

CARACTERÍSTICAS AMBIENTAIS DETERMINANTES DA CAPACIDADE PRODUTIVA DE SÍTIOS CULTIVADOS COM EUCALIPTO⁽¹⁾

F. A. BRAGA⁽²⁾, N. F. BARROS⁽³⁾, A. L. SOUZA⁽⁴⁾ & L. M. COSTA⁽³⁾

RESUMO

A análise discriminante foi utilizada com o objetivo de identificar as características ambientais determinantes da qualidade de sítios florestais da região do mar de morros, no Médio Rio Doce (MG). Cinquenta e oito unidades de amostra, com 480 m² (20 x 24 m), de povoamentos de *Eucalyptus grandis* com 5,5 anos de idade, implantados em dezembro de 1987, espaçamento 3 x 2 m, foram agrupadas em três classes de sítio. O projeto ocupa área de 1.465 ha no município de São João Evangelista (MG). Há predomínio de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico ou álico textura média a argilosa fase floresta subperenifolia relevo forte ondulado e montanhoso, associado com Latossolo Câmbico e Latossolo Regossólico, formado sobre embasamento granito-gnaiss do Grupo Paraíba. Um modelo discriminante com duas funções lineares foi gerado, observando o grau de acerto na classificação das parcelas nas classes de sítio originais. As variáveis incluídas no modelo foram selecionadas por procedimento Stepwise, tendo como critério de seleção a maximização da Distância Generalizada de Mahalanobis. O modelo classificou corretamente 86,2% das parcelas. As oito características ambientais incluídas no modelo foram: altitude, pedoforma, declividade, radiação solar, floculação de argila (0-20 cm), relação silte/argila (40-60 cm) e relação cálcio/soma de bases trocáveis (0-20 e 40-60 cm). Destacaram-se as características fisiográficas, que representam, indiretamente, fatores de ação direta sobre o crescimento do povoamento, devendo ser observadas, prioritariamente, na seleção de áreas para implantação e manutenção de florestas comerciais de eucalipto.

Termos de indexação: *Eucalyptus grandis*, qualidade de sítio, análise discriminante, estatística multivariada.

⁽¹⁾ Parte da Tese de Doutorado do primeiro autor, apresentada ao Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa (UFV). Recebido para publicação em outubro de 1997 e aprovado em novembro de 1998.

⁽²⁾ Engenheiro Florestal, D.S. Rua das Nogueiras 335, Cond. Rocha Costa, CEP 35540-000 Oliveira (MG). Bolsista da CAPES.

⁽³⁾ Professor do Departamento de Solos, UFV. CEP 36571-000 Viçosa (MG). Bolsista do CNPq.

⁽⁴⁾ Professor do Departamento de Engenharia Florestal, UFV. CEP 36571-000 Viçosa (MG).

SUMMARY: *ENVIRONMENTAL CHARACTERISTICS DETERMINING SITE CAPACITY FOR EUCALYPT PRODUCTION*

Fifty eight plots of 480 m² (20 x 24 m) were established in stands of 5.5 year-old Eucalyptus grandis, growing in Rio Doce Valley - MG, Brazil, in order to study the relationship between growth and site characteristics. The topography of the area is hilly and the soil predominantly Oxisol, originated from granite-gnaiss parent material. A discriminant model with two linear functions was obtained and allowed to correctly classify 86.2% of the plots. The discriminant model obtained showed a holistic nature, and included climatic, physiographic and edaphic characteristics. The environmental characteristics included in the model were altitud, landform, slope, solar radiation, clay flocculation in the 0-20 cm layer, silt/clay ratio in the 40-60 cm layer, and calcium/sum of bases ratio in the 0-20 and 40-60 cm layers. The physiographic attributes were the most important in the model and should be taken into consideration when selecting areas for eucalypt commercial plantations in the region.

Index terms: Eucalyptus grandis, site quality, discriminant analysis, multivariate analysis.

INTRODUÇÃO

A classificação e o mapeamento de sítios são ferramentas importantes no planejamento e no manejo florestal, pois fornecem subsídios para previsão de produtividade, alocação de talhões, definição da densidade de plantio, do ciclo de corte e da rotação, planejamento de colheitas, plano de investimentos e de fluxo de caixa (Grey, 1985), além de permitir o uso racional do solo, evitando a exaustão de sua fertilidade e a degradação de suas propriedades físicas (Carmo et al., 1990). A qualidade de sítio pode ser expressa pela capacidade produtiva florestal da área, que é determinada pela ação e interação de fatores do meio e influenciada pelas práticas de manejo florestal (Barros et al., 1976).

