

CRESCIMENTO DA ACÁCIA-NEGRA EM RESPOSTA A APLICAÇÃO DE NITROGÊNIO, FÓSFORO E POTÁSSIO

Mauro Valdir Schumacher¹, Márcio Viera², Eduardo Kneipp Londero³, Francine Neves Calil⁴, Vicente Guilherme Lopes⁵, Rudi Witschoreck⁶

(recebido: 3 de agosto de 2010; aceito: 28 de setembro de 2012)

RESUMO: Em razão da escassez de informações sobre adubação em acácia-negra, no presente estudo, objetivou-se avaliar o crescimento de plantas de acácia-negra em função de diferentes níveis de adubação com nitrogênio, fósforo e potássio, após seis anos da implantação. O delineamento utilizado foi de blocos ao acaso, com distribuição trifatorial (doses de fertilizantes). Avaliou-se a altura total (m), diâmetro a altura do peito (DAP) (cm) e volume de madeira com casca ($m^3 ha^{-1}$). A acácia-negra apresentou resposta positiva e significativa, de crescimento às adubações com N e P (interação) e ausência de resposta ao K. Para a obtenção do máximo crescimento da acácia-negra, para a condição edafoclimática estudada, deve-se utilizar a dose máxima de nitrogênio ($40,0 kg ha^{-1}$ de N) e $78,9 kg ha^{-1}$ de fósforo, não sendo necessária a adição de potássio via fertilizantes.

Palavras-chave: *Acacia mearnsii*, nutrição florestal, adubação.

BLACK-WATTLE GROWTH IN REPOSE TO APPLICATION OF NITROGEN, PHOSPHORUS AND POTASSIUM

ABSTRACT: Due to the lack of information about Black-wattle fertilization, this study evaluated black-wattle plants growth in response to different fertilization levels of nitrogen, phosphorus and potassium six years after implantation. The statistical design used was a randomized blocks with trifactorial distribution. Total height (m), diameter at breast height (DBH) (cm) and stem volume with bark ($m^3 ha^{-1}$) were evaluated. Black-wattle showed a positive and significant growth response to N and P (interaction) fertilizations and absence for K. To obtain the maximum development of black-wattle, for the soil and climate condition studied, it is required the use of the maximum dose of nitrogen ($40.0 kg ha^{-1}$ N) and $78.9 kg ha^{-1}$ phosphorus, not requiring the addition of potassium.

Key words: *Acacia mearnsii*, forestry nutrition, fertilization.

1 INTRODUÇÃO

A *Acacia mearnsii* De Wild., conhecida como acácia-negra, é originária do leste da Austrália, desde a latitude $33^{\circ} 43' S$ (Balburra) até $42^{\circ} 58'$ (Hobart, Tasmânia). Ocorre naturalmente desde o nível do mar até altitudes superiores a 1.000 m na região de Cooma. A precipitação na sua região de ocorrência é, em geral, menor que 1.000 mm anuais, e nas regiões mais frias (Cooma, Monaro, Tableland, NSW), chega a ocorrer oitenta geadas por ano, com mínimas absolutas entre $-10^{\circ} C$ e $-12^{\circ} C$ (SIMON, 2005). São árvores monopodiais, de caule mais ou menos reto na

maior parte da altura e possuem folhagem verde-escura, folhas perenes, compostas e bipinadas (SCHÖNAU, 1969). No Brasil, é cultivada quase que na totalidade no Estado do Rio Grande do Sul, onde ela foi introduzida em 1928, em conjunto com atividade agrícola e pecuária. Estima-se que o plantio atual no estado esteja em torno de 130 mil hectares, envolvendo cerca de 40 mil famílias de pequenos produtores rurais (MOCHIUTTI, 2007; SIMON, 2005).

