,73	49781,49	5442,49	55223,98	26113,50	29110,48
4	4	300	1621,30	10621,19	46612,38	5947,87	52560,25	34818,00	17742,25
x _B	49,98	3748,50	-4327,35	18938,87	-	10605,77	10605,77	435050,91	-424445,14

Tabela 13. Valores da produção, receita, custo do adubo e retorno por hectare, com os preços constantes. Experimento B, terceira época de plantio da brachiária. Ilha Solteira, 1981.

Tratamentos	P205 (doses)	P205 (kg/ha)	Produção (kg/ha)		Receita (Cr\$)		Custo (Cr\$)		Retorno líquido por hectare (Cr\$)
			Annoz	Brachiária	Annoz	Brachiária	Total	P205	
0	0	0	1581,89	2337,53	45479,34	1309,02	46788,36	0	46788,36
x ^a	0,32	24	1797,70	3604,80	51681,88	2018,69	53702,57	2785,44	50917,13
1	1	75	1904,56	4386,46	54756,10	2456,42	57212,52	8704,50	48508,02
x _R	1,33	99,75	1930,05	4622,62	55488,44	2588,67	58077,61	11576,99	46500,62
2	2	150	1958,83	4977,11	56316,36	2787,18	59103,54	17409,00	41694,54
x _A	2,86	214,50	1969,19	5287,72	56614,21	2961,12	59575,33	24894,87	34680,46
3	3	225	1968,95	5327,84	56607,31	2983,59	59590,90	26113,50	33477,40
4	4	300	1956,22	5554,38	56241,33	3110,45	59351,78	34818,00	24533,78
x _B	7,98	598,50	1794,87	5854,67	51602,51	3278,62	54881,13	69461,91	-14580,78

Tabela 14. Valores da produção, receita, custo do adubo e retorno por hectare, com os preços constantes. Experimento B. Ilha Solteira, 1981.

Tratamentos	P205 (doses)	P205 (kg/ha)	Produção (kg/ha)		Receita (Cr\$)		Custo (Cr\$)		Retorno líquido por hectare (Cr\$)
			Arroz	Bacchiana	Arroz	Bacchiana	Total	P205	
0	0	0	1795,09	2919,52	51608,84	1634,93	53243,77	0	53243,77
x*	0,08	6	1829,20	4136,94	52589,50	2316,69	54906,19	696,36	54209,83
x _A	0,81	60,75	1859,63	6297,69	53464,36	3526,71	56991,07	7050,65	49940,42
1	1	75	1858,88	6583,81	53442,80	3686,93	57129,73	8704,50	48425,23
x _R	1,10	82,50	1857,94	6716,98	53415,78	3761,51	57177,29	9574,95	47602,34
2	2	150	1838,90	7578,90	52868,38	4244,18	57112,56	17409,00	39703,56
3	3	225	1805,15	8134,84	51898,06	4555,51	56453,57	26113,50	30340,07
4	4	300	1764,25	8463,45	50722,19	4739,53	55461,72	34818,00	20643,72
x _B	6,51	488,25	1644,33	8736,56	47274,57	4892,47	52167,04	56666,30	-4499,26

Comparando nestas tabelas as doses x_R e x_A , notamos que a dose x_R está sempre próxima da x_A (dose que maximiza a produção de arroz). Isto se deve ao fato de o arroz ter um peso maior por apresentar um preço cerca de 50 vezes o da brachiária. Isto mostra a importância da consorciação como fator de diminuição do custo de formação da pastagem.

4.3.2. Demanda pelo insumo

Ao analisarmos a demanda, vamos pressupor inicialmente que o agricultor compra o insumo e vende o produto em um mercado de concorrência perfeita. O empresário maximizador de lucro aumentará o uso do insumo até que se atinja o ponto onde o valor do produto marginal do insumo é exatamente igual ao preço do insumo, ou seja:

$$VPMa\ x = Px \quad (12)$$

O valor do produto marginal de um insumo é definido como o aumento obtido na receita bruta da empresa quando uma unidade adicional do insumo é utilizada na produção. Portanto, enquanto o acréscimo na receita bruta for maior do que o gasto adicional com o insumo variável, maiores quantidades do insumo devem ser utilizadas, com todas as outras condições da produção mantidas constantes, até que se atinja a con

dição de máximo lucro (12).

Como neste trabalho temos dois produtos e um insumo, a condição (12) se torna:

$$VPMa_x(A) + VPMa_x(B) = P_x$$

como o valor do produto marginal é definido como o resultado da produtividade marginal (f_A ou f_B), multiplicada pelo preço do produto (P_A ou P_B), temos que:

$$P_A f_A + P_B f_B = P_x \quad (13)$$

onde $P_A f_A$ é o valor do produto marginal de P_2O_5 para o arroz e $P_B f_B$ é o valor do produto marginal de P_2O_5 para a brachiária.

Sabemos da teoria econômica, que a curva de demanda para um fator variável é a própria curva do valor do produto marginal do serviço produtivo em questão¹. Com os preços dos produtos mantidos constantes, unidades de P_2O_5 são acrescentadas enquanto o valor do produto marginal exceder o preço do insumo, pois se continuarmos a aumentar quantidades de P_2O_5 além do ponto onde $VPMa = P_x$, estaremos aumentando mais o custo total do que a receita total.

Para que o agricultor se interesse em aplicar maiores quantidades de P_2O_5 , o preço do fertilizante deveria

¹ FERGUSON (1981). p.400.

ser reduzido, porque quanto menor o custo do insumo, maior a quantidade procurada, isto é o que diz a própria lei da procura. Mas fica mais difícil de se analisar os efeitos de mudanças nos preços dos produtos (P_A e P_B). Para isto será preciso mudarmos as próprias curvas de demanda.

A Figura 1 sintetiza toda essa discussão sobre o assunto.

