

## ANÁLISE DA ADUBAÇÃO FOSFATADA NA PRODUÇÃO FÍSICA E ECONÔMICA DA ACÁCIA - NEGRA

Romualdo Maestri<sup>\*</sup>  
Luiz Roberto Graça<sup>\*\*</sup>  
João Walter Simões<sup>\*\*\*</sup>  
A.J.P.Freitas<sup>\*\*\*\*</sup>

### RESUMO

Estimativas de funções de resposta à adubação fosfatada foram obtidas para acácia-negra aos três anos de idade, na região de Guaíba, RS. Em blocos casualizados, com quatro repetições, compararam-se os seguintes tratamentos, por planta: a) testemunha (sem adubação); b) 150 g de superfosfato simples; c) 150 g de superfosfato simples + 86,5 Kg de calcário dolomítico, por parcela (3000 Kg/ha); d) 300 g de superfosfato simples; e) 190 g de termofosfato; f) 380 g de termofosfato; g) 300 g de fosfato de Araxá; h) 600 g de fosfato de Araxá; i) 1.200g de fosfato de Araxá; j) 75 g de superfosfato simples + 300 g de fosfato de Araxá; k) 230 g de hiperfosfato; l) 460 g de hiperfosfato. Utilizou-se o espaçamento de 3,0 x 1,33m, compondo 2.500 plantas/ha. O fosfato de Araxá e o hiperfosfato foram aplicados a lanço e incorporados ao solo, enquanto que, o superfosfato simples e o termofosfato foram aplicados no sulco e na cova de plantio, respectivamente. A produção volumétrica foi afetada pelos tratamentos empregados. O hiperfosfato, na forma em que foi aplicado, teve um efeito menor na produção, quando comparado com os demais tratamentos. Para cada fertilizante, foi ajustada uma função resposta (quadrática para o fosfato de Araxá e semi-logarítmica para os demais) e uma análise econômica comparativa entre funções foi realizada, utilizando-se os preços dos insumos, da lenha e da casca, como parâmetros. Para árvores dessas idades, os resultados desse estudo sugerem que a adubação com o fosfato de Araxá é a mais econômica, permitindo um ganho líquido com relação à testemunha de 69,81 OTN's/ha, seguindo o superfosfato simples e o termofosfato com um ganho líquido de 51,52 e 37,59 OTN's, respectivamente.

**PALAVRAS-CHAVE:** Adubação, fósforo, análise econômica. *Acacia mearnsii*.

---

\* Eng. Florestal - Bolsista da EMBRAPA • Centro Nacional de Pesquisa de Florestas.

\*\* Eng. Agrônomo, Ph.D., Pesquisador da EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa de Florestas.

\*\*\* Eng. Agrônomo, Prof. Dr. - ESALQ/IPEF - Departamento de Silvicultura.

\*\*\*\* Técnico agrícola da Florestal Guaíba Ltda.

# PHOSPHATE FERTILIZATION IN BLACK WATTLE: EFFECTS ON YIELD AND ITS ECONOMIC RETURNS

## ABSTRACT

Volumetric production and estimation of response functions of phosphate fertilization were determined in three-year old black-wattle in Guaíba, RS, Brazil. A randomized complete block design consisting of several phosphorous (P) sources and levels with 4 replications of the following treatments per plant was used: a) control; b) 150 g of ordinary superphosphate (20%  $P_2O_5$ ); c) 150 g of ordinary superphosphate plus 86,5 kg of lismetone per block plot; d) 300 g of ordinary superphosphate; e) 190 g of thermalphosphate (19%  $P_2O_5$ ); f) 380g of thermalphosphate; g) 300 g of Araxá rock phosphate (30%  $P_2O_5$ ); h) 600 g of Araxá rock phosphate; i) 1200 g of Araxá rock phosphate; j) 75 g of ordinary superphosphate + 300 g of Araxá rock phosphate; k) 230 g of African rock phosphate or hyperphosphate (30%  $P_2O_5$ ); l) 460g of hyperphosphate. The spacing utilized was 3,0 x 1,33 m compromising 2.500 plants per hectare. Ordinary superphosphate and hyperphosphate were band seeded while Araxá rock phosphate and thermalphosphate were applied by broadcasting and in the hole, respectively. Wood volume production was affected by all the treatments. Hyperphosphate had a smaller effect in comparison with other fertilizers. A response function for each fertilizer was estimated (quadratic for Araxá rock phosphate and semi-log for the others) and an economic analysis among these functions (except for hyperphosphate) was performed taking the input-output prices of May 1985 as parameters. The results showed that fertilization with Araxá rock phosphate is the most economical followed by the ordinary superphosphate and thermalphosphate.