Em princípio, pode ser relativamente simples e fácil enumerar fatores do ambiente que influem no crescimento das árvores. Entretanto, pode ser difícil entender e avaliar o somatório de interações desses fatores e os seus efeitos sobre o crescimento da floresta, no complexo denominado sítio. O silvicultor defronta-se com o problema de integrar todos os fatores do meio e realizar, com base neles, uma estimação da qualidade de sítio (Hills, 1976; Spurr & Barnes, 1980). O método solo-sítio é um dos mais usados e busca estabelecer relações matemáticas entre o crescimento das árvores e os atributos do meio, permitindo estimativas da capacidade produtiva do local pela simples avaliação das variáveis equacionadas (Hannah, 1968). No Brasil, a relação solo-sítio foi pouco utilizada. Podem-se citar os trabalhos desenvolvidos por Goor (1965); Barros et al. (1976); Hoogh & Dietrich (1979); Santana (1986); Cardenas (1987); Fabres et al. (1987); Gonçalves (1990) e Shorter (1993). Os trabalhos mais bem-sucedidos de relação solo-sítio comumente explicam entre 65 e 85% da variação do crescimento da floresta (Carmean, 1975).

A técnica de análise de regressão (estatística univariada), a partir de uns poucos fatores considerados determinantes, é comumente usada nos estudos das relações solo-sítio e fornece apenas uma estimativa aproximada da qualidade do sítio. Os enfoques mais holísticos, empregando estatística multivariada e envolvendo múltiplos fatores simultaneamente (clima, solo, relevo, vegetação, geologia), levam a melhores resultados (Spurr & Barnes, 1980; Laar, 1987), razão por que têm sido usados no desenvolvimento de vários sistemas de classificação de sítios (Pregitzer & Barnes, 1984; Harding et al., 1985; Hix, 1988; Jokela et al., 1988; Burton et al., 1991; Corns, 1992; Fincher & Smith, 1994).

A informação obtida para cada ponto ou unidade amostral tem caráter multidimensional, no sentido de que se refere a diferentes atributos do local. A estatística multivariada permite examinar dados multidimensionais, reduzindo-os e revelando suas estruturas (Gaugh, 1982).

A análise discriminante é uma técnica estatística multivariada, em que as amostras são projetadas do espaço de mensuração inicial completo para um espaço dimensional mais reduzido, porém representativo do universo. Funções lineares são geradas e tomadas como vetores de referência, cobrindo certa dimensão dentro do espaço inicial completo, permitindo a separação e mapeamento dos grupos (mapa territorial), dentro do novo subespaço (espaço discriminante) (Cooley & Lohnes, 1971).

A análise discriminante possibilita a separação (discriminação) de séries de indivíduos (observações) e, ou, a alocação (classificação) de novos indivíduos em grupos previamente definidos (Johnson & Wichern, 1988), com base em variáveis mensuradas nos indivíduos que compõem cada um dos grupos

(Mardia et al., 1979; Williams, 1983; Manly, 1995). A análise discriminante permite avaliar se os grupos diferem entre si, em termos do conjunto das variáveis mensuradas em seus indivíduos, e se o conhecimento prévio dessas variáveis permite designar um novo indivíduo a um dos grupos, com um risco mínimo de erro (Bouroche & Saporta, 1982).

A estatística multivariada tem sido pouco utilizada para a classificação de sítios no Brasil. Correia (1993) estudou a relação entre produtividade do *Eucalyptus grandis* e características do solo no município de Itapetinga (SP). Melo et al. (1995) estabeleceram relações entre produtividade de *Eucalyptus saligna* e atributos químicos do solo de sítios do Rio Grande do Sul.

A região do mar de morros, médio do Rio Doce - Minas Gerais, é um importante pólo florestal, onde se concentram extensos plantios comerciais de eucalipto. A região apresenta grandes variações de qualidade de sítio, relacionadas com as condições de relevo e de solo (Carmo et al., 1990). Os estudos de relação solo-sítio naquela região utilizaram regressão linear múltipla (Santana, 1986; Fabres et al., 1987).

