

EFICIÊNCIA DO USO DE MICRONUTRIENTES E SÓDIO EM TRÊS PROCEDÊNCIAS DE ACÁCIA-NEGRA (*Acacia mearnsii* De Wild.)¹

Marcos Vinicius Winckler Caldeira², Rubens Marques Rondon Neto³ e Mauro Valdir Schumacher⁴

RESUMO - Objetivou-se avaliar a eficiência nutricional de micronutrientes (Mn, B, Cu, Zn e Fe) e Na nos diferentes componentes das árvores de três procedências de acácia-negra (*Acacia mearnsii*), com 2,4 anos de idade, plantadas em Butiá-RS (Brasil). As procedências selecionadas foram Lake George, Bodalla e Batemans Bay. Constatou-se grande variação na eficiência nutricional entre as procedências. A Lake George, além de acumular maior biomassa total, foi também a mais eficiente na utilização dos nutrientes na produção de biomassa total das árvores. No entanto, a Bodalla mostrou ser a procedência mais eficiente no uso dos nutrientes para produção de biomassa da casca e da madeira.

Palavras-chave: Eficiência nutricional, micronutrientes e *Acacia mearnsii*.

NUTRITIONAL EFFICIENCY IN MICRONUTRIENTS AND SODIUM OF THREE AUSTRALIAN PROVENANCES OF BLACK WATTLE (*Acacia mearnsii* De Wild.)

ABSTRACT - The present aimed to determine the nutritional efficiency of the micronutrient (Mn, B, Cu, Zn e Fe) and Na, in the different tree components of three provenances of black wattle (*Acacia mearnsii*), 2.4 years old, planted in the municipality of Butiá-RS (Brazil). The selected Australian provenances were Lake George, Bodalla and Batemans Bay. A large variation was found in the nutritional efficiency among the provenances. Lake George provenance accumulated the greatest total biomass and was the most efficient in utilizing nutrient to produce total tree biomass. However, the Bodalla provenance was more efficient in the use of nutrient to produce biomass of wood and bark.

Key words: Nutritional efficiency, micronutrients, and *Acacia mearnsii*.

1. INTRODUÇÃO

O gênero *Acacia* possui cerca de 1.200 espécies arbóreas e arbustivas (Binkley & Giardina, 1997), sendo mais de 800 espécies endêmicas da Austrália (Yazaki, 1997). As plantações nos trópicos com esse gênero cobriam aproximadamente 3.904.307 ha em 1995, ou seja, 7,0% das plantações florestais tropicais, enquanto o *Eucalyptus* spp. estava em primeiro lugar com 9.949.588 ha, o que equivale a 17,7% (Krishnapillay, 2000).

No Brasil, a acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild.) é plantada principalmente no Estado do Rio Grande do Sul, cobrindo cerca de 100.000 ha (Higa et al., 1998), cujo objetivo principal é a extração da casca para produção de tanino; sua madeira também é utilizada na fabricação de papel e celulose, aglomerados e energia.

Grande parte dos povoamentos brasileiros de acácia-negra é implantada em solos com baixo nível de fertilidade e as práticas de manejo dos solos normalmente

¹ Recebido para publicação em 29.1.2002 e aceito para publicação em 17.2.2004.

² Eng. Florestal, Professor Dr. do Departamento de Engenharia Florestal, CCT/FURB, Campus II, Rua Araçatuba, 83, Itoupava Seca, 89030-080 Blumenau-SC, <caldeira@furb.br>; <rondon@floresta.ufpr.br>. ³ Eng. Florestal, M.S., Doutorando em Engenharia Florestal na Universidade Federal do Paraná, Av. Pref. Lothário Meissner, 3400, J.d Botânico, 80210-170 Curitiba-PR, <rondon@floresta.ufpr.br> ⁴ Eng. Florestal, Dr. Prof. Adjunto do Departamento de Ciências Florestais/Centro de Ciências Rurais/Universidade Federal de Santa Maria, 97105-900 Santa Maria-RS.

são realizadas de forma incorreta. Sob tais condições, os índices de produtividade normalmente são baixos e, portanto, é indispensável a adoção de práticas de manejo do solo florestal, a fim de elevar o nível de fertilidade e a produtividade dos sítios (Dallago, 2000), aliada a outras práticas culturais e silviculturais.

De acordo com Hansen & Baker (1979), a eficiência de utilização dos nutrientes em uma determinada espécie vegetal pode ser definida como a quantidade de matéria seca em kg produzida por kg de nutriente utilizado. Através deste parâmetro pode-se analisar quantos kg de nutriente foram necessários para produzir a matéria seca de uma determinada espécie vegetal (Pereira et al., 1984).