## 1. INTRODUÇÃO

A acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild) assume importante papel na economia do sul do país, com maior relevância no Estado do Rio Grande do Sul, onde existe uma área plantada ao redor de 160 mil ha, distribuídos principalmente em minifúndios. Sua principal função é a de fornecer tanino, o qual é extraído da casca e empregado no curtimento de couros. A casca da acácia-negra apresenta teores médios de tanino da ordem de 27%, aos oito anos de idade. A madeira é utilizada em caldeiras como lenha, empregada na produção de carvão vegetal, como também é aproveitada pelas indústrias de celulose e chapas de partículas (aglomerado). A acácia-negra pertence à família das leguminosas e, possuindo a propriedade de manter boa relação simbiótica nas raízes com bactérias do gênero *Rhizobium*, as quais fixam o nitrogênio do ar, não se justifica a utilização de adubação nitrogenada à cultura. A fertilização deve, então, obedecer às necessidades da espécie, onde, no caso particular da acácia-negra, destaca-se o elemento fósforo. O presente trabalho visa apresentar dados preliminares relativos às respostas na produção da acácia-negra, pela aplicação de fertilizantes fosfatados, sendo testadas quatro fontes de fósforo em diversas dosagens. Devido à falta de informações sobre o assunto, os tratamentos foram estabelecidos em base empírica, cujos resultados fornecerão subsídios para novos testes mais aperfeiçoados. Apesar

de estes resultados serem ainda preliminares, procurou-se evidenciar sua aplicabilidade através de uma análise econômica dos mesmos.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado no Horto Santo Amaro, da Florestal Guaíba Ltda., município de General Câmara, RS, em outubro de 1980.

### 2.1. Delineamento estatístico.

Compõe-se de doze tratamentos dispostos em blocos ao acaso, com quatro repetições:

1. Testemunha (sem adubação);
2. 150 g de superfosfato simples, por planta;
3. 150 g de superfosfato simples, por planta + 86,5 kg de calcário dolomítico, por parcela (equivalente a 3.000 kg/ha);
4. 300 g de superfosfato simples, por planta;
5. 190 g de termofosfato (marca Yoorin), por planta;
6. 380 g de termofosfato (marca Yoorin), por planta;
7. 300 g de fosfato de Araxá, por planta;
8. 600 g de fosfato de Araxá, por planta;
9. 1.200 g de fosfato de Araxá, por planta;
10. 75 g de superfosfato simples, por planta + 300 g de fosfato de Araxá, por planta;
11. 230 g de hiperfosfato, por planta;
12. 460 g de hiperfosfato, por planta.

O espaçamento utilizado foi o de 3,0 x 1,33 m, correspondente a uma população de 2.500 plantas/ha.

### 2.2. Fertilizantes.

Os produtos utilizados diferem na sua concentração em fósforo e em solubilidade. Dentre os quatro tipos testados, o superfosfato simples é solúvel em água, o termofosfato é pouco solúvel em água, mas totalmente solúvel em ácido cítrico a 2% e os fosfatos naturais de Araxá e hiperfosfato são pouco solúveis em água e parcialmente solúveis em solução de ácido nítrico a 2%.

Na Tabela 1, são apresentadas as características químicas dos fertilizantes.

**TABELA 1. Características químicas dos fertilizantes (Malavolta, 1979)**

Produto	Porcentagem de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> *				Porcentagem de		
	Água	Citrato	Ac.cítrico	Total	Ca	Mg	S
Superfosfato simples	14-18	15-20	16-20	19-21	25-28	-	12
Termofosfato	-	-	16	19	28	16	-
Fosfato de Araxá	-	2-3	6	30	42-45	-	-
Hiperfosfato	-	6-7	12-14	30	40-42	-	-

\* Relação 1 g de produto/100 ml de extrator.