Os plantios dessa espécie normalmente são realizados em solos com baixo nível de fertilidade natural e, muitas vezes, as práticas de manejo do solo não são realizadas corretamente, diminuindo o potencial produtivo

¹Engenheiro Florestal, Professor Doutor em Ecologia e Nutrição Florestal – Universidade Federal de Santa Maria – Centro de Ciências Rurais – Departamento de Ciências Florestais – 97105-900 – Santa Maria, RS, Brasil – mvschumacher@gmail.com

²Engenheiro Florestal, Professor Doutor em Engenharia Florestal – Universidade Federal de Santa Maria – Unidade Descentralizada de Educação Superior de Silveira Martins – Rua Francisco Guerino, 407, Centro – 97195-000 – Silveira Martins, RS, Brasil – vierafflorestal@yahoo.com.br

³Engenheiro Florestal, Mestre em Engenharia Florestal – Rua Vicente do Prado Lima, 554/203 – Camobi – 97105390 – Santa Maria, RS, Brasil – eklondero@gmail.com

⁴Engenheira Florestal, Professora Doutora em Engenharia Florestal – Universidade Federal de Goiás – Escola de Agronomia – Rodovia Goiânia - Nova Veneza, km 0 – Campus Samambaia – Cx. P. 131 – 74001-970 – Goiânia, GO, Brasil – francine.calil@terra.com.br

⁵Engenheiro Florestal, Doutorando em Engenharia Florestal – Universidade Federal de Santa Maria – Centro de Ciências Rurais – Departamento de Ciências Florestais – 97105-900 – Santa Maria, RS, Brasil – viglopes@yahoo.com.br

⁶Engenheiro Florestal, Mestre em Engenharia Florestal – Universidade Federal de Santa Maria – Centro de Ciências Rurais – Departamento de Ciências Florestais – Laboratório de Ecologia Florestal – 97105-900 – Santa Maria, RS, Brasil – r.witschoreck@yahoo.com.br

do povoamento. Embora plantas adaptadas a baixa disponibilidade de nutrientes possam se desenvolver (PARDOS et al., 2005), é indispensável a adoção de práticas de manejo e correção da fertilidade do solo em áreas cultivadas com acácia-negra, a fim de elevar a produtividade dos sítios florestais (DALLAGO, 2000; PINKARD, 2003; SMETHURST, 2000), ou pelo menos mantê-la para rotações futuras.

Essas práticas de manejo devem levar em consideração a adoção de fontes de nutrientes por meio da adubação mineral ou orgânica (GONÇALVES, 1995; VOGEL, 2002), fazendo com que o solo forneça todos os nutrientes em quantidades necessárias para a obtenção do crescimento desejado para as plantas (FORRESTER et al., 2006). Existem poucos estudos sobre o efeito obtido com a adição de fertilizantes em essências florestais (GONÇALVES; BARROS, 1999), e que as características e quantidade de adubos a serem aplicados dependerão das necessidades nutricionais da espécie utilizada, da fertilidade do solo, da forma de reação dos adubos com o solo, da eficiência dos adubos, de fatores de ordem econômica (GONÇALVES, 1995; GONÇALVES; BARROS, 1999; SMETHURST, 2010) e da disponibilidade hídrica (PARDOS et al., 2005; RYAN, 2010). Portanto, para a nutrição adequada das árvores, deve-se balancear a sua demanda com a oferta de nutrientes, no tempo e no espaço (BARROS; NOVAIS, 1990).

A adubação florestal, com raras exceções, é realizada de modo empírico e utilizando-se apenas uma única formulação de nitrogênio, fósforo e potássio, independente do tipo de solo, da espécie e da época de plantio (BARROS; NOVAIS, 1990). Essa exceção se aplicada às diferentes espécies e materiais genéticos de eucaliptos, os quais recebem de duas a três aplicações de fertilizantes durante o seu ciclo de 6 a 7 anos (BARROS et al., 2004; GONÇALVES et al., 2008). A adição de fertilizantes deveria ser, pelo menos, igual à removida do sítio pela colheita florestal para que a produtividade seja mantida (CALDEIRA et al., 1999, 2003).

Em decorrência disso, fundamenta-se a importância da realização de estudos envolvendo diferentes doses de adubação para a *Acacia mearnsii*, visando à obtenção de maior produtividade e sustentabilidade na produção florestal, por meio da recomendação adequada da dose de NPK. Além do mais, no estado do Rio Grande do Sul, existem escassos estudos sobre a adubação em plantações de acácia-negra, como o de Maestri et al. (1987), testando diferentes doses de P e Mochiutti (2007), testando o efeito da aplicação de Ca e Mg e da adubação com P e K em diferentes tipos de solo. Esses autores verificaram que o crescimento a campo da *Acacia mearnsii* é diferenciado em função da quantidade e composição mineral da adubação utilizada no plantio. Objetivou-se, com o presente estudo, avaliar o crescimento da acácia-negra, em resposta a aplicação de nitrogênio, fósforo e potássio, após seis anos da implantação do povoamento.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Caracterização da área de estudo

A área experimental foi instalada no distrito de Capão Comprido localizado no município de Butiá – RS, em área pertencente à empresa SETA S.A., estando localizado nas seguintes coordenadas geográficas: latitude 30° 12' 50,9" Sul e longitude 51° 56' 21,0" Oeste de Greenwich, a uma altitude média de 35 m acima do nível do mar.