Este trabalho teve como objetivo identificar as características ambientais que determinam a qualidade de sítios e sua importância na produtividade florestal de plantações de eucalipto na região do mar de morros, médio Rio Doce (MG).

MATERIAL E METODOS

O projeto Jambreiro, estabelecido em dezembro de 1987, pertencente à CENIBRA FLORESTAL, foi escolhido para execução do trabalho. Ele ocupa área de 1.465 ha, no município de São João Evangelista (MG), latitude 18°30' Sul, longitude 42°45' Oeste e altitude entre 800 e 1.050 m. O clima é do tipo Cwa (temperado chuvoso-mesotérmico, com inverno seco e verão chuvoso), segundo a classificação proposta por Köppen; a precipitação média anual é de 1.400 mm e a temperatura média anual de 21°C, com máxima média de 27°C e mínima média de 14°C (Antunes, 1986); a umidade relativa média é de 84% (a maior de Minas Gerais), o déficit hídrico entre 10 e 30 mm e a evapotranspiração potencial anual entre 800 e 850 mm (Golfari, 1975). O espaçamento inicial foi de 3 x 2 m, e a espécie *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden (Fabres et al., 1987).

O projeto localiza-se na região denominada mar de morros, Médio Rio Doce - Minas Gerais, onde predominam os solos da classe Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico ou álico textura média a argilosa fase floresta subperenifolia relevo forte ondulado e montanhoso, associado com Latossolo Câmbico e Latossolo Regossólico, formados sobre embasamento granito-gnaíse do Grupo Paraíba (Brasil, 1970; Fabres et al., 1987).

Inicialmente, 58 parcelas de inventário florestal contínuo, com 480 m², foram classificadas em três classes de capacidade produtiva (Quadro 1). O índice de sítio foi escolhido como indicador do potencial produtivo do local e obtido pela média aritmética das alturas totais das cinco árvores dominantes, aos 5,5 anos de idade.

Foram avaliadas 85 características em cada parcela, incluindo características físicas e químicas do solo, espessura de horizontes, fisiografia e insolação. Amostras de solo foram coletadas nas profundidades de 0-20 e 40-60 cm. Nessa porção do perfil, concentra-se a maior parte do sistema radicular, especialmente raízes finas, ocorrendo aí a maior absorção de nutrientes pelas árvores (Braga et al., 1995).

A análise de variância univariada e o teste de F, a 10%, foram usados para pré-selecionar variáveis de maior poder discriminatório (Harding et al., 1985; SPSS, 1990). Com as variáveis pré-selecionadas, procedeu-se à análise discriminante com o conjunto das 58 parcelas, previamente classificadas nas três classes de qualidade de sítio, buscando identificar as variáveis que melhor as separam. O método foi o passo a passo (Stepwise), tendo como critério de seleção das variáveis a maximização da Distância Generalizada de Mahalanobis (D²) (Cooley & Lohnes, 1971).

Definidas as funções lineares básicas do modelo discriminante, variáveis adicionais foram testadas para certificar se elas poderiam ser incorporadas ao modelo inicial, aumentando seu poder de explicação (Johnson & Wichern, 1988). O procedimento stepwise, por si só, não assegura a geração do melhor modelo (Manly, 1995).

O modelo discriminante deriva combinações lineares das variáveis iniciais que maximizam a diferenciação entre os grupos, ou seja, maximizam a razão de dispersão intergrupos/intragrupos. O número máximo de funções discriminantes extraíveis é igual ao número de variáveis iniciais, ou igual ao número de grupos menos 1, o que for menor (Colley & Lohnes, 1971).

O modelo foi escolhido observando o percentual de classificação correta das parcelas nas classes de sítio originais, sendo constituído por duas funções

Quadro 1. Classificação das 58 parcelas em três classes de capacidade produtiva

Classe de sítio	Índice de sítio	Número de parcelas
	m	
1	21,8 - 25,6	14
2	25,7 - 29,4	22
3	29,5 - 33,2	22

lineares. A importância de cada função no modelo foi definida pela correlação canônica (associação entre a função e as classes de sítio) e pela percentagem relativa da variância total incorporada (SPSS, 1990).

A contribuição das variáveis originais, bem como sua importância no contexto do modelo gerado, foi determinada por meio da magnitude das correlações com cada uma das duas funções lineares geradas (Williams, 1983; SPSS, 1990; Fincher & Smith, 1994).