A quantidade de matéria seca em kg de uma determinada espécie produzida por kg de nutriente utilizado pode ter outras denominações, como: eficiência nutricional (Gonçalves et al., 1992); índice de eficiência de utilização dos nutrientes (Drumond; Poggiani, 1993; Lima, 1993; Drumond et al., 1997), coeficiente de utilização biológico - CUB (Barros et al., 1986); e índice de utilização dos nutrientes (Siddiqui; Galss, 1981; Araújo, 2000).

A seleção de material genético que melhor se adapte à condição de fertilidade mais baixa do solo tem sido uma preocupação constante, sendo desejáveis as espécies com maior capacidade de absorver e utilizar os nutrientes (Morais et al., 1990). A avaliação da eficiência de utilização dos nutrientes por parte das diferentes espécies florestais, procedências e, ou, clones é uma característica importante para auxiliar o silvicultor no momento de optar pelo material a ser usado nos reflorestamentos.

Do ponto de vista nutricional, uma espécie/genótipo superior é a aquela capaz de desenvolver e ter uma boa produção em condições desfavoráveis de fertilidade do solo, tendo habilidade de absorver os nutrientes necessários, em menor quantidade, e, ou, distribuí-los de maneira mais eficiente nos diversos componentes da planta, sem comprometer a produtividade (Furlani et al., 1984).

Levando em consideração esse aspecto, as espécies/genótipos eficientes em utilizar nutrientes, isto é, capazes de sintetizar o máximo de biomassa por unidade de nutriente absorvido, são fundamentais no que se refere à economia de nutrientes e levam à redução de custos da fertilização, pela otimização do uso dos nutrientes na produção de matéria seca (Clarkson & Hanson, 1980).

Segundo Schumacher (1995), a maior ou menor eficiência de uso de nutrientes das diferentes espécies arbóreas pode ser o reflexo de uma adaptação às perdas anuais e pode aumentar a sua reutilização. No entanto, a menor devolução de serapilheira, principalmente de folhas, e o alto índice de retranslocação de alguns nutrientes antes da queda das folhas são estratégias que as espécies podem utilizar para aumentar a conservação dos nutrientes nos componentes das árvores.

O objetivo deste estudo foi procurar indivíduos mais eficientes em utilizar os micronutrientes e o sódio para produção de biomassa acima do solo, em povoamentos de acácia-negra, com 2,4 anos de idade, no município de Butiá-RS.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado em fevereiro de 1997, em três povoamentos de acácia-negra instalados em único sítio, com 2,4 anos de idade, plantados no espaçamento 1,7 x 3,0 m, situado na região fisionômica natural do Estado do Rio Grande do Sul, denominada Serra do Sudeste (Escudo Rio-grandense), município de Butiá-RS. Os maciços florestais situam-se entre as coordenadas geográficas 30°07'12" S e 51°57'45" W e a uma altitude média de 35 metros.

O clima da região é do tipo Cfa, segundo a classificação de Köppen. É um tipo de clima subtropical (Moreno, 1961). A temperatura média anual é de 18-19 °C, com temperaturas médias máximas e mínimas no ano de 24 e 14 °C, respectivamente. A precipitação média anual é de 1.400 mm (Ipagro, 1989).

O solo da região pertence à Unidade de Mapeamento São Jerônimo, classificado como Argissolo Vermelho-Escuro (EMBRAPA, 1999), com textura argilosa e relevo ondulado. Os solos dessa Unidade, na sua grande maioria, são profundos, bem drenados, avermelhados, franco-argilosos ou argilosos com cascalho, porosos e desenvolvidos a partir de granito. Os solos são ácidos, com baixa saturação de alumínio, soma de bases e teores baixos de matéria orgânica (Brasil, 1973).

Para quantificação da biomassa e do conteúdo de micronutrientes da parte acima do solo da acácia-negra, foram selecionadas nove árvores de cada procedência australiana, sendo: Batemans Bay, New South Wales (35°15' S e 150°15' E e 20 m de altitude), Lake George, New South Wales (35°28' S e 148°57' E e 700 m de

altitude), e Bodalla, New South Wales (36°11' S e 149°58' E e 15 m de altitude). A seleção das árvores para o presente estudo foi a partir dos dados do inventário florestal, que permitiu agrupá-las em nove classes diamétricas, retirando uma árvore por cada classe.

Na parte intermediária da copa das árvores, nos quatro pontos cardeais, foram coletados cerca de 300 g de folhas para realização de análise nutricional. Os galhos foram classificados como vivos e mortos, tendo todas as folhas dos galhos vivos sido colhidas.