O clima dominante da região, segundo Köppen é do tipo Cfa, subtropical. A temperatura média do mês de janeiro é de 24 °C, temperatura média do mês de julho é de 13 °C e a temperatura média anual fica na faixa de 18-19 °C, com temperatura média máxima no ano de 24 °C e mínima de 14 °C. A precipitação pluviométrica anual é 1.400 mm (MORENO, 1961).

Os atributos químicos do solo na área experimental antes da implantação do experimento podem ser visualizados na Tabela 1. Com base no Manual de Adubação e Calagem (SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, 2004), o teor de matéria orgânica (< 25 g kg⁻¹), pH (≤ 5,0) e saturação por bases (< 45%) são considerados muito baixos; os teores de P (4,1-8,0 mg dm⁻³),

Tabela 1 – Atributos do solo na área experimental, antes da instalação do experimento, no município de Butiá-RS.

Table 1 – Soil properties in experimental area, before the settlement of the experiment, in Butiá-RS.

Prof. (cm)	Arg.	M.O.	C _{org.}	N	C/N	pH H ₂ O	K	P	Al	Ca	Mg	Sat. (%)
		g kg ⁻¹					mg dm ⁻³			cmol _c dm ⁻³		V m
0-20	306	19	11,6	1,2	9,6	3,9	63,7	4,3	2,1	0,4	0,1	9,5 72,3

A extração do P e K foi realizado com solução Mehlich 1, já o Ca, Mg e o Al³⁺, em solução de KCl (1 mol L⁻¹).

Ca e Mg ($\leq 2,0$ e $\leq 0,45$ $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$, respectivamente) são considerados baixos; e os teores de K ($61\text{-}120$ mg dm^{-3}) e saturação por alumínio ($> 20\%$) são considerados altos. Isso demonstra a baixa fertilidade natural do solo da área experimental. O solo da área em estudo é um Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico típico, textura franco argilosa e relevo ondulado (STRECK et al., 2008).

2.2 Descrição do experimento

O experimento consiste em um delineamento de blocos completos ao acaso (três repetições) com a combinação de três doses de N (0, 20 e 40 kg ha^{-1} , utilizando-se uréia (45 % de N) como fonte de N), três doses de P (0, 50

e 100 kg ha^{-1} , utilizando-se superfosfato triplo (46 % de P_2O_5) como fonte de P) e três doses de K (0, 25 e 50 kg ha^{-1} , utilizando-se cloreto de potássio (60% de K_2O) como fonte de K). Cada uma das unidades amostrais possui dimensões de 18 m x 24 m, com uma área total por parcela de 432 m^2 . As plantas se encontram arranjadas num espaçamento de 3,0 m x 1,33 m, totalizando 108 plantas por unidade amostral, no momento da instalação do experimento. O plantio foi realizado em julho de 2001, após o preparo de solo, que consistiu na eliminação das ervas daninhas na linha de plantio e subsolagem com uma haste até 45 cm de profundidade. Na Tabela 2, estão descritos os 27 tratamentos utilizados no experimento com as doses de cada nutriente.

Tabela 2 – Tratamentos avaliados no experimento de adubação mineral (NPK) em acácia-negra, Butiá – RS.

Table 2 – Treatments in the black-wattle mineral fertilizer experiment (NPK), Butiá-RS.