### 2.2.1. Aplicação.

As formas de aplicação dos produtos foram as seguintes:

superfosfato simples: no sulco de plantio;

termofosfato: na cova de plantio;

fosfato de Araxá: a lança e incorporado ao solo;

hiperfosfato: no sulco de plantio;

A aplicação dos fertilizantes ocorreu imediatamente antes do plantio.

### 2.2.2. Calcário.

Em cada parcela do tratamento 3, foram aplicados, 100 dias antes do plantio e a lança na área, 86,5 kg de calcário dolomítico, equivalentes a 3.000 kg/ha.

### 2.3. Características do solo.

O experimento foi instalado em solo podzólico vermelho amarelo, abrupto, textura argilosa e substrato arenito. As análises química e mecânica do solo encontram-se na Tabela 2.

**TABELA 2. Análise do solo do local do experimento.****A – Análise química**

pH	C.O. %	Teor trocável em m.e./100 ml de terra						
		PO <sub>4</sub> <sup>+3</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Al <sup>+3</sup>	H <sup>+</sup>	CTC
4,3	0,72	0,02	0,12	0,33	0,38	3,00	5,90	6,74

**B – Análise mecânica**

Areia	Limo	Argila
59,5%	19,3%	21,2%

**2.4. Análise econômica da fertilização.**

Para cada fonte de fósforo, foi ajustado um modelo estatístico, o qual representa a função resposta da acácia-negra à fertilização. Este modelo foi escolhido dentre vários, com base no seu ajustamento (coeficiente de determinação) e na sua significância estatística, através do teste F. Convém observar, no entanto, que a estimativa desta função, dado o baixo número de graus de liberdade dos resíduos, deve ser considerada com certa cautela.

Para análise econômica destas funções de respostas estimadas, utilizou-se o método da análise marginal, conforme descrito por NORONHA (1984). Segundo este método, a otimização econômica de um insumo se dá quando o produto físico marginal (PFMa) se iguala à relação de preços do insumo e do produto. Assim, se  $Y = f(x)$ , onde  $Y$  é a produção de acácia-negra em esteres/ha e  $X$  a quantidade de

adubo em kg/ha, a otimização econômica se daria quando  $\frac{dy}{dx} = \text{PFMa} = \frac{P_x}{P_y}$ ,

sendo que  $P_x$  representa o preço do adubo e seu custo de aplicação, e  $P_y$  o preço do produto (lenha + casca). Como, em qualquer exploração florestal, há uma grande defasagem entre o uso do insumo e a obtenção de uma resposta, procurou-se, também, ampliar a relação que existe entre um capital aplicado ao fim do período, quando se pagaram juros, e o capital inicial ou principal, no início do investimento. Da mesma forma, o produtor poderá comparar o investimento realizado em adubação com os investimentos realizados em outras atividades, silviculturais ou não (financeiras). Nestes casos, tanto o método do cálculo do capital atual (lucro líquido no ano zero) quanto o do capital futuro (lucro líquido no ano  $t$ ) se equivalem. Conforme COLWELL (1984), basta igualar o PFMa à relação de preços capitalizada

para se obter a otimização econômica, ou seja,  $\text{PFMa} = \frac{P_x}{P_y} (1 + r)^t$ , onde  $r$  é a taxa

de juros por período de capitalização e  $t$  é o tempo medido em anos. No presente trabalho, a taxa de juros considerada foi a de 6% ao ano, equivalente, assim, à remuneração das cadernetas de poupança como custo de oportunidade do capital. O tempo foi de sete anos, idade usual de rotação de um acacial. Por ser ainda um

trabalho preliminar, foi omitido o cálculo dos intervalos de confiança das dosagens ótimas.

## 2.5. Produtividade do acacial.

Para obtenção do volume de madeira, foi considerado um fator de forma de 0,45 e fator de conversão de metros cúbicos para esteres de 1,4, aproximado, assim, à produtividade real.