A massa fresca total das folhas, dos galhos vivos e mortos, da casca e da madeira do tronco das nove árvores foi determinada no campo. De cada um desses componentes retiraram-se subamostras para estimar a matéria seca e os nutrientes em cada componente da biomassa. Posteriormente, cada subamostra foi acondicionada em sacos plásticos, que foram identificados e levados ao Laboratório de Ecologia Florestal do Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal de Santa Maria, onde cada componente foi embalado em sacos de papel pardo, que, em seguida, foram colocados em estufa com circulação forçada (75 °C), até atingir peso constante.

A madeira do tronco foi amostrada, retirando-se um disco de 5 cm de espessura na metade da altura total da árvore (Yong & Carpenter, 1976). Desse disco, separou-se a casca da madeira e registrou-se a massa fresca de cada componente. Após a secagem em estufa, as amostras desses dois componentes foram picadas, moídas e passadas em peneira com malha de 1 mm. Depois que todos os componentes da árvore foram moídos, retirou-se uma amostra, para realização das análises químicas.

Foram feitas as determinações de Mn, Fe, B, Cu, Zn e Na em cada componente da árvore, seguindo as metodologias propostas por Tedesco et al. (1995). As análises foram realizadas no Laboratório de Análise de Solos do Departamento de Solos da Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

O estoque de micronutrientes contidos em todos os componentes da biomassa acima do solo, em kg/ha, foi obtido a partir da biomassa estimada por Caldeira (1998) e da concentração dos micronutrientes em cada componente. A soma dos valores dos micronutrientes para cada componente da biomassa acima do solo forneceu o conteúdo total em kg/ha.

Para estimar o índice eficiência de utilização dos nutrientes (EUN) para produção dos diferentes

componentes das árvores, foi utilizada a fórmula proposta por Hansen & Baker (1979), em que $EUN = \text{kg de matéria seca produzida/kg de nutriente utilizado}$.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Constatou-se o feito das procedências sobre os respectivos valores no índice eficiência de utilização dos nutrientes (Quadro 1). No que se refere ao uso de eficiência do Mn na produção de biomassa entre as procedências, a Lake George e a Batemans Bay foram as que mais utilizaram este micronutriente na produção de galhos vivos e madeira, respectivamente. Para produção de folhas e galhos mortos, a procedência Bateman Bay se destacou na eficiência de uso deste micronutriente.

Para produção de galhos vivos e galhos mortos, as três procedências não apresentaram diferenças significativas na eficiência de uso do Na. Mesmo não existindo diferenças significativas, a procedência Lake George foi a mais eficiente na utilização deste elemento para produção de galhos vivos e mortos. Porém, para produção de folhas, casca e madeira, houve diferenças significativas na eficiência de uso do Na, sendo a procedência Bodalla a mais eficiente na utilização deste elemento para produção de casca e madeira (Quadro 1).

Em se tratando da eficiência do uso de B para produção de biomassa de todos os componentes, foram verificadas diferenças significativas entre as procedências. Na produção de folhas e galhos vivos, Bodalla foi a procedência que utilizou com maior eficiência este micronutriente. No entanto, na produção de galhos mortos e madeira, as procedências Bodalla e Lake George foram as que utilizaram o B com maior eficiência.

Em relação à eficiência de utilização do Cu para produção de folhas e madeira, as três procedências não apresentaram diferenças significativas, porém as procedências Bodalla e Lake George tiveram destaque para galhos mortos e casca.

Pode-se constatar no Quadro 1, que a eficiência de utilização do Zn para produção de galhos vivos e casca foi maior nas procedências Bodalla e Batemans Bay. A menor eficiência de utilização de Zn na produção de folhas, galhos mortos e madeira foi observada nas procedências Batemans Bay e Lake George. Comportamento semelhante também foi verificado na produção de galhos mortos, onde o menor uso de eficiência de utilização do Fe foi constatado nas procedências Batemans Bay e Lake

George, porém a maior utilização desse micronutriente para a produção de madeira foi observada na procedência Lake George.

A eficiência de utilização de micronutrientes para produção de lenho (EUNUTL) em povoamentos clonais de híbridos de eucalipto (*E. grandis* x *E. urophylla*) "urograndis", na região litorânea de Espírito Santo, foi estudada por Neves (2000). Houve efeito de clones sobre os respectivos valores de EUNUTL, como também observado para B e Zn. Para B, a maior EUNUTL foi constatada nos clones 7 e 6 e a menor, nos clones 1 e 8. Quanto ao Zn, desponta o clone 1 com o maior EUNUTL e o clone 8 com a menor eficiência.