Todas as análises estatísticas, descritas por Cooley & Lohnes (1971) e SPSS (1990), foram executadas no programa Statistics Package for the Social Sciences (SPSS, 1990).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com a análise discriminante foram selecionadas oito variáveis dentre as 85 iniciais, identificadas como significativas em trabalhos precedentes na região (Santana, 1986; Fabres et al., 1987). As médias das variáveis fornecem uma caracterização básica de cada uma das três classes de qualidade de sítio (Quadro 2).

O modelo discriminante (Quadro 3) previu corretamente a classificação de 86,21% das parcelas (50 em 58) nas classes de sítio originais, sendo 92,9% de acerto na classe 1; 77,3%, na classe 2; e 90,9%, na classe de sítio 3 (Quadro 4).

A primeira função discriminante acumulou 85,9% da variância total envolvida no modelo e apresentou uma correlação canônica de 0,76. A segunda função

explicou os 14,1% restantes de variância residual, com correlação de 0,43 (Quadro 5). Portanto, a função 1 foi a mais importante, pois reteve a maior quantidade da informação contida no modelo e apresentou maior associação com as classes de sítio.

A magnitude das correlações entre as variáveis e as funções (Quadro 6) mostra que a função 1 carrega, em especial, informações relativas à fisiografia (altitude, pedoforma, radiação, declividade) e radiação solar. A radiação solar incidente no terreno depende da declividade e da exposição (Iqbal, 1983). As funções são ortogonais e expressam a influência distinta do complexo de variáveis nelas inserto (Williams, 1983). Portanto, no modelo discriminante gerado, as características fisiográficas foram as mais importantes.

A função 2 expressa, basicamente, o efeito das condições químicas e de fertilidade do solo (relações Ca/bases trocáveis) e é menos expressiva para condições físicas do solo (grau de floculação) (Quadro 6).

O mapa territorial (Figura 1) delimita as regiões pertinentes a cada classe de sítio, no espaço bi-dimensional definido pelas duas funções do modelo. Nos eixos cartesianos, estão representadas as escalas de valores das funções 1 e 2 (variáveis canônicas). Com a função 1, que representa basicamente os fatores fisiográficos, é possível separar a classe de sítio 3 das classes 1 e 2. Portanto, se determinada parcela ocupa uma situação adequada na paisagem (valores acima de 2 na função 1 – Figura 1), fica praticamente assegurada a boa qualidade do sítio. A grande vantagem é que características

Quadro 2. Médias e significâncias estatísticas das variáveis potencialmente discriminantes das três classes de qualidade de sítio

Variável	Classe de sítio			Significância F
	1	2	3	
Floculação (0-20 cm) ⁽¹⁾ %	87	86	90	0,1768
Silte/Argila (40-60 cm) ⁽¹⁾	0,84	0,77	0,61	0,2031
Declividade, %	22	19	16	0,1210
Posição na toposseqüência ⁽²⁾ %	42	56	63	0,0171
Altitude, m	897	888	864	0,0004
Pedoforma ⁽³⁾	-0,50	-0,25	0,20	0,0018
Ca/Soma de Bases (0-20 cm) ⁽¹⁾	0,28	0,37	0,33	0,1858
Ca/Soma de Bases (40-60 cm) ⁽¹⁾	0,52	0,42	0,39	0,0925
Rad outubro ⁽⁴⁾ MJ m ⁻² dia ⁻¹	36,89	37,36	38,00	0,0013
Rad ano ⁽⁵⁾ MJ m ⁻² dia ⁻¹	395,02	406,43	416,11	0,0042

⁽¹⁾ Floculação, textura e bases trocáveis segundo EMBRAPA (1979). ⁽²⁾ Topo = 0%; Base = 100%. ⁽³⁾ Segundo Troeh (1965), citado por Resende et al. (1988). C = Curvatura, P = Perfil; Convexo = -1; Linear = 0; Côncavo = 1; Pedoforma C + P⁻ (0); C + P⁰ (1/2); C + P⁺ (1); COP (-1/2); COPO (0); COP⁺ (1/2); C - P⁺ (1/2); C - P⁻ (-1); C - P⁰ (-1/2); C - P⁺ (0). ⁽⁴⁾ Radiação solar incidente no topo da atmosfera no 15º dia do mês, segundo Iqbal (1983). ⁽⁵⁾ Somatório da radiação solar no 15º dia de cada mês.