Considerou-se, também, que cada estere de lenha fornece 4 arrobas de casca seca ao ar, de acordo com a TANAC S/A - Indústria de Tanino.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1. Eficiência técnica da adubação fosfatada.

As respostas da acácia-negra aos vários tratamentos são mostradas na Tabela 3.

Ao nível de 5% de probabilidade, todos os tratamentos foram significativamente superiores à testemunha. Entre os fertilizantes, a resposta ao hiperfosfato foi inferior aos demais.

Apesar da restrição de que uma comparação técnica entre as várias fontes de fósforo não seria rigorosa, visto que diferem entre si no modo de aplicação e nas quantidades de  $P_2O_5$  contidas em suas dosagens, os resultados realçaram a eficiência técnica da adubação fosfatada. Deste modo, preferiu-se analisar a função resposta e a economicidade de cada fertilizante em separado.

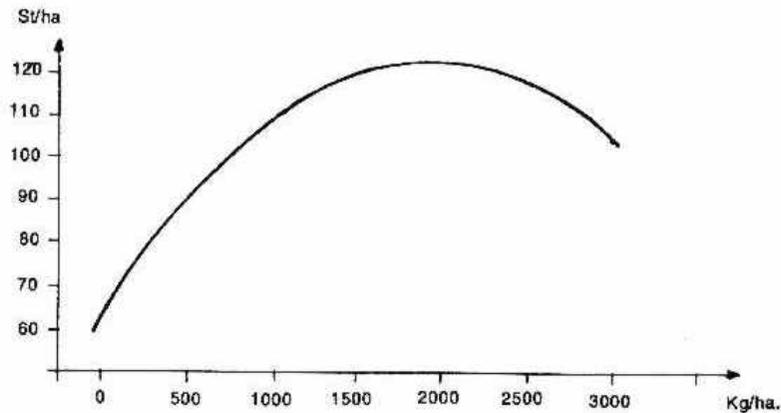
**TABELA 3. Dados médios de diâmetro, altura, falhas e volume de madeira de acácia-negra, aos três anos de idade.**

Tratamento	DAP (cm)	H (m)	Falhas (%)	Volume (st/ha)	Superioridade relativa em volume (%)
600 g/planta de fosfato de Araxá	8,5	11,7	0,8	117,88 a	195,2
300 g/planta de superfosfato simples	8,5	11,8	3,3	114,68 ab	188,9
1.200 g/planta de fosfato de Araxá	8,2	11,6	2,5	105,70 abc	175,0
380 g/planta de termofosfato	8,2	11,5	4,2	104,19 abc	172,5
300 g/planta de fosfato de Araxá	8,3	11,5	6,7	102,39 abc	169,6
150 g/planta de superfosfato simples + 3.000 kg/ha de calcário dolomítico	8,0	11,2	1,7	101,10 abc	167,4
190 g/planta de termofosfato	8,0	11,6	3,3	98,90 abc	163,8
75 g/planta de superfosfato simples + 300 g/planta de fosfato de Araxá	8,0	11,2	4,2	97,51 abc	161,5
150 g/planta de superfosfato simples	7,8	11,3	2,5	97,38 abc	161,3
460 g/planta de hiperfosfato	7,7	11,1	2,5	91,00 c	150,7
230 g/planta de hiperfosfato	7,6	11,2	1,7	89,93 c	148,9
Testemunha (sem adubação)	6,6	9,7	4,2	60,38 d	100,0

\*os tratamentos com mesma letra não diferem significativamente entre si a 5%, pelo teste de Tukey.

### 3.1.1. Fosfato de Araxá.

Por ser este fertilizante insolúvel em água, maior quantidade dele deve ser empregada para refletir positivamente na produção de acácia. Pela análise dos dados, percebeu-se, também, que dosagens superiores a 1.955 kg/ha mostram-se tóxicas, implicando uma diminuição na produção. A Figura 1 demonstra a relação entre a produção de madeira de acácia e diferentes dosagens de fosfato de Araxá.