Trat.	Nutrientes						Total	
	N		P		K		kg ha^{-1}	g planta^{-1}
	kg ha^{-1}	g planta^{-1}	kg ha^{-1}	g planta^{-1}	kg ha^{-1}	g planta^{-1}		
1	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	25	10	25	10
3	0	0	0	0	50	20	50	20
4	0	0	50	20	0	0	50	20
5	0	0	50	20	25	10	75	30
6	0	0	50	20	50	20	100	40
7	0	0	100	40	0	0	100	40
8	0	0	100	40	25	10	125	50
9	0	0	100	40	50	20	150	60
10	20	8	0	0	0	0	20	8
11	20	8	0	0	25	10	45	18
12	20	8	0	0	50	20	70	28
13	20	8	50	20	0	0	70	28
14	20	8	50	20	25	10	95	38
15	20	8	50	20	50	20	120	48
16	20	8	100	40	0	0	120	48
17	20	8	100	40	25	10	145	58
18	20	8	100	40	50	20	170	68
19	40	16	0	0	0	0	40	16
20	40	16	0	0	25	10	65	26
21	40	16	0	0	50	20	90	36
22	40	16	50	20	0	0	90	36
23	40	16	50	20	25	10	115	46
24	40	16	50	20	50	20	140	56
25	40	16	100	40	0	0	140	56
26	40	16	100	40	25	10	165	66
27	40	16	100	40	50	20	190	76

Uma vez no campo, inicialmente as mudas foram coroadas até um raio de 30 cm e após a abertura de um sulco circular a 20 cm de distância da planta o adubo foi aplicado com incorporação. Para avaliação, aos seis anos de idade das plantas, foram mensuradas apenas as árvores da área útil da parcela, considerando bordadura dupla. Avaliou-se a altura total das árvores (m), com o auxílio do hipsômetro Vertex e diâmetro à altura do peito (cm), com uso de fita diamétrica. Com base nessas duas variáveis e a aplicação de um fator de forma (0,55) obteve-se o volume de madeira com casca ($m^3 ha^{-1}$).

No estudo dos efeitos dos fatores e seus respectivos níveis sobre as variáveis avaliadas no experimento (altura total, diâmetro a altura do peito e volume com casca), foi ajustada uma superfície de resposta com nível de significância de 5%.

O modelo matemático utilizado foi:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_{11} x_1^2 + \beta_2 x_2 + \beta_{22} x_2^2 + \beta_3 x_3 + \beta_{33} x_3^2 + \beta_{12} x_1 x_2 + \beta_{13} x_1 x_3 + \beta_{23} x_2 x_3 + \varepsilon, \text{ em que:}$$

x_1 = dose de N variando de 0 a 40 $kg ha^{-1}$;

x_2 = dose de P variando de 0 a 100 $kg ha^{-1}$;

x_3 = dose de K variando de 0 a 50 $kg ha^{-1}$;

$\beta_0, \beta_1, \beta_{11}, \beta_2, \beta_{22}, \beta_3, \beta_{33}, \beta_{12}, \beta_{13}, \beta_{23}$ e β_{23} = parâmetros da equação;

ε = vetor dos desvios das médias estimadas em relação ao modelo.

As doses de Máxima Eficiência Técnica (MET) foram estimadas algebricamente, a partir do ajuste da superfície de resposta (equação polinomial de segundo grau). Em razão da mortalidade de alguns indivíduos nas parcelas experimentais, aos seis anos de idade, verificou-se a necessidade de ajuste das médias das variáveis (DAP, Altura e Volume) com base na covariável número de plantas. Todas as análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do pacote estatístico SAS (STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE - SAS INSTITUTE, 1999).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 3, são apresentados o diâmetro médio à altura do peito (DAP), a altura média das árvores, a percentagem de sobrevivência e o volume com casca, por tratamento, aos 72 meses de idade.

Em plantações de acácia-negra a mortalidade reduz, significativamente, a densidade de árvores no final da rotação, que apresenta correlação negativa com a produção de madeira (MOCHIUTTI, 2007), em razão

Tabela 3 – Variáveis dendrométricas de plantas de acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild.) aos 6 anos de idade em função da adição de diferentes doses de NPK.

Table 3 – Dendrometric variables of black-wattle plants (*Acacia mearnsii* De Wild.) at 6 years-age, depending on the addition of different doses of NPK.