Cabe ressaltar que os feitos das procedências sobre os respectivos valores no índice eficiência de utilização dos nutrientes ocorrem em função de vários fatores.

Como comentado anteriormente, a maior ou menor eficiência de uso de nutrientes das diferentes espécies arbóreas pode ser o reflexo da adaptação às perdas anuais e do aumento de sua reutilização.

A eficiência de utilização tanto de macro como de micronutrientes e Na varia em função da idade das espécies (Pereira et al., 1984; Schumacher, 1995). Segundo Negi & Sharma (1984), árvores de *Eucalyptus globulus* com 5 anos de idade possuem a tendência de apresentar menor eficiência que as árvores com 9 anos de idade. A eficiência varia também em função da espécie, do sítio, das famílias de meios-irmãos de *Eucalyptus camaldulensis*, das procedências, dos estágios sucessionais e em plantações puras e consorciadas (Gonçalves et al., 1992; Schumacher, 1995; Paula et al., 1996), bem como com o local de plantio (Morais et al., 1990).

Quadro 1 – Biomassa estimada e eficiência nutricional de Mn, Na, B, Cu, Zn e Fe em três procedências acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild.), com 2,4 anos de idade, em Butiá-RS

Table 1 – Estimated biomass and nutritional efficiency of Mn, Na, B, Cu, Zn and Fe in three provenances of black wattle (*Acacia mearnsii* De Wild.), 2.4 years old in the municipality of Butiá-RS

Procedência	Biomassa (kg/ha)	Mn	Na	B	Cu	Zn	Fe
		kg de biomassa/kg nutriente utilizado					
Folhas							
Bodalla	4.376,8	21.438 a	3.198 a	141.115 b	124.633 a	21.565 b	7.384 a
Batemans Bay	7.197,4	35.086 b	3.127 a	58.659 a	130.254 a	13.086 a	16.577 b
Lake George	7.486,4	21.043 a	4.594 b	54.959 a	131.466 a	8.750 a	6.860 a
Galhos vivos							
Bodalla	3.850,7	107.027 a	5.996 a	223.230 b	254.968 a	66.217 b	16.133 a
Batemans Bay	7.051,7	122.394 b	6.872 a	65.974 a	261.790 a	66.427 b	15.211 a
Lake George	8.008,2	225.146 c	7.023 a	65.300 a	360.209 b	47.072 a	15.968 a
Galhos mortos							
Bodalla	75,4	94.901 a	12.039 a	130.118 b	358.626 b	131.922 b	27.241 b
Batemans Bay	1.031,0	138.972 b	12.128 a	88.390 a	225.956 a	65.872 a	13.010 a
Lake George	513,6	86.878 a	13.010 a	110.626 b	402.438 b	64.205 a	15.625 a
Casca							
Bodalla	2.421,3	63.568 b	33.316 b	58.495 a	495.415 a	86.417 b	20.017 b
Batemans Bay	4.265,0	71.326 b	16.943 a	68.644 b	558.809 b	84.624 b	15.556 b
Lake George	4.751,6	33.978 a	13.287 a	53.486 a	451.709 a	54.525 a	11.418 a
Madeira							
Bodalla	8.751,3	100.915 a	14.115 b	251.058 b	365.053 a	166.619 b	60.470 a
Batemans Bay	16.607,6	150.571 c	10.450 a	185.493 a	385.265 a	151.720 a	56.249 a
Lake George	20.346,0	130.160 b	11.721 a	241.799 b	403.256 a	160.169 a	84.794 b

Médias seguidas com a mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de SNK ($\alpha = 0,05$).

Além dos fatores citados, a eficiência de utilização de nutrientes também pode ser afetada pelo déficit hídrico. Sob condições de melhor suprimento hídrico, a rápida taxa de crescimento das árvores proporciona uma forte demanda por nutrientes, e os processos de transporte no solo, muitas vezes, não são suficientemente rápidos para satisfazer essa demanda (Barros & Novais, 1996).

A eficiência de utilização de todos os micronutrientes e Na para produção de biomassa de copa e de fuste variou em função da procedência (Quadro 2). Para a produção de copa, a eficiência de utilização de todos os micronutrientes e Na segue a seguinte ordem decrescente: Batemans Bay > Bodalla > Lake George. No entanto, para a produção do fuste possui a seguinte ordem decrescente: Bodalla > Batemans Bay > Lake George. Nesse sentido, a procedência Batemans Bay, em média, mostrou ser mais eficiente (9,6%) que a Bodalla e 15,1% superior a Lake George, na utilização dos micronutrientes e Na para produção de copa. No que se refere à produção de fuste, a procedência Bodalla foi, em média, 11,7% mais eficiente que a Batemans Bay e 18,2% que a Lake George, na utilização dos micronutrientes e Na.