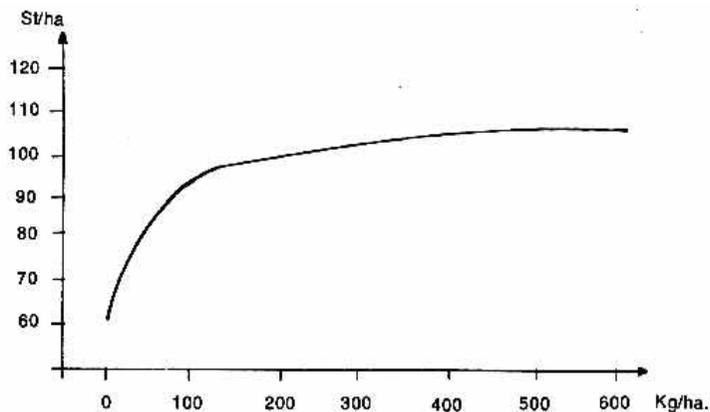


**Figura 1. Efeito de diferentes dosagens de fosfato de Araxá na produção de acácia-negra aos três anos de idade (ver Tabela 4 para descrição estatística da função-resposta).**

### 3.1.2. Superfosfato simples.

A grande solubilidade do superfosfato simples refere-se à menor dosagem deste fertilizante necessária para suprir efeito na produção da acácia. Não se pode, pelas diferentes dosagens empregadas, neste experimento, determinar a quantidade do fertilizante que produz efeitos tóxicos.

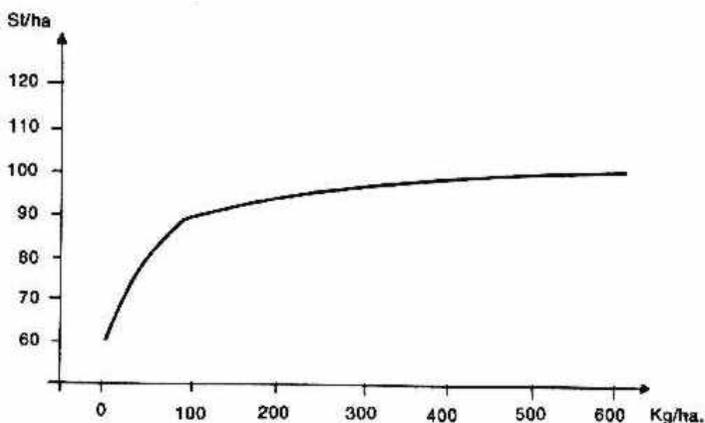
O efeito do superfosfato simples na produção de acácia-negra é apresentado na Figura 2.



**Figura 2. Efeito de diferentes dosagens de superfosfato simples na produção de acácia-negra, aos três anos de idade (ver Tabela 4 para descrição estatística da função-resposta).**

### 3.1.3. Termofosfato

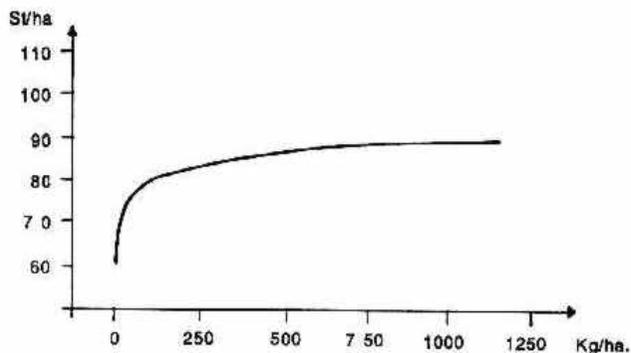
As respostas da acácia-negra à fertilização por termofosfato são apresentadas na Figura 3, onde se observa, como na Figura 2, que o maior incremento na produção ocorre nas dosagens iniciais do fertilizante. A partir de 100 kg/ha, o incremento mostra-se proporcionalmente menor.



**Figura 3. Efeito de diferentes dosagens de termofosfato na produção de acácia-negra, aos três anos de idade (ver Tabela 4 para descrição estatística da função-resposta).**

### 3.1.4. Hiperfosfato.

Os efeitos do hiperfosfato na produção da acácia-negra são demonstrados na Figura 4. Os padrões de resposta são semelhantes aos obtidos com a aplicação de termofosfato e superfosfato simples.