A curva de demanda pelo adubo é a linha DD', proveniente da soma do valor dos produtos marginais do adubo para arroz e brachiária, enquanto que a linha horizontal, ao preço de P_2O_5 dominante, representa a própria curva de oferta deste insumo para o agricultor.

A área hachuriada representa para o produtor, o custo do adubo (área retangular) e o lucro (área triangular).

Figura 1 - Curvas de demanda e oferta de P_2O_5 para o produtor.

4.3.3. Análise da variação dos preços

As recomendações de dose ótima econômica apresentadas até aqui, pressupõem preços constantes de insumo e produtos, porém na prática isto geralmente não ocorre. Se hou

ver variações nos preços estas quantidades ótimas do insumo podem sofrer alterações substanciais.

Vimos que os preços apresentados foram para o arroz $PY_A = \text{Cr\$ } 28,75 \text{ o kg}$; para a pastagem $PY_B = \text{Cr\$ } 0,56 \text{ o kg}$ e para o fósforo $P_x = \text{Cr\$ } 8704,50 \text{ a dose de } P_2O_5$, que são os preços de novembro de 1981, época da instalação do experimento em campo. A Tabela 15 a seguir, traz uma variação nestes preços de 50% acima e abaixo daqueles níveis.

Tabela 15 - Variações nos preços dos produtos e insumo.

Componentes	Preços		
	Aumento de 50%	Normal	Diminuição de 50%
PY_A (Cr\$/kg)	43,13	28,75	14,38
PY_B (Cr\$/kg)	0,84	0,56	0,28
P_x (Cr\$/dose)	13056,75	8704,50	4352,25

Nas Tabelas 16 a 19 são apresentadas várias alternativas obtidas de algumas combinações destes preços, partindo da alternativa (1), que contém os preços normais para os produtos e insumo, ou seja, os preços de novembro de 1981. Com base nestas várias situações de preços, foram calculadas as quantidades ótimas de P_2O_5 em kg/ha, além do rendimento físico dos dois produtos e do retorno líquido por hectare.

Tabela 16. Quantidades ótimas de P205 (kg/ha) para várias alternativas de preços do arroz, bracharia e P205. Experimento A, primeira época de plantio da bracharia. Ilha Solteira, 1981.

Alternativas	Preço Cr\$			Dosegem ótima	Rendimento físico		Retorno líquido por hectare		
	Arroz (kg)	Brachiaria (kg)	P205 (dose= 75 .kg)		kg/ha	P205		Rendimento físico	
								kg/ha	Arroz
1	28,75	0,56	8704,50	16,50		10617,24	756,73	25786,65	
2	28,75	0,56	13056,75*	-80,25		-	-	-	
3	43,13*	0,56	8704,50	81,75		10730,83	974,19	38538,16	
4	28,75	0,84*	8704,50	18,00		10621,57	762,69	28760,38	
5	43,13*	0,84*	8704,50	81,75		10730,83	974,19	41542,81	
6	28,75	0,56	4352,25*	114,00		10730,40	1050,18	29586,28	
7	14,38*	0,56	8704,50	-168,75		-	-	-	
8	28,75	0,28*	8704,50	15,75		10615,04	753,74	22814,29	
9	14,38*	0,28*	8704,50	-177,75		-	-	-	
10	43,13*	0,84*	13056,75*	16,50		10617,24	756,73	38683,76	
11	14,38*	0,28*	4352,25*	16,50		10617,24	756,73	12897,10	
12	14,38*	0,56	13056,75*	-357,00		-	-	-	
13	14,38*	0,28*	13056,75*	-372,75		-	-	-	
14	43,13*	0,56	4352,25*	147,00		10691,21	1106,36	45173,97	
15	43,13*	0,84*	4352,25*	146,25		10692,54	1105,33	48167,73	

* preços alterados em relação à linha 1.

Tabela 17. Quantidades ótimas de P205 kg/ha) para várias alternativas de preços do Araz, brachiania e P205. Experimento B, segundo da época de plantio da brachiania. Ilha Solteira, 1981.

Alternativas	Preço (Cr\$)		Dosagem ótima (kg/ha P205)	Rendimento físico		Retorno líquido por hectare
	Araz	Brachiania		kg/ha	Araz	
	(kg)	(kg)		Brachiania	Araz	
1	28,75	0,56	8704,50	3,75	3771,10	58301,15
2	28,75	0,56	13056,75*	2,25	3546,95	58125,14
3	43,13*	0,56	8704,50	5,25	3952,09	86641,98
4	28,75	0,84*	8704,50	6,00	4032,44	59399,11
5	43,13*	0,84*	8704,50	6,75	4107,72	87767,31
6	28,75	0,56	4352,25*	9,00	4310,37	58657,26
7	14,38*	0,56	8704,50	3,00	3666,32	30006,38
8	28,75	0,28*	8704,50	2,25	3546,95	57262,56
9	14,38*	0,28*	8704,50	1,50	3404,75	29019,40
10	43,13*	0,84*	13056,75*	3,75	3771,10	87461,58
11	14,38*	0,28*	4352,25*	3,75	3771,10	29160,43
12	14,38*	0,56	13056,75*	1,50	3404,75	29885,68
13	14,38*	0,28*	13056,75*	0,75	3218,45	28958,99
14	43,13*	0,56	4352,25*	9,75	4371,86	87053,42
15	43,13*	0,84*	4352,25*	13,50	4647,19	88317,08

* preços alterados em relação à linha 1

Tabela 18. Quantidades ótimas de P2 O5 (kg/ha) para várias alternativas de preços do Azo, brachiania e P2 O5. Experimento B, terceira época de plantio da brachiania. Ilha Solteira, 1981.