Quadro 3. Coeficientes das funções discriminantes

Variável	Função 1	Função 2
Silte/argila (40-60 cm)	-1,163573	0,1999493
Declividade, %	0,03747136	0,06411483
Altitude, m	-0,02053804	0,002805815
Pedoforma	0,9539083	-0,7516874
Ca/SB (0-20 cm)	-0,8569947	6,660531
Ca/SB (40-60 cm)	-1,296139	-6,119400
Rad outubro MJ m ⁻² dia ⁻¹	1,005353	0,5475184
Floculação (0-20 cm), %	0,05614981	-0,07929475
(Constante)	-23,39884	-17,07061

Quadro 4. Número de casos e percentagens de classificação usando o modelo discriminante

Classe de sítio	Número de casos	Classificação prevista ⁽¹⁾		
		1	2	3
1	14	13	0	1
		92,9%	0,0%	7,1%
2	22	3	17	2
		13,6%	77,3%	9,1%
3	22	2	0	20
		9,1%	0,0%	90,9%

⁽¹⁾ Total geral de classificações corretas: 86,2%.

Quadro 5. Estatísticas do teste de seleção das funções discriminantes (FD)

FD	Autovalor	% da variância	Variância acumulada	Correlação canônica
1	1,3947	85,9	85,9	0,76
2	0,2288	14,1	100,0	0,43

fisiográficas são de fácil levantamento (no campo ou por meio de mapas e aerofotos) e não se alteram com o passar do tempo, facilitando a classificação de sítios (Spurr & Barnes, 1980).

Como a área coberta pela amostragem está sob a mesma condição climática, a relação entre a produtividade florestal e as características fisiográficas (altitude, exposição, pedoforma, declividade) expressam, indiretamente, os fatores de ação direta no crescimento das árvores (água, luz, nutrientes, temperatura) (Carmean, 1975).

Quadro 6. Correlações combinadas intragrupos entre as variáveis e as funções discriminantes no modelo 2

Variável	Função 1	Função 2
Altitude, m	-0,48729	0,04459
Rad outubro MJ m ⁻² dia ⁻¹	<u>0,43901</u>	0,13180
Pedoforma	<u>0,42940</u>	0,05032
Declividade, %	-0,23674	-0,08488
Silte/argila (40-60 cm)	-0,20686	0,00175
Ca/SB (0-20 cm)	0,05122	<u>0,50982</u>
Ca/SB (40-60 cm)	-0,20865	-0,36024
Floculação (0-20 cm)	0,18722	-0,26575

Os valores grifados mostram as maiores correlações entre as variáveis e as funções.

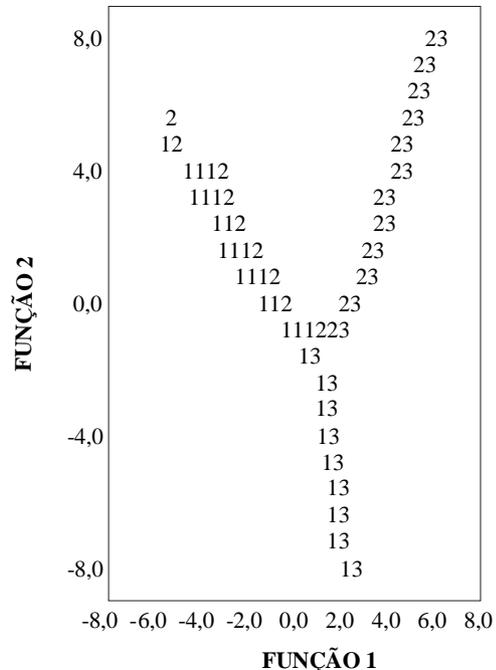


Figura 1. Mapa territorial das três classes de qualidade de sítio, gerado pelo modelo discriminante.

Os sítios mais produtivos ocuparam áreas de menor declividade e altitude, pedoforma côncava, com maior insolação, e perfis de solo mais desenvolvidos, com horizonte superficial mais estruturado e com relações cálcio/bases trocáveis entre 0,3 e 0,5 (na camada de 0-60 cm) (Quadros 7 e 2).