**Figura 4. Efeito de diferentes dosagens de hiperfosfato na produção de acácia-negra aos três anos de idade (ver Tabela 4 para descrição da função-resposta).**

Para cada fonte de fósforo testada, foram ajustados, a partir dos dados obtidos, alguns modelos estatísticos. Na tabela 4, são apresentadas as equações melhor ajustadas às respostas na produção de acácia-negra, para cada fertilizante empregado.

**TABELA 4. Função resposta ajustada para cada fonte de fósforo utilizada no estudo.**

Fertilizante	Modelo <sup>1/</sup>	Coefficientes	F <sup>2/</sup>	R <sup>2</sup>
Fosfato de Araxá	$Y = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_1^2$	$b_0 = 61,3721 (4,2415)^{3/}$ $b_1 = 0,06332 (0,0072) **$ $b_2 = 0,00001622 (0,0000811) **$	47,69 **	88,01%
Superfosfato simples	$Y = b_0 + b_1 \ln X_1$	$b_0 = 59,71$ $b_1 = 7,437$	44,35 **	81,60%
Termofosfato	$Y = b_0 + b_1 \ln X_1$	$b_0 = 60,33$ $b_1 = 6,334$	40,32 **	80,13%
Hiperfosfato	$Y = b_0 + b_1 \ln X_1$	$b_0 = 60,49$ $b_1 = 4,465$	21,84 **	68,60%

<sup>1/</sup> onde Y = esteres de lenha por hectare,  
X<sub>1</sub> = quilogramas de adubo por hectare.

<sup>2/</sup> Dois asteriscos representam significância estatística ao nível de 1%

<sup>3/</sup> O desvio padrão das estimativas dos coeficientes é mostrado entre parêntesis. Nos três casos de regressão linear simples não se reportou o desvio padrão, visto sua significância ser equivalente a do teste F.

### 3.2. Eficiência econômica da adubação fosfatada.

Para análise econômica da adubação, procurou-se avaliar os retornos líquidos, tanto de lenha como de casca, ao se empregar a dosagem econômica de cada fertilizante. Os parâmetros de preços utilizados são mostrados na Tabela 5.

**TABELA 5. Preço dos fertilizantes, lenha e casca de acácia-negra, em maio de 1985.**

Produto	Valor	
	Cr\$	OTN
Superfosfato simples	694.000/ton	18,163
Fosfato de Araxá	288.000/ton*	7,538
Termofosfato	1.322.000/ton	34,600
Lenha	30.000/st**	0,785
Casca (seca ao ar)	5.400/arroba**	0,141

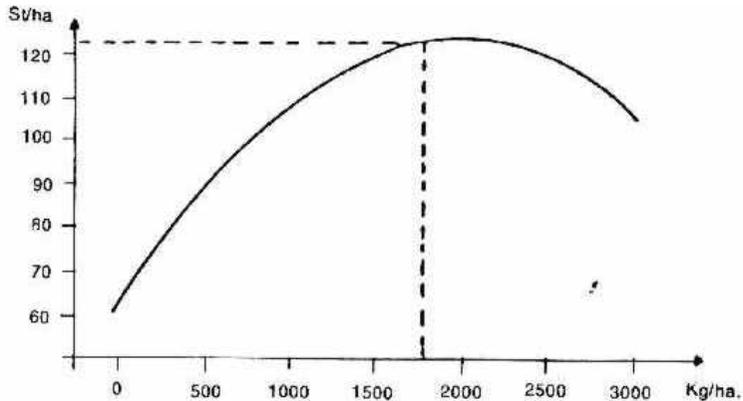
\* Preço posto Curitiba mais frete ao Rio Grande do Sul.

\*\* Fonte: TANAC S/A - Indústria de Tanino

— Considerou-se um valor médio de aplicação do adubo de Cr\$ 16.000/ton.

### 3.2.1. Fosfato de Araxá.

Pelo fato de este fertilizante ser relativamente barato, a dosagem que fornece o ótimo econômico (1.770 kg/ha) situa-se próxima à dosagem técnica ótima (1.955 kg/ha), demonstrada na Figura 5.