Caldeira et al. (2002c) constataram variação na eficiência nutricional com macronutrientes entre procedências de *Acacia mearnsii*. Em ordem decrescente de eficiência de utilização dos macronutrientes para produção de casca e madeira, cujos produtos são explorados dos povoamentos, constatou-se que: Bodalla > Batemans Bay > Lake George. A Lake George apresenta menor eficiência de uso dos macronutrientes estudados para a produção de todos os componentes, exceto galhos mortos, o que pode ser atribuído aos maiores teores dos elementos minerais na biomassa (Caldeira, 1998).

O principal objetivo dos plantios de *Acacia mearnsii*, no Rio Grande do Sul, é a produção de casca e madeira. Neste sentido, as procedências com maior eficiência de micronutrientes e Na para produção de fuste (casca e madeira) são Batemans Bay e Bodalla. No entanto, Caldeira et al. (1988) relataram que a Bodalla possui maior concentração total de tanino ao longo do fuste que a Batemans Bay, devendo ser ressaltado que a concentração média não variou entre estas procedências. Segundo Camillo (1997) a concentração de tanino ao longo do fuste da acácia-negra varia com a idade das árvores, diâmetro, espessura da casca e espaçamento de plantio

Lake George apresenta a menor eficiência de todos os micronutrientes e Na na produção de biomassa de copa e de fuste, contudo, em relação às outras procedências, é a que possui maior produção de biomassa tanto de copa como de fuste (Quadro 2). A Lake George foi mais eficiente, ou seja, 12,2% a mais que a Batemans Bay e 52,8 % que a Bodalla, na produção de biomassa total. Aos 2,4 anos de idade, a procedência Bodalla possui uma biomassa total média menos da metade que a da Lake George e Batemans Bay (Caldeira, 1998).

A maior produção de biomassa da Lake George, pode ser atribuída à maior tolerância às geadas, que ocorrem com frequência no inverno, na região de plantio, o que, segundo Wang (1982), pode inibir o crescimento das plantas. Searle et al. (1991) observaram que as procedências de acácia-negra de maior altitude mostraram ser mais tolerantes às geadas, o que parece ser o caso da Lake George, pois em sua região de ocorrência natural a altitude é de aproximadamente 700 m. Segundo Higa et al. (1998), a procedência Batemans Bay possui baixa tolerância a geadas.

O fato de as procedências Batemans Bay e Bodalla serem as mais eficientes na utilização de micronutrientes e Na para produção de biomassa total pode ser também em função de um melhor suprimento de determinados elementos químicos pelo solo, bem como menores teores dos elementos minerais na biomassa (Caldeira et al., 2002a, b). Ao contrário, o fato de a procedência Lake George ser a menos eficiente na utilização de micronutrientes e Na para produção de biomassa total pode ser devido aos maiores teores dos elementos na biomassa (Caldeira et al., 2001a).

As três procedências utilizaram mais eficientemente os micronutrientes e Na para formação da biomassa de copa, na seguinte ordem decrescente: Cu > Mn > B > Zn > Fe > Na (Lake George); Cu > B > Mn > Zn > Fe > Na (Bodalla); e Zn > Cu > Mn > B > Fe > Na (Batemans Bay). A formação da biomassa de fuste segue a seguinte ordem decrescente, para as três procedências: Cu > B > Zn > Mn > Fe > Na. De modo geral, nota-se que o Cu foi o elemento mais eficiente e o Fe e o Na os menos eficientes para formação de copa e fuste das procedências. Para a produção de lenho (EUNUTL) em povoamentos clonais de híbridos de eucalipto (*E. grandis* x *E. urophylla*) “urograndis”, o Cu foi mais eficiente em todos os híbridos de eucalipto que demais micronutrientes (B, Fe, Zn e Mn) (Neves, 2000).