Existem justificativas para que essas características fisiográficas sejam condicionadoras de maior produtividade. Os terrenos mais planos do local, de menor cota altimétrica e com pedoforma côncava, favorecem a concentração e, ou, menor

Quadro 7. Condições ambientais para obtenção de máxima produtividade florestal e o percentual de casos observados para cada condição e classe de qualidade de sítio

Condição ambiental	Classe de sítio		
	1	2	3
	%		
Azimute de 315 a 135°	36	73	86
Declividade $\leq 20\%$	43	59	82
Índice pedoforma ≥ 0	29	41	77
Silte/argila $< 0,7$ (40-60 cm)	50	45	68
Posição na toposequência $\geq 50\%$ (0 = topo; 100 = base)	50	63	77
Altitude < 870 m	14	41	73
Ca/Soma de bases $\geq 0,3$ (0-20 cm)	57	73	59
Ca/Soma de bases $\leq 0,5$ (40-60 cm)	57	86	91
Radiação outubro $\geq 37,5$ (15° dia, MJ m ⁻² dia ⁻¹)	27	54	95
Floculação $\geq 90\%$ (0-20 cm)	43	36	68

exportação de água e nutrientes do sistema, pois estão menos expostos à erosão e apresentam perfil mais profundo (Carmo et al., 1990). Os perfis com relação silte/argila menores que 0,7 indicam a presença de Latossolo, ao invés de Cambissolo ou Latossolo Câmbico (Brasil, 1970), oferecendo melhores condições físicas ao crescimento radicular das árvores.

O maior índice de floculação no horizonte superficial do solo dos melhores sítios (Quadros 2 e 7) indica melhor estruturação e estabilidade dos agregados, implicando melhor drenagem, aeração e permeabilidade e maior resistência à erosão, propiciando melhor desenvolvimento do sistema radicular e maior infiltração de água no perfil do solo (Baruqui, 1983).

Os sítios de menor cota altimétrica apresentaram maior potencial produtivo (Quadros 2 e 7) por estarem menos expostos a ventos, a baixas temperaturas e ao dessecamento do solo (drenagem para as partes mais baixas) (Carmean, 1975; Spurr & Barnes, 1980). Além disso, a redução da qualidade de sítio no sentido base-topo de encosta, nos povoamentos de eucalipto da região, também pode ser atribuída à diminuição na espessura do solum (o horizonte C apresenta condições restritivas ao crescimento radicular) e na disponibilidade de nutrientes no solo (Fabres et al., 1987).

Quanto à insolação, os sítios de melhor qualidade receberam maior quantidade de energia solar (Quadros 2 e 7). Os terrenos com menor declividade e, ou, exposição norte recebem mais energia solar ao longo do ano (Tubelis & Nascimento, 1983), apresentando, por esse motivo, maior potencial

produtivo. Segundo Landsberg (1986), a energia solar determina, em última instância, o potencial produtivo de dado local ou região, visto que os demais fatores ambientais (edáficos e biológicos) normalmente apresentam solução tecnicamente viável (irrigação, drenagem, adubação, pesticidas). Por outro lado, a luz é o fator ambiental que gera a maior magnitude de efeitos morfológicos e fisiológicos nas árvores (Kozłowski et al., 1991), atuando também no regime térmico da encosta (Lee & Sypolt, 1974), no desenvolvimento do perfil de solo e na qualidade do sítio (Carmean, 1975; Spurr & Barnes, 1980; Pregitzer & Barnes, 1984). Portanto, a energia solar deve receber maior atenção nos trabalhos ligados à qualidade de sítio, tendo em vista sua importância na fisiologia e no crescimento das árvores.

Os resultados mostram que a porção mediana e a inferior das encostas e as áreas menos declivosas são comumente as de maior potencial produtivo (Quadros 2 e 7), daí o fato de serem as mais recomendadas para reflorestamento comercial com eucalipto na região do mar de morros do médio Rio Doce.

As partes altas e mais declivosas, além do menor potencial produtivo, apresentam maior dificuldade à implantação, exploração e manejo sustentável do povoamento, visto que seus solos são comumente mais rasos, mais pobres, mais secos e mais propensos à erosão (Carmo et al., 1990). Assim, as partes mais altas e mais declivosas, já plantadas com eucalipto, deveriam ser submetidas a técnicas de manejo menos intensivas, evitando o corte raso, ou serem convertidas em áreas com cobertura florestal nativa de espécies autóctones e, ou, áreas de preservação permanente.

CONCLUSÕES

1. A análise discriminante foi hábil e eficiente para identificação das características ambientais determinantes da capacidade produtiva de sítios da região do mar de morros, Médio Rio Doce (MG).