Alternativas	Preço (Cr\$)			Dosagem ótima kg/ha P2O5	Rendimento físico		Retorno líquido por hectare
	Brachiaria		kg/ha		Aço2		
	Aço2 (kg)	(kg)					
1	28,75	0,56	8704,50	24	3604,80	1797,70	50917,13
2	28,75	0,56	13056,75*	13,50	3314,41	1751,88	49872,40
3	43,13*	0,56	8704,50	38,25	3890,68	1839,97	77097,39
4	28,75	0,84*	8704,50	26,25	3656,12	1805,51	51932,97
5	43,13*	0,84*	8704,50	40,50	3929,01	1845,39	78191,61
6	28,75	0,56	4352,25*	55,50	4153,05	1875,74	53032,56
7	14,38*	0,56	8704,50	9,75	3177,84	1729,46	25517,64
8	28,75	0,28*	8704,50	22,50	3568,89	1792,18	49913,11
9	14,38*	0,28*	8704,50	8,25	3114,72	1718,93	24632,84
10	43,13*	0,84*	13056,75*	24	3604,80	1797,70	76384,67
11	14,38*	0,28*	4352,25*	24	3604,80	1797,70	25467,55
12	14,38*	0,56	13056,75*	5,25	2965,33	1693,62	25100,87
13	14,38*	0,28*	13056,75*	4,50	2920,88	1685,98	24278,83
14	43,13*	0,56	4352,25*	77,25	4410,31	1907,31	80249,23
15	43,13*	0,84*	4352,25*	80,25	4441,28	1910,83	81487,86

* Preços alterados em relação à linha 1.

Tabela 19. Quantidades ótimas de P205 (kg/ha) para várias alternativas de preços do arroz, brackiária e P205. Experimento B, Ilha Solteira, 1981.

Alternativas	Preço (Cr\$)			Dosagem ótima kg/ha P205	Rendimento kg/ha		Retorno líquido por hectare
	Arroz	Brachiária	P205		Brachiária	Arroz	
	(kg)	(kg)	(dose= 75 kg)				
1	28,75	0,56	8704,50	6	4136,94	1829,20	54209,83
2	28,75	0,56	13056,75*	3	3795,15	1820,52	53942,96
3	43,13*	0,56	8704,50	9	4390,90	1835,12	80563,09
4	28,75	0,84*	8704,50	8,25	4332,62	1833,80	55403,65
5	43,13*	0,84*	8704,50	11,25	4550,44	1838,59	81815,08
6	28,75	0,56	4352,25*	16,50	4860,45	1844,73	54800,34
7	14,38*	0,56	8704,50	3,75	3893,79	1823,10	27961,47
8	28,75	0,28*	8704,50	4,50	3982,12	1825,36	53071,82
9	14,38*	0,28*	8704,50	2,25	3681,98	1817,48	26905,18
10	43,13*	0,84*	13056,75*	6	4136,94	1829,20	81323,89
11	14,38*	0,28*	4352,25*	6	4136,94	1829,20	27114,06
12	14,38*	0,56	13056,75*	1,50	3546,08	1813,73	27806,10
13	14,38*	0,28*	13056,75*	0,75	3366,26	1808,60	25819,65
14	43,13*	0,56	4352,25*	21	5080,80	1848,58	81355,87
15	43,13*	0,84*	4352,25*	25,50	5273,07	1851,54	82806,53

* Preços alterados em relação à linha 1

A última coluna destas tabelas, mostra que o retorno líquido por hectare varia em função dos preços do arroz (alternativas 3 e 7), da brachiária (alternativas 4 e 8), de ambos (alternativas 5 e 9) e do preço do insumo (alternativas 2 e 6).

Caso o preço do insumo seja reduzido em 50%, mantidos constantes os preços dos produtos, a quantidade ótima de P_2O_5 e o retorno por hectare aumentaram (alternativa 6). O contrário ocorre quando o preço do insumo sofre um aumento (alternativa 2).

Caso os preços do arroz, brachiária e P_2O_5 aumentarem ou diminuïrem na mesma proporção, a dosagem ótima não se altera e o retorno líquido por hectare aumenta ou diminui na mesma proporção (alternativas 10 e 11 respectivamente).

Vamos analisar os dois extremos possíveis de acontecer com os preços. A mais otimista das hipóteses para o produtor ocorreria se os produtos tivessem seus preços aumentados de 50% com o preço do insumo diminuindo da mesma porcentagem, neste caso, o retorno líquido seria o máximo possível e haveria interesse em utilizar quantidades razoáveis do adubo (alternativa 15). A hipótese mais pessimista ocorreria caso o preço dos produtos sofressem uma diminuição de 50% e o insumo tivesse seu preço aumentado dessa porcentagem. A quantidade de adubo a ser usada neste caso seria irrisória, ou mesmo zero, obtendo deste modo, o menor retorno líquido para estas relações de preços utilizadas (alternativa 13).

As diferenças nas recomendações de adubação nestes dois casos extremos são bastante grandes. Por isso, segundo SCHUH e TOLLINI (1972), não faz sentido falar sobre uma recomendação nessas circunstâncias. A recomendação correta depende do que o agricultor tem que pagar pelo fertilizante e do que ele espera receber pelo seu produto.

4.3.4. Determinação da melhor época de plantio da brachiária

Com a finalidade de se determinar a melhor época de plantio da brachiária, utilizou-se da função de resposta que contém o efeito de blocos (B), fósforo (P) e época de plantio da brachiária (E), cujas estimativas dos parâmetros estão apresentadas nas Tabelas 30 a 32 do Apêndice 2. Como queremos determinar a melhor época de plantio da brachiária, basta para isto derivar a função em relação à época e igualar a zero. Utilizou-se a dose média de P_2O_5 , que é 150 kg/ha.