Quadro 2 – Biomassa estimada e eficiência nutricional de Mn, Na, B, Cu, Zn e Fe na copa e no fuste em três procedências de acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild.), com 2,4 anos de idade, em Butiá-RS

Table 2 – Estimated biomass and nutritional efficiency of Mn, Na, B, Cu, Zn and Fe in the crown and stem in three provenances of black wattle (*Acacia mearnsii* De Wild.), 2.4 years old in the municipality of Butiá-RS

Componente	Biomassa (kg/ha)	Mn	Na	B	Cu	Zn	Fe
		kg de biomassa/kg nutriente utilizado					
Lake George							
Folhas	7.486,4	21.043	4.594	54.959	131.466	8.750	6.860
Galhos vivos	8.008,2	225.146	7.023	65.300	360.209	47.072	15.968
Galhos mortos	513,6	86.878	13.010	110.626	402.438	64.205	15.625
Total	16.008,2	333.067	24.627	230.885	894.113	120.027	38.453
Casca	4.751,6	33.978	13.287	53.486	451.709	54.525	11.418
Madeira	20.346,0	130.160	11.721	214.799	403.256	160.169	84.794
Total	25.097,6	164.138	25.008	268.285	854.965	214.694	96.212
Bodalla							
Folhas	4.376,8	21.438	3.198	141.115	124.633	21.565	7.384
Galhos vivos	3.850,7	107.027	5.996	223.230	254.968	66.217	16.133
Galhos mortos	75,4	94.901	12.039	130.118	358.626	131.922	27.241
Total	8.302,9	223.366	21.233	494.463	738.227	219.704	50.758
Casca	2.421,3	63.568	33.316	58.495	495.415	86.417	20.017
Madeira	8.751,3	100.915	14.115	521.058	365.053	166.619	60.470
Total	11.172,6	164.483	47.431	579.553	860.468	253.036	80.487
Batemans Bay							
Folhas	7.197,4	35.086	3.127	58.659	130.254	13.086	16.577
Galhos vivos	7.051,7	122.394	6.872	65.974	261.790	66.427	15.211
Galhos mortos	1.031,0	138.972	12.128	88.390	225.956	658.725	13.010
Total	15.280,1	296.452	22.127	213.023	618.000	738.238	44.798
Casca	4.265	71.326	16.943	68.644	558.809	84.624	15.556
Madeira	16.607,6	150.571	10.450	185.493	385.265	151.720	56.249
Total	20.872,6	221.897	27.393	254.137	944.074	236.344	71.805

O Na possui eficiência de uso relativamente baixa em relação aos outros micronutrientes, devido aos altos teores nas folhas verdes e à retranslocação interna, voltando ao solo através da queda de serapilheira, sendo assim novamente integrado ao ciclo biogeoquímico. A elevada contribuição do Na em relação aos demais micronutrientes (Caldeira et al., 2002c) pode ser em função da diferença de capacidade de absorção deste elemento das raízes e na translocação para as partes novas da planta, entre genótipos de uma mesma espécie (Marschner, 1997). A alta absorção de Na por acácia-negra pode ocorrer pelo fato de este elemento ser absorvido no lugar do K, o que precisa ser mais estudado. Neste sentido, verificou-se

que as procedências de acácia-negra Batemans Bay e Bodalla, com a utilização de N, possuem as maiores quantidades de K na biomassa acima do solo (Caldeira et al., 2000; 2001b).

O papel do Na na nutrição mineral de plantas é substituir o K em determinadas funções fisiológicas, tais como: funções específicas no meristema, na expansão de tecidos e células, no balanço de água das plantas e no aumento do número de estômatos por unidade de área. Em determinadas espécies, 95% do K presente no substrato pode ser substituído por Na (Marschner, 1997). Neves (2000) constatou uma relação de 3,60, entre

os teores foliares de Na e K em povoamentos clonais de híbridos de eucalipto (*E. grandis* x *E. urophylla*) “urograndis”, evidenciado a possibilidade de haver significativa contribuição do Na em alguns dos papéis exercidos pelo K na planta, notadamente funções de regulação osmótica.

As três procedências apresentaram a maior eficiência no uso do Cu para produção de biomassa total acima do solo (Quadro 2). A procedência Lake George se destacou por produzir cerca de 41,1 Mg de biomassa total acima do solo por cada quilo de Cu, sendo 8,6% mais eficiente que a procedência Bodalla e 10,7% que a procedência Batemans Bay. Tal fato pode ser justificado pelo menor teor na biomassa acima do solo. O teor de Cu na biomassa total acima do solo (folhas, galhos vivos e mortos, casca e madeira) apresentou a seguinte ordem decrescente: Batemans Bay (23,8 mg/ka) > Bodalla (20,7 mg/ka) > Lake George (18,5 mg/ka). Talvez a alta eficiência do Cu na produção de biomassa pode ter a mesma justificativa da alta eficiência do P, onde, segundo Vitousek (1984), o P é o único elemento que nas florestas tropicais possui uma elevada eficiência de utilização, principalmente em áreas onde este se encontra em baixos teores.