Doses N-P-K ($kg ha^{-1}$)	DAP (cm)	Altura (m)	Sobrev. (%)	Volume ($m^3 ha^{-1}$)
0-0-0	10,7	15,7	67	161,0
0-0-25	11,7	16,3	71	188,0
0-0-50	10,9	15,1	67	152,1
0-50-0	11,3	16,6	74	183,6
0-50-25	11,9	16,9	78	216,8
0-50-50	11,7	16,2	71	183,6
0-100-0	12,0	16,7	72	205,9
0-100-25	11,9	16,5	69	198,5
0-100-50	12,4	16,4	74	218,1
20-0-0	10,2	14,5	71	133,5
20-0-25	10,4	15,3	77	153,1
20-0-50	10,4	15,1	77	152,2
20-50-0	13,0	18,2	63	219,3
20-50-25	12,4	17,5	75	231,0
20-50-50	12,5	17,4	71	235,7
20-100-0	12,9	16,9	65	225,5
20-100-25	12,6	18,1	70	230,2
20-100-50	12,8	17,9	74	247,3
40-0-0	11,8	17,2	70	195,4
40-0-25	11,9	16,7	63	176,2
40-0-50	11,6	16,6	62	161,5
40-50-0	12,0	17,1	67	192,2
40-50-25	12,2	16,6	72	212,8
40-50-50	12,5	17,2	67	208,0
40-100-0	12,3	18,1	69	220,7
40-100-25	12,1	17,0	69	208,2
40-100-50	12,3	16,5	67	190,5

disso, optou-se por realizar um ajuste das médias dos tratamentos em função da covariável (número de plantas). Essa análise de covariância tem como objetivo controlar o erro, aumentar a precisão da análise de dados e ajustar as médias dos tratamentos em função da covariável.

Um dos requisitos indispensável para a realização da análise de variância no ajuste de médias de tratamentos é a não correlação da covariável (número de plantas) com os tratamentos. Dessa forma, pela não significância da análise de variância, a covariável tem comportamento independente dos tratamentos, portanto, sendo conveniente estudar as diferenças entre as médias de y (DAP, altura e volume) ajustadas para as médias de x (covariável). Por meio da análise de variância, verificou-se que o ajuste das médias, com base na covariável número de plantas, é significativo somente para o volume de madeira com casca.

Após ser realizada a análise da covariância e realizado os ajustes nas variáveis foi efetuada a análise da variância para as variáveis analisadas. Verificou-se que para as variáveis dependentes em estudo (altura total, diâmetro a altura do peito e volume com casca) não houve interação entre as doses de N e K; P e K ($p > 0,05$). Já, as interações dos fatores N e P foram significativas ($p < 0,05$) no crescimento da acácia-negra aos seis anos de idade.

Os resultados deste trabalho demonstraram que o P foi o nutriente mais importante para o crescimento das plantas de acácia-negra. Essa resposta a fertilização mineral com fósforo, decorre do baixo teor disponível desse elemento no solo ($4,3 \text{ mg dm}^{-3}$) e, também, ao suprimento de cálcio via superfosfato triplo (12 a 14 % do adubo mineral é composto por Ca). As plantas de acácia-negra, provavelmente apresentaram respostas acentuadas à adição de cálcio via superfosfato triplo, visto que, o teor trocável desse elemento no solo estava abaixo do limite inferior de suprimento ($2,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) e, além do mais, não foi realizada a correção da acidez do solo via aplicação de calcário.

A influência no crescimento da acácia-negra com a adição de fósforo via fertilizante mineral tem sido apontada por outros estudos. Respostas lineares a aplicação de doses de 0 a $486,1 \text{ kg ha}^{-1}$ de superfosfato (8,3% de P) sobre o DAP, altura, área basal e volume de madeira foram encontradas na África do Sul (HERBERT, 1991). No Rio Grande do Sul, Maestri et al. (1987) avaliaram diversas fontes e doses P, encontrando efeito linear para superfosfato simples (doses de 0 a 750 kg ha^{-1}), termofosfato (doses de 0 a 950 kg ha^{-1}) e hiperfosfato (doses 0 a 1.150 kg ha^{-1}), e efeito quadrático para fosfato natural de Araxá (doses de 0 a 3.000 kg ha^{-1}).

O comportamento das variáveis dendrométricas analisadas em função da disponibilização de nutrientes (N, P e K) e suas doses, geralmente, está associado às demandas nutricionais da cultura que, por sua vez, variam em função da espécie, fase de desenvolvimento, solo etc. Quanto ao nitrogênio, o seu efeito significativo sobre o

crescimento de uma espécie leguminosa fixadora desse elemento, também foi verificado em estudo realizado por Pinkard (2003) com *Acacia melanoxylon*. Segundo o autor, o crescimento em altura foi superior com a aplicação de fósforo, já, o diâmetro a altura do peito, a aplicação tanto do fósforo como de nitrogênio ou a aplicação conjunta dos dois elementos, proporcionaram maior crescimento.