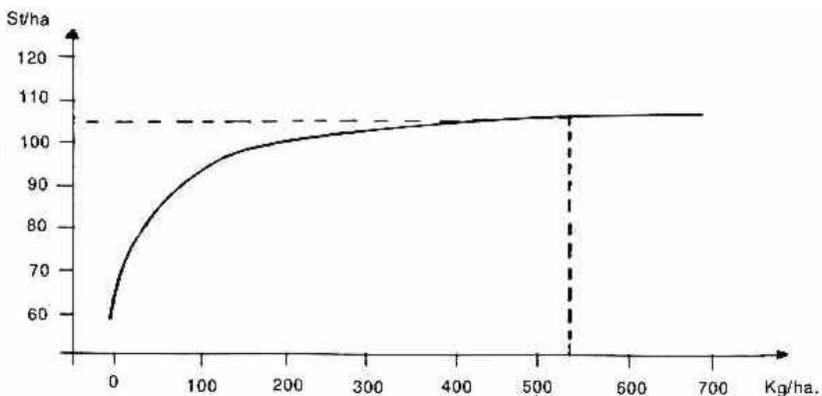


**Figura 5. Demonstração gráfica da dosagem econômica da adubação com fosfato de Araxá em acácia-negra, aos três anos de idade.**

Capitalizando-se o preço do adubo por sete anos (rotação da cultura), à taxa de 6% a.a. a dosagem econômica diminuiu para 1.679 kg/ha.

### 3.2.2. Superfosfato simples.

A dosagem de Superfosfato simples que fornece a máxima eficiência econômica é a de 540 kg/ha, como mostra a Figura 6.

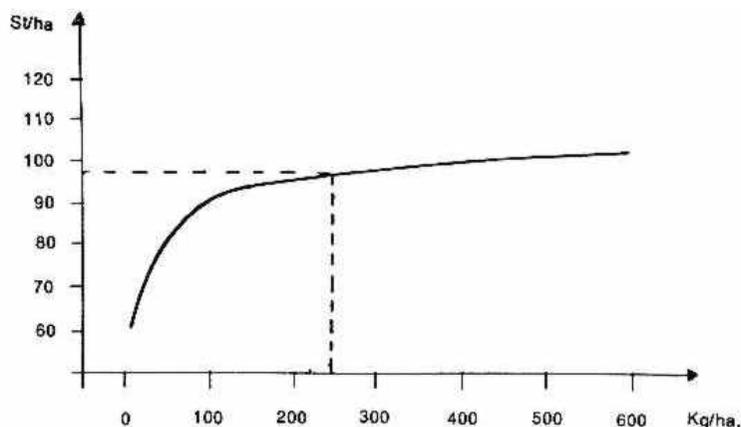


**Figura 6. Demonstração gráfica da dosagem econômica da adubação com superfosfato simples em acácia-negra, aos três anos de idade.**

Capitalizando-se o preço do fertilizante por sete anos à taxa de 6% a.a., a dosagem econômica diminui para 360 kg/ha.

### 3.2.3. Termofosfato.

O alto custo deste fertilizante contribuiu para uma baixa dosagem econômica, sendo de 244 kg/ha, mostrado na Figura 7.



**Figura 7. Demonstração gráfica da dosagem econômica da adubação com termofosfato em acácia-negra, aos três anos de idade.**

Capitalizando-se o preço do adubo por sete anos, à taxa de 6% a.a., a dosagem econômica diminui para 162,5 kg/ha.

### 3.2.4. Hiperfosfato.

Não se efetuou análise econômica para este fertilizante, pois o mesmo não é encontrado no mercado nacional, por ter sido proibida sua importação.

Na análise comparativa da economicidade entre os três tipos de fertilizantes testados, o critério usado foi o de cálculo do lucro líquido no ponto do ótimo econômico recomendável, subtraindo-se do valor da produção total, os custos do fertilizante e sua aplicação. A Tabela 6 mostra os valores calculados.