4. CONCLUSÕES

A procedência Batemans Bay foi a que melhor utilizou os micronutrientes e Na para produção de biomassa total da copa, sendo 9,6 e 15,1% mais eficiente que a Bodalla e Lake George, respectivamente. Para produção de fuste, a procedência Bodalla foi 11,7% mais eficiente no uso de todos os micronutrientes e Na que a Batemans Bay.

Apesar de a Bodalla ser uma das procedências mais eficientes na utilização dos micronutrientes e Na para produção de copa e fuste, ela não tolera geadas. Em contrapartida, a Lake George tolera geadas e tem grande capacidade produtiva de biomassa total acima do solo, mas é a procedência menos eficiente no uso de micronutrientes e Na para formação de copa e fuste.

Em solos bastantes intemperizados e pobres em bases, onde se encontra baixo teor de P e talvez Cu, a procedência Lake George poderá apresentar melhor desempenho, pois apresenta uma grande eficiência no uso desse nutriente para produzir biomassa, principalmente madeira.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAÚJO, A. P. Eficiência vegetal de absorção e utilização de fósforo, com especial referência ao feijoeiro. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; SCHEFFER, C. E. G. R. (Eds.) **Tópicos em ciência do solo**, 2000. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000, v.1, p.163-212.
- BARROS, N. F. et al. Classificação nutricional de sítios florestais – Descrição de uma metodologia. **Revista Árvore**, v. 10, n. 1, p. 112-120, 1986.
- BINKLEY, D.; GIARDINA, C. Nitrogen fixation in tropical forest plantations. In: NAMBIAR, E. K. S.; BROWN, A. G. **Management of soil, nutrients and water in plantation forests**. Canberra: ACIAR, Australia, 1997. p.297-337. (Monograph, 43).
- BRASIL. Ministério da Agricultura – Departamento de Pesquisa Agropecuária. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Rio Grande do Sul**. Recife, 1973. 431 p. (Boletim Técnico, 30).
- CALDEIRA, M. V. W. **Quantificação da biomassa e do conteúdo de nutrientes em diferentes procedências de acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild.)**. 1998. 96 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1998.
- CALDEIRA, M. V. W.; RONDON NETO, R. M.; SCHUMACHER, M. V. Acúmulo e exportação de micronutrientes em um povoamento de acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild.) procedência Bodalla – Austrália. **Floresta**, v. 32, n. 2, 2002a.
- CALDEIRA, M. V. W.; RONDON NETO, R. M.; SCHUMACHER, M. V. Avaliação da eficiência nutricional de três procedências australianas de acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild.). **Revista Árvore**, v. 26, n. 5, p. 615-620, 2002c.
- CALDEIRA, M.V.W.; RONDON NETO, R.M.; SCHUMACHER, M.V. Conteúdo e exportação de micronutrientes em acácia-negra (*Acacia mearnsii* De wild.) procedência Batemans Bay (Austrália). **Revista Árvore**, v. 27, n. 1, p. 9-14, 2003
- CALDEIRA, M.V.W.; RONDON NETO, R.M.; SCHUMACHER, M.V. Conteúdo e exportação de B, CU, Fe, MN, Zn e Na em acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild.) procedência Lake George – Austrália. **Floresta**, Curitiba, n.31, v.1/2, p.99-104, 2001a.