Já, o potássio, alguns estudos indicam que a demanda por esse elemento é menos expressiva nas fases iniciais dos povoamentos florestais, quando comparado ao nitrogênio e, principalmente, ao fósforo. Em estudo realizado por Tedesco (1999) foi verificado que combinação de N e P proporcionou aumento da altura e diâmetro de mudas de *Acacia mearnsii*, enquanto que o K não apresentou efeito e nem interação com N e P para as variáveis estudadas. Clauberg (2005) também não verificou efeito da adubação potássica no crescimento inicial a campo de *Mimosa scabrella*. Os teores de P e K no solo eram, respectivamente, de $4,8$ e 62 mg dm^{-3} , para o primeiro estudo citado e $1,1$ e 80 mg dm^{-3} , para o segundo. Andrade et al. (2004) não observaram interação entre as doses de P e K, no crescimento da acácia-negra aos 61 meses de idade, em solo com baixos teores desses nutrientes, mas obtiveram efeitos significativos com a aplicação de diferentes doses de P ou K.

Para a superfície de resposta estimada, determinaram-se os valores de x_1 (N) e x_2 (P) que determinam o valor de Y. Na Figura 1, pode ser observada a superfície de resposta da variável diâmetro a altura do peito, em função das diferentes doses de nitrogênio e fósforo, a qual apresenta um ponto de máximo em $40,4 \text{ kg ha}^{-1}$ de N e $78,9 \text{ kg ha}^{-1}$ de P, correspondendo à máxima eficiência técnica (MET) de $12,5 \text{ cm}$ de diâmetro a altura do peito.

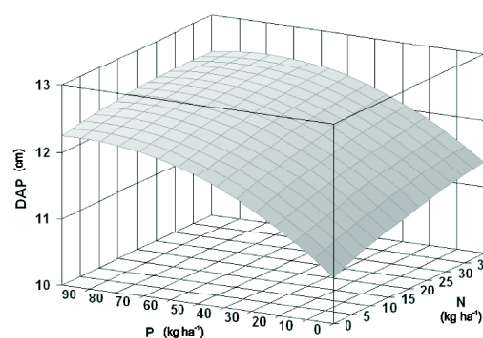


Figura 1 – Diâmetro a altura do peito de plantas de acácia-negra aos seis anos de idade em função das doses de nitrogênio e fósforo. $y(\text{DAP}) = 10,701543 + 0,024120N + 0,033537P - 0,000176N^2 - 0,000119NP - 0,000181P^2$ ($R^2 = 0,698$).

Figure 1 – Diameter at breast height of black-wattle plants at six years-age depending on the nitrogen and phosphorus doses.

Entretanto, na Figura 2, pode ser observada a superfície de resposta da altura total, em função das diferentes doses de nitrogênio e fósforo, a qual apresenta um ponto de máximo em 48,0 kg ha⁻¹ de N e 69,5 kg ha⁻¹ de P, correspondendo à máxima eficiência técnica de 17,5 m.

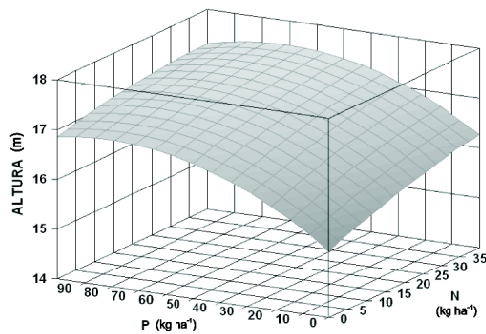


Figura 2 – Altura total de plantas de acácia-negra aos seis anos de idade em função das doses de nitrogênio e fósforo. $y(\text{altura}) = 15,338889 + 0,033241N + 0,039519P - 0,000250N^2 - 0,000117NP - 0,000244P^2$ ($R^2 = 0,647$).

Figure 2 – Total height of black-wattle plants at six years-age depending on the nitrogen and phosphorus doses.

A superfície de resposta do volume de madeira (Figura 3), em função das diferentes doses de nitrogênio e fósforo, a qual apresenta um ponto máximo em 62,7 kg ha⁻¹ de N e 74,0 kg ha⁻¹ de P, correspondendo à máxima eficiência técnica de 226,3 m³ ha⁻¹.