A equação usada foi:

$$Y_A = -871,77B_1 - 334,11B_2 - 450,43B_3 - 97,36P + 1013,84E + \\ + 39,21P^2 - 310,06E^2 + 49,04EP$$

Apenas esta função que é relativa à produção de arroz do primeiro experimento (07/10/81), apresentou como resultado uma época coerente com as usadas no experimento. O i-

deal neste caso, é que o plantio da brachiária se realize aos 13 dias após a emergência do arroz.

5. CONCLUSÕES

Pelos resultados obtidos pode-se concluir que:

- (a) A quantidade de P_2O_5 a ser recomendada variou de 4 a 24 kg por hectare, para preços iguais aos correntes na época de instalação dos ensaios (novembro de 1981), devendo-se ressaltar que este é um valor relativamente baixo dadas as características dos solos de regiões de cerrado serem pobres em fósforo.
- (b) As produções do arroz e da pastagem foram bem superiores nos experimentos A e B, instalados no mês de outubro, o que sugere que o plantio deva ser realizado entre 07 e 27 de outubro.

- (c) Com base nas produções físicas obtidas, conclui-se que a pastagem deva ser semeada nas entrelinhas do arroz, de 10 a 20 dias após sua emergência, entretanto quando se considera o valor total da produção (quantidade x preço), percebe-se que a melhor época deve ser de 20 a 30 dias.
- (d) Quando utilizou-se a função de resposta que leva em consideração além do fósforo, o efeito de blocos e de época de plantio da brachiária obteve-se que a pastagem deva ser semeada 13 dias após a emergência do arroz. Esta conclusão só é válida para o experimento A(07/10/81), pois nos outros dois experimentos a época encontrada se situava fora dos límites estabelecidos no experimento.

6. LIMITAÇÕES DO ESTUDO

Pelas próprias características do trabalho, ou seja, a implantação de pastagem, a análise deveria ser realizada com dados de produção da brachiária para mais de um ano, o que daria um subsídio maior na interpretação dos resultados.

Outro fator que deve ser considerado é quanto à determinação da melhor época de plantio do arroz. Para uma maior segurança, o experimento como um todo deveria ser repetido mais de uma vez.

7. LITERATURA CITADA

COSTA, R.A. da, 1977. Funções de Produção Ajustadas a Ensaios Fatoriais³³ de Adubação de Arroz. Piracicaba, ESALQ/USP, 80p. [Dissertação de Mestrado].

CRUZ, E.R. da, 1975. Análise Econômica de Experimentos Usando Função de Produção Quadrática: Exemplo Simples e Didático do Uso de Fertilizantes na Cultura do Trigo. Brasília, EMBRAPA-DDM, 32p. [Mimeografado].

EMBRAPA, Brasília, 1979. Relatório Técnico Anual do Centro de Pesquisa de Gado de Corte 1976. 120p.

FERGUSON, C.E., 1981. Microeconomia. 4ed. rev. Rio de Janeiro, Forense-Universitária. 610p.

GOMINHO, M.S.F. e R.C. MAFRA, 1979. Uma Metodologia de Análise Agroeconômica para Culturas Consorciadas em Experimentos de Adubação. Pesquisa Agropecuária Pernambucana. Recife, 3(2): 161-182.

JARDIM, W.R., 1976. Alimentos e Alimentação do Gado Bovino. São Paulo, Editora Agronômica Ceres. 338p.

KORNELIUS, E.; M.G. SAUERESSIG e W.J. GOEDERT, 1982. Estabelecimento e Manejo de Pastagens nos Cerrados do Brasil. In: TERGAS, L.E.; P.A. SANCHEZ e E.A.S. SERRÃO. Produção de Pastagens em Solos Ácidos dos Trópicos. Brasília, Editerra/EMBRAPA/CIAT, p.167-187.

LANZER, E.A., 1970. Análise Econômica de um Grupo de Experimentos de Fertilização e Calagem do Solo na Cultura do Trigo. Porto Alegre, IEPE/UFRS, 117p. [Tese de Mestrado].

- LESSINGER, E., 1972. Análise Econômica do Efeito Residual do Fósforo e do Calcário num Experimento com Pastagem e Trigo através de Funções de Produção. Vacaria, RS, 1965/1970. Porto Alegre, IEPE/UFRS, 105p. [Tese de Mestrado].
- LIMA, L.A. de P., 1979. Análise Agroeconômica da Adubação NPK de Diferentes Populações de Milho, em dois Solos do Triângulo Mineiro. Viçosa, UFV, 77p. [Tese de Doutorado].
- MENEGUELLI, C.A. e H. TOLLINI, 1978. O Problema da Forma Algebrica de Funções de Resposta a Fertilizantes. Revista de Economia Rural. Brasília, 16(4): 97-104.
- NOVAIS, R.F. e B.V. DEFELIPO, 1971. Níveis ótimos de NPK, na Adubação de Arroz "de Sequeiro", em um Solo de Cerrado de Patos de Minas. Experientiae. Viçosa, 11(7): 281-296.
- PORTO, V.H. da F., 1980. Análise Econométrica de Dados Experimentais Sobre um Sistema de Produção Trigo-Soja, para a Cultura de Trigo. Piracicaba, ESALQ/USP, 109p. [Dissertação de Mestrado].
- SÃO PAULO. Secretaria da Agricultura. Instituto de Economia Agrícola, 1981. Informações Econômicas. São Paulo, 11(12): 70.

SÃO PAULO. Secretaria da Agricultura. Instituto de Economia Agrícola, 1982. Informações Econômicas. São Paulo, 12(1): 86.

SÃO PAULO. Secretaria da Agricultura. Instituto de Economia Agrícola, 1982. Informações Econômicas. São Paulo, 12(3): 76.

SCHUH, G.E. e H. TOLLINI, 1972. Análise Conjunta de Ensaios de Adubação. Brasília, Ministério da Agricultura, EAPA/SUPLAN, 44p. [Mimeografado].