2. As características ambientais mais importantes foram: altitude, pedofoma, declividade, radiação solar, floculação da argila (0-20 cm), relação silte/argila (40-60 cm) e relação cálcio/soma de bases trocáveis (0-20 e 40-60 cm).

3. As características fisiográficas destacaram-se, representando, indiretamente, fatores de ação direta sobre o crescimento do povoamento, devendo ser observadas, prioritariamente, na seleção de áreas para implantação e manutenção de florestas comerciais de eucalipto.

4. As áreas de maior potencial produtivo apresentaram baixa declividade, exposição norte-nordeste, pedofoma côncava e posição mediana ou inferior na encosta, relativamente distantes dos topos da paisagem.

LITERATURA CITADA

- ANTUNES, F.Z. Caracterização climática do estado de Minas Gerais. *Inf. Agropec.*, 12:9-13, 1986.
- BARROS, N.F.; MOURA FILHO, W.; VALE, A.B. & OLIVEIRA, L.M. Contribuição ao relacionamento de características pedológicas e topográficas com altura de *Eucalyptus alba*, na região de Santa Bárbara, MG. *R. Ceres*, 23:109-128, 1976.
- BARUQUI, A.M. Comentários sobre a descrição e resultados analíticos de um perfil de solo. *Inf. Agropec.*, 9:33-44, 1983.
- BOUROCHE, J. & SAPORTA, G. Análise de dados. Rio de Janeiro, Zahar, 1982. 116p.
- BRAGA, F.A.; VALE, F.R. & MUNIZ, J.A. Movimentação de nutrientes no solo, crescimento e nutrição mineral do eucalipto, em função de doses de gesso e níveis de irrigação. *R. Bras. Ci. Solo*, 19:69-77, 1995.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo. Levantamento exploratório dos solos da região sob influência da Companhia Vale do Rio Doce. Rio de Janeiro. 1970. 154p.
- BURTON, A.J.; RAMM, C.W. & PREGITZER, K.S. Use of multivariate methods in forest research site selection. *Can. J. For. Res.*, 21:1573-1580, 1991.
- CARDENAS, A.C. Exportação de nutrientes e produtividade de povoamentos de eucalipto no litoral norte do Espírito Santo. Viçosa, UFV, 1987. 98p. (Tese de Mestrado)
- CARMEAN, W.H. Forest site quality evaluation in the United States. *Adv. Agron.*, 27:209-269, 1975.
- CARMO, D.N.; RESENDE, M. & SILVA, T.C.A. Avaliação da aptidão das terras para eucalipto. In: BARROS, N.F. & NOVAIS, R.F., eds. *Relação solo-eucalipto*. Viçosa. Folha de Viçosa, 1990. p.187-235.
- COOLEY, W.W. & LOHNES, P.R. *Multivariate data analysis*. New York: John Wiley, 1971. 364p.
- CORNS, G.W. Forest site classification in Alberta: its evolution and present status. *For. Chron.*, 68:85-93, 1992.
- CORREIA, J.R. Uso de técnicas multivariadas no estudo das inter-relações de características do solo e a produtividade do eucalipto. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1993. 106p. (Tese de Mestrado)
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro. Serviço Nacional de Levantamento de Ciência do Solo, 1979. Não paginado.
- FABRES, A.S.; BARROS, N.F. & NOVAIS, R.F. Produtividade e exportação de nutrientes em eucaliptos e identificação de sítios visando o manejo do solo e o manejo florestal em áreas da CENIBRA. Viçosa, Convênio SIF/UFV, 1987. 142p. (Relatório Anual/Programa 86-87)
- FINCHER, J. & SMITH, M.L. A discriminant-function approach to ecological site classification in Northern New England. Radnor, USDA-Forest Service, 1994. 12p. (Research paper NE 686)
- GAUCH, H.G. *Multivariate analysis in community ecology*. London, Cambridge University Press, 1982. 297p.
- GOLFARI, L. Zoneamento ecológico do Estado de Minas Gerais para reflorestamento. Belo Horizonte, Centro de Pesquisa Florestal da Região do Cerrado, 1975. 65p. (Série Técnica, 3)
- GONÇALVES, J.L.M. Interações genótipo-ambiente e relações entre a produtividade de sítios florestais de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna* com propriedades de alguns solos de textura arenosa e média no estado de São Paulo. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1990. (Tese de Doutorado)
- GOOR, C.P. van. Reflorestamento com coníferas no Brasil. *Bol. Setor de Inv. Flor.*, 9:1-58, 1965.
- GREY, D.C. Site classification of forestry land. *South Afr. For. J.*, 138:54-57, 1985.
- HANNAH, P.R. Estimating site index for white and black oaks in Indiana from soil and topographical factors. *J. For.*, 66:412-417, 1968.
- HARDING, R.B.; GRICAL, D.F. & WHITE, E.H. Site quality evaluation for white spruce plantations using discriminant analysis. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 49:229-232, 1985.
- HILLS, G.A. An integrated iterative approach to ecosystem classification. In: MEETING CANADA COMMITTEE ON ECOLOGICAL (Biophysical) LAND CLASSIFICATION, 1., 1976, Petawawa, Proceedings... Petawawa, 1976. p.73-97.
- HIX, D.M. Multifactor classification and analysis of upland hardwood forest ecosystems of the Kickapoo River Watershed, south western Wisconsin. *Can. J. For. Res.*, 18:1405-1415, 1988.
- HOUGH, R.J. & DIETRICH, A.B. Avaliação de sítio para *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze., em povoamentos artificiais. *Brasil Flor.*, 10:19-71, 1979.