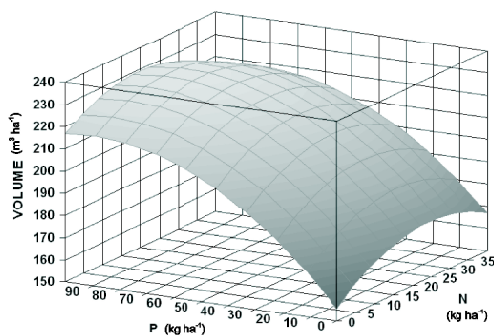


Figura 3 – Volume com casca de plantas de acácia-negra aos seis anos de idade em função das doses de nitrogênio e fósforo. $y(\text{volume}) = 155,763160 + 1,608861N + 1,377004P - 0,033132N^2 - 0,003147NP - 0,007679P^2$ ($R^2 = 0,771$).

Figure 3 – Volume with bark of black-wattle plants at six years-age depending on the nitrogen and phosphorus doses.

Para Mochiutti (2007), a produção máxima do volume de madeira com casca de acácia-negra foi com a dose de P (67,0 kg ha⁻¹ de P₂O₅) juntamente com 20,6 kg ha⁻¹ de K₂O. A produtividade obtida para essas doses representaram um aumento de 36,2% em relação ao tratamento sem adubação.

A resposta mais acentuada em crescimento em altura da *Acacia melanoxylon* foi verificada com aplicação de fósforo, já, para o diâmetro, foi obtido com nitrogênio ou da combinação de N e P (PINKARD, 2003). Cobbina (1991) obteve aumento no crescimento inicial de *Leucaena leucocephala* por meio da adubação nitrogenada e aplicação de fósforo.

4 CONCLUSÕES

Para a obtenção do máximo crescimento da acácia-negra, na condição edafoclimática estudada, deve-se utilizar a dose máxima de nitrogênio (40,0 kg ha⁻¹ de N) e 78,9 kg ha⁻¹ de fósforo, não sendo necessária a adição de potássio via fertilizantes.

5 AGRADECIMENTOS

À empresa SETA S.A., pela disponibilização da área para instalação da pesquisa e o apoio logístico-financeiro e aos três revisores anônimos, pelas sugestões e pelos questionamentos, os quais foram muito bem aceitos, melhorando a qualidade deste artigo.

6 REFERÊNCIAS

- ANDRADE, G. de C.; BELLOTE, A. F. J.; FERREIRA, C. A.; SILVA, H. D. da. Adubação fosfatada e potássica em plantios de *Acacia mearnsii* De Wild. (Acácia-negra). **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 48, p. 65-74, jan./jun. 2004.
- BARROS, N. F.; NEVES, J. C. L.; NOVAIS, R. F. Mineral fertilizer recommendations for eucalypt plantations. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. (Ed.). **Forest nutrition and fertilization**. Piracicaba: IPEF, 2004. p. 269-284.
- BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F. **Relação solo-eucalipto**. Viçosa, MG: Folha de Viçosa, 1990. 330 p.
- CALDEIRA, M. V. W.; RONDON NETO, R. M.; SCHUMACHER, M. V. Acúmulo e exportação de micronutrientes em um povoamento e acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild.) procedência Bodalla – Austrália. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 33, n. 1, p. 73-78, 2003.