- CALDEIRA, M. V. W.; SCHUMACHER, M. V.; SANTOS, E. M. Conteúdo de nutrientes em uma procedência de *Acacia mearnsii* no Rio Grande do Sul – Brasil. **Boletim de Pesquisa Florestal**, n. 42, p. 105-121, 2001b.
- CALDEIRA, M. V. W. et al. Quantificação de tanino em três povoamentos de *Acacia mearnsii* De Wild. **Boletim de Pesquisa Florestal**, n. 37, p. 81-88, 1998.
- CALDEIRA, M. V. W. et al. Ciclagem de nutrientes em *Acacia mearnsii* De Wild. V. Quantificação do conteúdo de nutrientes na biomassa aérea de *Acacia mearnsii* de Wild. procedência australiana. **Ciência Rural**, n. 30, v. 6, p. 977-982, 2000.
- CAMILLO, S. B. A. **Influência dos fatores de sítio, espaçamento e idade na concentração e produção de tanino em povoamentos de *Acacia mearnsii* De Wild.** 1997. 48 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1997.
- 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 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, 2000.
- DRUMOND, M. A.; POGGIANI, F. Distribuição da biomassa e dos nutrientes em plantações puras e consorciadas de *Liquidambar styraciflua* e *Pinus caribaea hondurensis*. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 7., 1993; CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO, 1., 1993, Curitiba. **Anais...** Curitiba: SBS-SBEF, 1993. p.234-239.
- DRUMOND, M. A. et al. Composição mineral e demanda nutricional de espécies florestais da Mata Atlântica. **Revista Árvore**, v. 21, n. 1, p. 1-10, 1997.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação levantamento de solos**. Rio de Janeiro, 1999. 212 p.
- GONÇALVES, J. L. M. et al. Capacidade de absorção e eficiência nutricional de algumas espécies arbóreas tropicais. In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS, 2., 1992, São Paulo; **Revista do Instituto Florestal**, v. 4, p. 463-469, 1992.
- HANSEN, E. A.; BAKER, J. B. Biomass and nutrient renewal in short rotation intensively cultured plantations. In: ANNUAL MEETING AMERICAN POPLARS COUNCIL, Thompsonville, 1979. p. 130-151.
- HIGA, A. R. et al. Desarrollo de sistemas de produccion para acacia negra (*Acacia mearnsii* De Wild.). In: CONGRESSO LATINOAMERICANO IUFRO – O manejo sustentable de los recursos forestales, desafío del siglo XXI, 1., 1998, Valdivia: IUFRO, 1998. CD-Rom.
- INSTITUTO DE PESQUISAS AGRONÔMICAS – IPAGRO. **Atlas agroclimático do Estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, 1989. 3v.
- KRISHNAPILLAY, B. Silvicultura y ordenación de plantaciones de teca. **Unasyuva**, v. 51, n. 201, p. 14-21, 2000.
- LIMA, W. P. **Impacto ambiental do eucalipto**. 2.ed. São Paulo: EDUSP, 1993. 301 p.
- MORAIS, E. J. et al. Biomassa e eficiência nutricional de espécies de eucalipto em duas regiões bioclimáticas de Minas gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 14, p. 353-362, 1990.
- MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961. 42 p.
- NEGI, J. D. S.; SHARMA, D. C. Distribution of nutrient in age series of *Eucalyptus globulus* plantation in Tamil Nadu. **Indian Forester**, v. 110, n. 9, p. 944-953, 1984.
- NEGI, J. D. S.; SHARMA, D. C. Distribution of nutrient in ages series of *Eucalyptus globules* plantations in Tamil Nadu. **The Indian Forester**, v. 110, n. 9, p. 944-953, 1984.
- NEVES, J. C. L. **Produção e participação de biomassa, aspectos nutricionais e hídricos em plantios clonais de eucalipto na região litorânea do Espírito Santo**. 2000. 191 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense, Rio de Janeiro, 2000.
- PAULA, R. C. et al. Estimativas de parâmetros genéticos em famílias de meios-irmãos de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. II. Eficiência de utilização de nutrientes. **Revista Árvore**, v. 20, n. 4, p. 483-493, 1996.
- PEREIRA, A. R. et al. Estimativa do conteúdo de nutrientes em um povoamento de *Acacia mearnsii* De Wild. no Rio Grande do Sul - Brasil. **Revista Árvore**, n. 24, n. 2, p. 193-199, 2000.
- SCHUMACHER, M. V. **Naehrstoffkreislauf in verschiedenen Bestaeden von *Eucalyptus saligna* (Smith), *Eucalyptus dunnii* (Maiden) und *Eucalyptus globulus* (Labillardière) in Rio Grande do Sul, Brasilien**. 1995. 167 f. Tese (Doutorado em Ecologia e Nutrição Florestal) – Universität für Bodenkultur, Viena, 1995.

SEARLE, S. D. et al. Advances in tropical research. In: INTERNATIONAL WORKSHOP HELD IN BANGKOK, THAILAND, 35., 1991, Thailand. **Proceedings...** ACIAR: Canberra, 1991. p. 93-94.

SIDDIQUI, M. Y.; GLASS, A. D. M. Utilization index: a modified approach to the estimation and comparison of nutrient utilization efficiency in plants. **Journal of Plant Nutrition**, v. 4, p. 289-302, 1981.

TEDESCO, M. J. et al. **Análise de solos, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174 p. (Boletim Técnico, 5).

VITOUSEK, P. M. Litterfall, nutrient cycling and nutrient limitation in tropical forests. **Ecology**, v. 65, p. 285-298, 1984.

YAZAKI, Y. *Acacia stroyi*: a potential tannin-producing species. **Australian Forestry**, v. 60, n. 1, p. 24-28, 1997.

YONG, H. E.; CARPENTER, P. N. Sampling variation of nutrient element content within and between on trees of the same species. In: OSLO BIOMASS STUDIES, 1976, Oslo. **Proceedings...** Oslo: 1976. p.75-90.