SILVA, P.R., 1967. Análise Econômica do Emprego de Fertilizante na Cultura do Feijoeiro, através da Função de Produção - Zona da Mata, MG. Viçosa, UFV, 61p. [Tese de Mestrado].

STEFANELLO, E.L., 1975. Análise Econômica e Relação Técnica entre o Rendimento da Soja e o Emprego de Fertilizantes e Calcário em Dez Locais do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, IEPE/UFRS, 149p. [Tese de Mestrado].

TEIXEIRA, T.D.; F.R. GOMES; J.D. GALVÃO; H. TOLLINI e L.M. de MOURA, 1971. Análise Agroeconômica de Experimentos de Milho Realizados em Capinópolis e Sete Lagoas, Minas Gerais, através da Função de Produção. Experientiae. Viçosa, 11(2): 45-134.

VALDÊS, A.E., 1967. Analisis Económico de 20 Ensayos de Aplicación de Fertilizantes en Trigo, Maiz e Papas. In: MONTERO, E.B. e S.V. PERES. Investigación Económica y Experimentación Agrícola. Montevideo, OEA. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, p.79-129.

VIEIRA, S., 1970. Aspectos das Funções de Produção Ajustadas aos Ensaios Fatoriais 3^3 de Adubação. Piracicaba, ESALQ/USP, 165p. [Tese de Doutorado].

VIEIRA, S.; H.V. de ARRUDA e R. HOFFMANN, 1971. Estudo Comparativo de Três Funções na Análise Econométrica de Experimentos de Adubação. Piracicaba, ESALQ/USP. Departamento de Ciências Sociais Aplicadas, 111p.

WONNACOTT, R.J. e T.H. WONNACOTT, 1976. Econometria. Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos Editora S.A. 464p.

A P Ê N D I C E

APÊNDICE 1

O preço correspondente a um kg de massa verde da pastagem em questão foi calculado, usando-se o valor médio da quantidade de matéria seca existente nesta pastagem. Este valor, de 24,23%, foi obtido a partir de análises desta pastagem realizada pelo Laboratório de Nutrição Animal da UNESP, de Ilha Solteira.

Utilizando-se da tabela fornecida por JARDIM, onde uma vaca adulta com 400 kg de peso vivo, seca ou em gestação, consome 6,4 kg de matéria seca por dia, calculou-se a quantidade de massa verde consumida por cabeça por dia (26,41 kg de pastagem/cabeça/dia).

O valor do aluguel do pasto por cabeça por mês, obtido de "Informações Econômicas" para a DIRÁ de Araçatuba foi, para novembro de 1981, Cr\$ 443,00 ou Cr\$ 14,77 por animal e por dia.

A partir destes dados, calculou-se o valor do kg de brachiária, que foi de Cr\$ 0,56.

APÊNDICE 2

Tabela 20 - Análise de variância para a cultura do arroz. Experimento A (07/10/81).

Causas de variação	G.L.	SQ	QM	F
Blocos	3	5829926	1943308	6,16**
P ₂ O ₅	4	5544994	1386248	4,40*
Erro(a)	12	3784792	315399	-
Parc.	19	15159712		
E ¹	2	10956406	5478203	11,60**
ExP	8	5145084	643135	1,36 ^{ns}
EdP ₁	2	2452127	1226062	2,59 ^{ns}
EdP ₂	2	5157876	2578938	5,46**
EdP ₃	2	554116	277058	0,59 ^{ns}
EdP ₄	2	2649829	1324914	2,80 ^{ns}
EdP ₅	2	5287543	2643771	5,60**
PdE ₁	4	1401147	350286	0,83 ^{ns}
PdE ₂	4	5637362	1409340	3,35*
PdE ₃	4	3651567	912891	2,17 ^{ns}
Erro(b)	30	14174410	472480	-
Total	59	45435613	-	-

¹ E = época de plantio da brachiária

Níveis de significância: 5% (*) e 1% (**)

ns - não significativo a 5%

C.V. = 43,15

Tabela 21 - Análise de variância para a cultura do arroz. Experimento B
(27/10/81).

Causas de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Blocos	3	3399751	1133250	5,06*
P ₂ O ₅	4	833415	208353	0,93 ^{ns}
Erro(a)	12	2690330	224194	-
Parc.	19	6923497	-	-
E ¹	2	153954	76977	0,29 ^{ns}
ExP	8	805075	100634	0,38 ^{ns}
EdP ₁	2	298155	149077	0,56 ^{ns}
EdP ₂	2	60312	30156	0,11 ^{ns}
EdP ₃	2	216908	108454	0,41 ^{ns}
EdP ₄	2	88128	44064	0,17 ^{ns}
EdP ₅	2	295524	147762	0,56 ^{ns}
PdE ₁	4	194152	48538	0,19 ^{ns}
PdE ₂	4	610597	152649	0,61 ^{ns}
PdE ₃	4	833741	208435	0,83 ^{ns}
Erro(b)	30	7935942	264531	-
Total	59	15818470	-	-

¹ E = época de plantio da brachiária.

Nível de significância: 5% (*)

ns - não significativo a 5%

C.V. = 28,38

Tabela 22 - Análise de variância para a cultura do arroz. Experimento C
(16/11/81).

Causas de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Blocos	3	452353	150784	11,18**
P ₂ O ₅	4	135783	33945	2,52 ^{ns}
Erro(a)	12	161828	13485	-
Parcelas	19	749964	-	-
E ¹	2	618789	309394	24,68**
Exp	8	49122	61403	0,49 ^{ns}
EdP ₁	2	47317	23658	1,89 ^{ns}
EdP ₂	2	86143	43071	3,44*
EdP ₃	2	232565	116282	9,28**
EdP ₄	2	123922	61961	4,94*
EdP ₅	2	177962	88981	7,10**
PdE ₁	4	95595	23898	1,86 ^{ns}
PdE ₂	4	65087	16271	1,27 ^{ns}
PdE ₃	4	24222	6055	0,47 ^{ns}
Erro(b)	30	376115	12537	-
Total	59	1793991	-	-

¹ E = época de plantio da brachiária.