- IQBAL, M. An introduction to solar radiation. Toronto, Academic Press, 1983. 390p.
- JOHNSON, R.A. & WICHERN, D.W. Applied multivariate statistical analysis. New Jersey, Prentice-Hall, 1988. 607p.
- JOKELA, E.J.; WHITE, E.H. & BERGLUND, J.V. Predicting Norway Spruce growth from soil and topographic properties in New York. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 52:809-815, 1988.
- KOZLOWSKI, T.T.; KRAMER, P.J. & PALLARDY, S.G. The physiological ecology of woody plants. San Diego, Academic Press, 1991. 657p.
- LAAR, A. van. Multivariate analysis. A way to better understanding of complexity. *South Afr. For. J.*, 141:34-40, 1987.
- LANDSBERG, J.J. Physiological ecology of forest production. London, Academic Press, 1986. 198p.
- LEE, R. & SYPOLT, C.R. Toward a biophysical evaluation of forest site potential. *For. Sci.*, 20:145-154, 1974.
- MANLY, B.F.J. Multivariate statistical methods. New York, Chapman Hall, 1995. 215p.
- MARDIA, K.V.; KENT, J.T. & BIBBY, J.M. Multivariate analysis. London, Academic Press, 1979. 518p.
- MELO, V.F., CRUZ, C.D., BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F. & COSTA, L.M. Utilização de técnicas multivariadas no estudo das relações entre atributos químicos do solo e a produtividade do eucalipto no Rio Grande do Sul. *IPEF*, 48/49:38-49, 1995.
- PREGITZER, K.S. & BARNES, B.V. Classification and comparison of upland hardwood and conifer ecosystems of the Cyrus H. McCormick Experimental Forest, upper Michigan. *Can. J. For. Res.*, 14:362-375, 1984.
- RESENDE, M.; CURI, N. & SANTANA, D.P. Pedologia e fertilidade do solo: interações e aplicações. Brasília, MEC, 1988. 81p.
- SANTANA, J.A.S. Efeitos de propriedades dos solos na produtividade de duas espécies de eucalipto na região do Médio Rio Doce, MG. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1986. 117p. (Tese de Mestrado)
- SHORTER, T.D. Efeitos do clima e do solo sobre o desenvolvimento de clones de *Eucalyptus* sp no sul da Bahia e sobre interações genótipo-ambiente. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1993. 220p. (Tese de Mestrado)
- SPSS. SPSS/PC. Advanced Statistics 4.0 for the IBM PC/XT/AT and PS/2. Chicago, 1990. p.B1-B37.
- SPURR, S.H. & BARNES, B.V. Forest ecology. 3.ed. New York, John Wiley, 1980. 687p.
- TUBELIS, A. & NASCIMENTO, F.J.L. Meteorologia descritiva; fundamentos e aplicações brasileiras. São Paulo, Nobel, 1983. 374p.
- WILLIAMS, B.K. Some observations on the use of discriminant analysis in ecology. *Ecology*, 64:1283-1291, 1983.