**TABELA 6. Renda líquida gerada pela adubação fosfatada em acácia-negra, aos três anos de idade, no Rio Grande do Sul, em OTN/ha \* (preços tomados em maio/85).**

Fertilizante	Lenha	Casca	Total	Diferença com relação à testemunha **
Fosfato de Araxá	87,78	63,57	151,35	69,81
Superfosfato simples	77,18	55,88	133,06	51,52
Termofosfato	69,21	50,12	119,33	37,79

\* Capitalização do preço do insumo a 6 % a.a. conforme descrito no texto.

\*\* Diferença entre o total dos valores capitalizados devido à adubação, com relação à receita bruta que seria obtida sem adubação (81,54 OTN/ha).

Como pode-se verificar, entre os fertilizantes testados, a adubação com fosfato de Araxá foi a que apresentou os melhores resultados econômicos. Assim, se um produtor de acácia adubasse um hectare com este fertilizante no nível ótimo, obteria um lucro líquido de 151,35 OTN/ha. O ganho adicional líquido devido à adubação (em relação ao plantio sem nenhuma fertilização), seria de 69,81 OTN/ha.

#### 4. CONCLUSÕES

Embora os resultados apresentados sejam preliminares, válidos apenas para os três primeiros anos de idade da acácia-negra e para as atuais relações de preços de insumos e produtos, algumas conclusões podem ser registradas:

1. A acácia-negra responde positivamente à adubação fosfatada, tendo apresentado grande incremento na produção com a adição dos fertilizantes testados.

As respostas ao emprego de cada fonte de fósforo e em diferentes dosagens permitiu o ajuste de equações de regressão que explicam as relações entre produção de acácia-negra e quantidade de adubo aplicado, aos três anos de idade.

As dosagens econômicas para cada fonte de fósforo, de acordo com as respectivas funções de resposta e preços (tanto do adubo quanto da lenha e casca), são as seguintes:

Fosfato de Araxá: 1.679 kg/ha, distribuídos uniformemente na área e incorporado ao solo.

Superfosfato simples: 144 g/planta, aplicados no sulco de plantio, equivalentes a 360 kg/ha.

Termofosfato: 65 g/planta, aplicados na cova, equivalentes a 162,5 kg/ha.

Os efeitos obtidos, pelos tratamentos, na produção de acácia-negra, refletem a interação da fonte de fósforo e a forma em que o adubo foi aplicado. Desta forma, ao se utilizar um determinado insumo, entre os pesquisados no presente trabalho,

deve-se, também, adotar a respectiva forma de aplicação, para que se obtenham os resultados esperados.

- Considerando as respostas da acácia-negra aos diferentes adubos e levando-se em conta as atuais relações de preços dos produtos envolvidos, o fosfato de Araxá mostra-se como o fertilizante que proporciona o máximo retomo líquido ao acacicultor.
- A aplicação do fosfato de Araxá na dosagem econômica possibilita um aumento do incremento médio anual volumétrico em 19,2 st/ha, ano, aos três anos de idade (39,29 st/ha.ano contra 20,13 st/ha.ano do plantio sem adubação), representando um acréscimo de 95,2% na produtividade média do acacial.
- Futuras pesquisas sobre adubação fosfatada na acácia-negra, que incluíssem um maior número de dosagens dos fertilizantes utilizados e que testassem também diferentes formas de aplicação, por certo, iriam contribuir para maior precisão e rigor científico do que o presente estudo apresentou.

## 5. REFERÊNCIAS

COLWELL, J. Estudos dos efeitos de solo e clima sobre a resposta de culturas e fertilizantes. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Departamento de Estudos e Pesquisas, Brasília, DF. **Planejamento da propriedade agrícola; modelos de decisão**. Brasília, EMBRAPA-DDT, 1984. p.67-100.

MALAVOLTA, E. **ABC da adubação**. 4.ed. São Paulo, Ed. Agronômica "Ceres", 1979.

NORONHA, I.F. Teoria da produção aplicada à análise econômica de experimentos. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Departamento de Estudos e Pesquisas, Brasília, DF. **Planejamento da propriedade agrícola; modelos de decisão**. Brasília, EMBRAPA-DDT, 1984. p.23-65.