Níveis de significância: 5% (*) e 1% (**)

ns - não significativo a 5%

C.V. = 48,45

Tabela 23 – Análise de variância para a brachiária.
Experimento A(07/10/81).

Causas de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Blocos	3	101194006	33731335	7,82**
P ₂ O ₅	4	52158712	13039678	3,02 ^{ns}
Erro(a)	12	51772542	4314378	–
Parcelas	19	205125260	–	–
E ¹	2	700593688	350296844	42,03**
ExP	8	152709672	19088709	2,29*
EdP ₁	2	89809519	44904759	5,39*
EdP ₂	2	193908159	96954079	11,63**
EdP ₃	2	133199157	66599578	7,99**
EdP ₄	2	2268523015	134261507	16,11**
EdP ₅	2	2167863514	83931757	10,07**
PdE ₁	4	2244592	561148	0,08 ^{ns}
PdE ₂	4	193209256	48302314	6,91**
PdE ₃	4	9414533	2353633	0,34 ^{ns}
Erro(b)	30	250013996	8333799	–
Total	59	591308442617	–	–

¹ E = época de plantio de brachiária.

Níveis de significância: 5%(*) e 1% (**)

ns – não significativo a 5%

C.V. = 36,58

Tabela 24 - Análise de variância para a brachiária.

Experimento B(27/10/81).

Causas de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Blocos	3	178293764	59431254	2,69 ^{ns}
P ₂ O ₅	4	244573476	61143369	2,77 ^{ns}
Erro(a)	12	264759276	22063273	-
Parcelas	19	687626516	-	-
E ¹	2	148212130	74106065	4,51*
ExP	8	53986746	6748343	0,41 ^{ns}
EdP ₁	2	4574220	2287110	0,14 ^{ns}
EdP ₂	2	12518526	6259263	0,38 ^{ns}
EdP ₃	2	103347661	51673830	3,14 ^{ns}
EdP ₄	2	25976746	12988373	0,79 ^{ns}
EdP ₅	2	55781723	27890861	1,70 ^{ns}
PdE ₁	4	96768799	24192199	1,32 ^{ns}
PdE ₂	4	153754842	38438710	2,10 ^{ns}
PdE ₃	4	48036579	12009144	0,66 ^{ns}
Erro(b)	30	493244140	16441471	-
Total	59	591383069533	-	-

¹ E = época de plantio de brachiária

Nível de significância: 5% (*)

ns - não significativo a 5%

C.V. = 60,20

Tabela 25 - Análise de variância para a brachiária.
Experimento C(16/11/81).

Causas de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Blocos	3	9914754	3304918	0,76 ^{ns}
P ₂ O ₅	4	20586127	5146531	1,19 ^{ns}
Erro(a)	12	51918932	4326577	-
Parcelas	19	82419813	-	-
E ¹	2	281792448	140896224	74,58**
ExP	8	25635383	3204422	1,70 ^{ns}
EdP ₁	2	44921753	22460876	11,89**
EdP ₂	2	47488355	23744177	12,57**
EdP ₃	2	77721845	38860922	20,57**
EdP ₄	2	21671376	10835688	5,74**
EdP ₅	2	115624500	57812250	30,60**
PdE ₁	4	17194224	4298556	1,59 ^{ns}
PdE ₂	4	15827294	3956823	1,46 ^{ns}
PdE ₃	4	13199988	3299997	1,22 ^{ns}
Erro(b)	30	56679080	1889302	-
Total	59	446526724	-	-

¹ E = época de plantio de brachiária.

Nível de significância: 1% (**)

ns - não significativo a 5%

C.V. = 23,58

Tabela 26. Estimativas dos parâmetros, seus respectivos desvios padrões, coeficientes de determinação, valores de "t"^{1/} - Produção Arroz - Relativos à equação $\hat{y} = a + bx + cx^2$

Experi- mento	E s t i m a t i v a s						Coeficien- te de De- terminação
	a	s(a)	b	s(b)	c	s(c)	
A-p	1454,23 (8,25)	176,09	-48,32 (-0,23)	208,59	39,21 (0,78)	50,00	3,67
B-p	1846,39 (13,56)	136,13	-33,24 (-0,20)	161,26	5,42 (0,14)	38,65	0,13
C-p	313,10 (10,16)	30,80	-97,27 (-2,66)	36,48	18,75 (2,14)	8,74	6,60
A-a	688,23 (2,25)	305,00	323,76 ^{NS} (0,89)	361,29	-56,34 ^{NS} (-0,65)	86,61	8,17
B-a	1882,64 (7,98)	235,79	-173,40 (-0,62)	279,31	35,69 (0,533)	66,96	1,95
C-a	231,57 (4,34)	53,34	-133,60 (-2,11)	63,19	23,79 (1,57)	15,15	54,25
A-b	2026,27 (6,643)	305,00	-545,50 (-1,509)	361,29	144,05 (1,66)	86,61	9,05
B-b	1997,06 (8,46)	235,79	-111,67 (-0,399)	279,31	6,59 (0,098)	66,96	4,25
C-b	326,37 (6,117)	53,34	-124,66 (-1,97)	63,19	25,52 (1,68)	15,15	18,06
A-c	1648,19 (5,403)	305,00	76,77 (0,212)	361,29	29,92 (0,345)	86,61	11,13
B-c	1659,46 (7,037)	235,79	185,33 ^{NS} (0,663)	279,31	-26,00 ^{NS} (-0,388)	66,96	9,47
C-c	381,36 (7,148)	53,34	-33,55 (-0,53)	63,19	6,94 (0,458)	15,15	0,58

1/ Os valores do teste "t" são apresentados entre parênteses

NS. Não significativo a 10%.