- CALDEIRA, M. V. W.; SCHUMACHER, M. V.; SANTOS, L. M. dos; TEDESCO, N.; PEREIRA, S. C. Estimativa do conteúdo de nutrientes em um povoamento jovem de *Acacia mearnsii* De Wild. estabelecido na região sul do Brasil. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 29, n. 1/2, p. 53-65, 1999.
- CLAUBERG, D. **Adubação N-P-K em *Mimosa scabrella* (Benth.)**. 2005. 62 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, 2005.
- COBBINA, J. Nitrogen and phosphorus fertilization promotes rapid initial growth of *Leucaena* on alfisol. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 22, n. 1/2, p. 1-9, Jan. 1991.
- DALLAGO, J. S. **Utilização da cinza de biomassa de caldeira como fonte de nutrientes no crescimento de plantas de acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild.)**. 2000. 64 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2000.
- FORRESTER, D. I.; COWIE, A. L.; BAUHUS, J.; WOOD, J. T.; FORRESTER, R. I. Effects of changing the supply of nitrogen and phosphorus on growth and interactions between *Eucalyptus globulus* and *Acacia mearnsii* in a pot trial. **Plant and Soil**, The Hague, v. 280, n. 1/2, p. 267-277, Feb. 2006.
- GONÇALVES, J. L. M. Recomendações de adubação para *Eucalyptus*, *Pinus* e espécies típicas da Mata Atlântica. **Documentos Florestais**, Piracicaba, n. 15, p. 1-23, jan./dez. 1995.
- GONÇALVES, J. L. M.; BARROS, N. F. Improvement of site productivity for short-rotation plantations in Brazil. **Bosque**, Valdivia, v. 20, n. 1, p. 89-106, 1999.
- GONÇALVES, J. L. M.; STAPE, J. L.; LACLAU, J. P.; BOUILLET, J. P.; RANGER, J. Assessing the effects of early silvicultural management on long-term site productivity of fast-growing eucalypt plantations: the Brazilian experience. **Southern Forests**, Grahamstown, v. 70, n. 2, p. 105-118, Aug. 2008.
- HERBERT, M. A. Fertilization of trees at planting. In: MACLENNAM, L. (Ed.). **Annual research report**. Pietermaritzburg: Institute for Commercial Forestry Research, 1991. p. 81-91.
- MAESTRI, R.; GRAÇA, L. R.; SIMÕES, J. W.; FREITAS, A. J. P. Análise da adubação fosfatada na produção física e econômica da acácia-negra. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 14, p. 39-53, jun. 1987.
- MOCHIUTTI, S. **Produtividade e sustentabilidade de plantações de acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild.) no Rio Grande do Sul**. 2007. 270 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.
- MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961. 42 p.
- PARDOS, M.; ROYO, A.; PARDOS, J. A. Growth, nutrient, water relations, and gas exchange in a holm oak plantation in response to irrigation and fertilization. **New Forests**, Dordrecht, v. 30, n. 1, p. 75-94, July 2005.
- PINKARD, E. A. Growth and physiological responses of Blackwood (*Acacia melanoxylon*) growing with a *Pinus radiata* nurse crop following applications of nitrogen and phosphorus. **Trees**, Berlin, v. 17, n. 4, p. 325-335, July 2003.
- RYAN, M. G. Factors controlling *Eucalyptus* productivity: how water availability and stand structure alter production and carbon allocation. **Forest Ecology Management**, Amsterdam, v. 259, n. 9, p. 1695-1703, 2010.
- SCHÖNAU, A. P. G. A site evolution study in Black Wattle (*Acacia mearnsii* De Wild.). **Annale van die Universiteit von Stellenbosch**, Stellenbosch, v. 44, n. 2, p. 79-214, 1969.
- SIMON, A. A. A cadeia produtiva da acácia-negra, aspectos econômicos, sociais e ambientais. In: REFLORESTAMENTO E RECUPERAÇÃO AMBIENTAL. AMBIENTE E TECNOLOGIA: O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL EM FOCO, 3., 2005, Lajeado. **Anais...** Lajeado: UNIVATES, 2005. p. 149-166.
- SMETHURST, P. J. Forest fertilization: trends in knowledge and practice compared to agriculture. **Plant and Soil**, The Hague, v. 335, n. 1/2, p. 83-100, 2010.
- SMETHURST, P. J. Soil solution and other soil analyses as indicators of nutrient supply: a review. **Forest Ecology Management**, Amsterdam, v. 138, n. 1/3, p. 397-411, Nov. 2000.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. Comissão de Química e Fertilidade do Solo. **Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10. ed. Porto Alegre, 2004. 400 p.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE. **SAS/STAT user's guide**. Version 8. Cary, 1999.

STRECK, E. V.; KÄMPF, N.; DALMOLIN, R. S. D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P. C.; SCHNEIDER, P.; GIASSON, E.; PINTO, L. F. S. **Solos do Rio Grande do Sul**. 2. ed. Porto Alegre: EMATER/RS, 2008. 222 p.

TEDESCO, N. **Produção de mudas de acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild.) adubadas com N-P-K**. 1999. 71 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1999.

VOGEL, H. L. M. **Crescimento inicial de *Pinus taeda* L. relacionado a doses de N, P e K, e sua diagnose nutricional pelos dris**. 2002. 83 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2002.