Tabela 27. Estimativas dos parâmetros, seus respectivos desvios padrões, coeficientes de determinação e valores de "t" ^{1/} - Produção Arroz - Relativos à equação $\hat{y} = a + bx + c\sqrt{x}$

Experi- mento	E s t i m a t i v a s						Coeficientes de Determina- ção.
	a	s(a)	b	s(b)	c	s(c)	
A-p	1361,50 (7,315)	186,11	84,59 (0,414)	204,10	50,58 (0,122)	412,79	3,12
B-p	1795,09 (12,476)	143,88	-79,20 ^{NS} (-0,501)	157,78	142,99 ^{NS} (0,448)	319,12	0,41
C-p	321,98 (9,890)	32,55	55,36 (1,550)	35,70	-164,01 (-2,271)	72,20	7,00
A-a	708,63 (2,198)	322,35	-56,01 ^{NS} (-0,158)	353,51	326,30 ^{NS} (0,456)	714,98	6,86
B-a	1853,84 (7,438)	249,20	40,64 (0,148)	273,29	-150,58 (-0,272)	552,74	1,00
C-a	241,97 (4,291)	56,38	58,60 (0,947)	61,83	-205,03 (-1,639)	125,05	55,94
A-b	1896,98 (5,88)	322,35	296,40 (0,838)	353,51	-561,49 (-0,785)	714,98	2,24
B-b	1949,54 (7,822)	249,20	-142,76 ^{NS} (-0,522)	273,29	121,40 ^{NS} (0,219)	552,74	4,39
C-b	333,72 (5,918)	56,38	75,14 (1,215)	61,83	-206,48 (-1,651)	125,05	17,60
A-c	1478,89 (4,587)	322,35	13,38 (0,037)	353,51	386,93 (0,541)	714,93	11,64
B-c	1581,88 (6,347)	249,20	-135,50 ^{NS} (-0,495)	273,29	458,17 ^{NS} (0,828)	552,74	13,69
C-c	390,25 (6,921)	56,38	32,32 (0,522)	61,83	-80,54 - 0,644	125,05	0,96

1/ Os valores do teste "t" são apresentados entre parênteses

NS Não significativo a 10%

Tabela 28. Estimativas dos parâmetros, seus respectivos desvios padrões e coeficientes de determinação e valores de "t" ^{1/} - Produção *brachiaria* - relativos a equação $\hat{y} = a + bx + cx^2$.

Experi	E s t i m a t i v a s						Coeficiente de Determinação
	a	s(a)	b	s(b)	c	s(c)	
A-p	6935,96 (9,653)	718,48	1046,59 ^{NS} (1,229)	851,10	-189,83 ^{NS} (-0,930)	-204,03	1,22
B-p	3212,30 (2,762)	1162,69	3255,94** (2,364)	1377,29	-498,01* (-1,508)	330,18	16,87
C-p	4916,59 (11,010)	446,55	1114,14** (2,106)	528,98	-219,11** (-1,727)	126,81	3,32
A-a	10564,25 (8,489)	1244,45	263,13 ^{NS} (0,178)	1474,15	-101,20 ^{NS} (-0,286)	353,40	4,06
B-a	3971,43 (1,972)	2013,84	4319,63** (1,810)	2385,55	-776,78* (-1,358)	571,89	15,14
C-a	6154,77 (25,163)	244,58	1232,13*** (4,252)	289,73	-214,28*** (-3,085)	69,45	17,75
A-b	5915,46 (4,753)	1244,45	4256,55*** (2,887)	1474,15	-717,26** (-2,029)	353,40	21,42
B-b	2998,82 (1,489)	2013,84	3960,69* (1,660)	2385,55	-529,75 ^{NS} (-0,926)	571,89	31,60
C-b	6615,48 (8,553)	773,45	539,88 ^{NS} (0,589)	916,22	-50,59 ^{NS} (-0,230)	219,64	7,37
A-c	4328,18 (3,477)	1244,45	-1379,90 (-0,936)	1474,15	248,94 (0,704)	353,40	11,70
B-c	2666,66 (1,324)	2013,84	1487,48 ^{NS} (0,623)	2385,55	-187,49 ^{NS} (-0,327)	571,89	16,43
C-C	1979,52 (2,559)	773,45	1570,41** (1,714)	916,22	-392,46** (-1,786)	219,64	15,73

1/ - Os valores do teste "t" são apresentados entre parênteses

Níveis de significância 1% (***), 5% (**) e 10% (*)

Tabela 29. Estimativas dos parâmetros, seus respectivos desvios padrões, coeficientes de determinação e valores de "t" ^{1/} - Produção *Brachiaria* -Relativos à equação :
 $\hat{y} = a + bx + c \sqrt{x}$

Experi- mento	E s t i m a t i v a s						Coefici- ente de Determi- nação
	a	s(a)	b	s(b)	c	s(c)	
A-p	6694,05 (8,815)	759,36	-752,70 ^{NS} (-0,903)	832,76	2197,66* (1,304)	1684,27	1,67
B-p	2919,52 (2,375)	1228,84	-892,32 ^{NS} (-0,662)	1347,62	4556,61* (1,671)	2725,57	17,56
C-p	4894,38 (10,370)	471,96	-532,64 ^{NS} (-1,029)	517,58	1627,88* (1,555)	1046,81	2,98
A-a	10477,71 (7,966)	1315,26	-625,07 ^{NS} (-0,433)	1442,39	1021,56 ^{NS} (0,350)	2917,24	4,90
B-a	3656,93 (1,718)	2128,42	-1912,85 ^{NS} (-0,819)	2334,15	6604,63* (1,399)	4720,83	15,48
C-a	6201,14 (23,988)	258,50	-264,41 ^{NS} (-0,932)	283,49	1351,24** (2,356)	573,36	15,43
A-b	5234,19 (3,979)	1315,26	-2152,28 * (-1,492)	1442,39	7480,46*** (2,564)	2917,24	24,90
B-b	2764,11 (1,298)	2128,42	-323,61 ^{NS} (-0,138)	2334,15	4575,77 ^{NS} (0,969)	4720,83	31,91
C-b	6383,68 (7,809)	817,46	-219,62 ^{NS} (-0,244)	896,48	1177,31 ^{NS} (0,649)	1813,13	8,93
A-c	4370,24 (3,322)	1315,26	519,24 (0,359)	1442,39	-1909,04 (-0,654)	2917,24	11,10
B-c	2337,52 (1,098)	2128,42	-440,50 ^{NS} (-0,188)	2334,15	2489,44 ^{NS} (0,527)	4720,83	18,59
C-c	2098,32 (2,566)	817,46	-1113,88 ^{NS} (-1,242)	896,48	2355,09 ^{NS} (1,298)	1813,13	8,31

1/ Os valores do teste "t" são apresentados entre parênteses
 Níveis de significância: 1% (***), 5% (**) e 10% (*).

Tabela 30 - Estimativas dos parâmetros das variáveis blocos, fósforo e época de plantio da brachiária, ajustados aos dados do experimento A da produção de arroz.

Variáveis	Estimativa do parâmetro	Teste "t" ¹
B ₁ = 2º bloco	-871,77	-3,294**
B ₂ = 3º bloco	-334,11	-1,262 ^{ns}
B ₃ = 4º bloco	-450,43	-1,702 ^{ns}
P = fósforo	- 97,36	-0,394
E = época	1013,84	2,284*
P ²	39,21	0,701
E ²	-310,06	-1,562 ^{ns}
PxE	49,04	0,605 ^{ns}

R²% (41,04)

ns - não significativo ao nível de 5%

¹ níveis de significância 1% (**) e 5% (*)

Tabela 31 - Estimativas dos parâmetros das variáveis blocos, fósforo e época de plantio da brachiária, ajustados aos dados do experimento B da produção de arroz.

Variáveis	Estimativa do parâmetro	Teste "t" ¹
B ₁ = 2º bloco	-289,73	-1,636 ^{ns}
B ₂ = 3º bloco	239,78	1,354 ^{ns}
B ₃ = 4º bloco	322,04	1,818 ^{ns}
P = fósforo	- 89,20	-0,539
E = época	- 47,48	-0,159
P ²	5,42	0,145
E ²	- 1,20	-0,009 ^{ns}
ExP	55,95	1,032 ^{ns}

R² % (24,18)

¹ não significativo ao nível de 5%

Tabela 32 – Estimativas dos parâmetros das variáveis blocos, fósforo e época de plantio de brachiária, ajustados aos dados do experimento C da produção de arroz.

Variáveis	Estimativa do parâmetro	Teste "t" ¹
B ₁ = 2º bloco	-119,80	-3,068**
B ₂ = 3º bloco	96,97	2,483*
B ₃ = 4º bloco	86,00	2,202*
P = fósforo	-113,59	-3,118
E = época	89,08	1,360 ^{ns}
P ²	18,75	2,273
E ²	1,33	0,045
PxE	16,31	1,364 ^{ns}

R²% (67,50)

¹ não significativo ao nível de 5%

Níveis de significância 1% (**) e 5% (*)

Tabela 33- Estimativas dos parâmetros das variáveis blocos, fósforo e época de plantio da brachiária ajustados aos dados do experimento A da produção de brachiária.

Variáveis	Estimativa do parâmetro	Teste "t" ¹
B ₁ = 2º bloco	1777,78	1,571 ^{ns}
B ₂ = 3º bloco	-1617,27	-1,429 ^{ns}
B ₃ = 4º bloco	-1088,87	-0,962 ^{ns}
P = fósforo	1167,82	1,106 ^{ns}
E = época	3236,45	1,705*
P ²	- 189,83	-0,794 ^{ns}
E ²	-3352,31	-3,950**
PxE	- 121,22	-0,349 ^{ns}

R²% (62,58)

¹ não significativo ao nível de 5%

Níveis de significância 1% (**) e 5% (*)

Tabela 34 - Estimativas dos parâmetros das variáveis blocos, fósforo e época de plantio da brachiária, ajustados aos dados do experimento B da produção de brachiária.

Variáveis	Estimativa do parâmetro	Teste "t" ¹
B ₁ = 2º bloco	- 688,90	-0,470 ^{ns}
B ₂ = 3º bloco	-4344,44	-2,969**
B ₃ = 4º bloco	-2822,23	-1,929 ^{ns}
P = fósforo	3493,43	2,559**
E = época	1774,98	0,723 ^{ns}
P ²	- 498,01	-1,611 ^{ns}
E ²	-1508,33	-1,374 ^{ns}
PxE	- 237,49	-0,530 ^{ns}

R²% (40,80)

¹ não significativo ao nível de 5%

Nível de significância 1% (**)

Tabela 35 - Estimativas dos parâmetros das variáveis blocos, fósforo e época de plantio da brachiária, ajustados aos dados do experimento C da produção de brachiária.

Variáveis	Estimativa do parâmetro	Teste "t" ¹
B ₁ = 2º bloco	- 588,89	-0,983 ^{ns}
B ₂ = 3º bloco	- 157,03	-0,262 ^{ns}
B ₃ = 4º bloco	-1044,45	-1,744 ^{ns}
P = fósforo	1301,36	2,329*
E = época	2775,00	2,763**
P ²	- 219,11	-1,731*
E ²	-2342,22	-5,214**
PxE	- 187,22	-1,021 ^{ns}

R²% (69,28)

¹ não significativo ao nível de 5%

Níveis de significância 1% (**) e 5% (*)