



UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS

**ESTUDO DE GRADIENTES
VEGETACIONAIS EM UMA FLORESTA
SEMIDECÍDUA ALTIMONTANA NO
PLANALTO DE POÇOS DE CALDAS, MG**

FERNANDO AFONSO BONILLO FERNANDES

2003

FERNANDO AFONSO BONILLO FERNANDES

**ESTUDO DE GRADIENTES VEGETACIONAIS
EM UMA FLORESTA SEMIDECÍDUA
ALTIMONTANA NO PLANALTO DE POÇOS DE
CALDAS, MG**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do curso de mestrado em Engenharia Florestal, área de concentração em Manejo Ambiental, para obtenção do título de "Mestre".

Orientador

Prof. Dr. Eduardo van den Berg

LAVRAS
MINAS GERAIS
2003

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA**

Bonillo Fernandes, Fernando Afonso

Estudo de gradientes vegetacionais em uma floresta semidecídua
altimontana no Planalto de Poços de Caldas, MG. / Fernando Afonso
Bonillo Fernandes. -- Lavras : UFLA, 2003.

156 p. : il.

Orientador: Eduardo van den Berg.

Dissertação (Mestrado) – UFLA.

Bibliografia.

1. Floresta Semidecídua Altimontana. 2. Revegetação. 3. Recuperação
de área degradada. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-631.64

-634.9

FERNANDO AFONSO BONILLO FERNANDES

**ESTUDO DE GRADIENTES VEGETACIONAIS
EM UMA FLORESTA SEMIDECÍDUA
ALTIMONTANA NO PLANALTO DE POÇOS DE
CALDAS, MG**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do curso de mestrado em Engenharia Florestal, área de concentração em Manejo Ambiental, para obtenção do título de "Mestre".

APROVADA em 28 de fevereiro de 2003

Prof. Dr. Ary Teixeira de Oliveira Filho - UFLA

Prof. Dr. Douglas Antônio Carvalho - UFLA



Prof. Dr. Eduardo van den Berg - UFLA
Orientador

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL

AGRADECIMENTOS

Ao Departamento de Ciências Florestais – DCF através dos Coordenadores e pessoal de apoio do Curso de Pós- Graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal de Lavras – UFLA, pelo acolhimento e pela valiosa oportunidade.

Ao Doutor Eduardo van den Berg, pela competente orientação deste trabalho, e demonstração de amizade, atenção e amparo nos momentos mais difíceis de minha jornada acadêmica.

Ao amigo Engenheiro Agrônomo Charles Aparecido Gonçalves Ferreira pelo incentivo, confiança e apoio dispensados ao meu intento.

Ao Departamento de Mineração da ALCOA Alumínio S/A, que em convênio com a Fundação de Apoio ao Ensino Pesquisa e Extensão da Universidade Federal de Lavras forneceu apoio logístico e subsídios para a execução dos trabalhos.

Ao Geólogo Don Williams por seu idealismo e sistemático apoio às iniciativas técnico-científicas voltadas para o aprimoramento das técnicas de recuperação de áreas degradadas no Planalto de Poços de Caldas.

Ao Engenheiro Agrônomo Adriano Gerin Ribeiro e à Engenheira Florestal Milena Alves Moreira pelo apoio logístico dispensado ao longo dos procedimentos de obtenção de dados na área estudada.

Aos Luiz Renato Pelegrini e Koiti Kawatti pelo levantamento topográfico e tabulação de informações

Aos Professores Ary Teixeira de Oliveira Filho e Douglas Antônio Carvalho, pela competente contribuição, através do auxílio na identificação de

material botânico, e também pela gentil e construtiva avaliação do trabalho como participantes da banca examinadora.

Ao Professor João José de Sá Granate e Mello Marques pela avaliação dos dados relativos ao solo da área estudada.

Ao amigo Evandro Machado, que através de seu elevado altruísmo e competência prestou inestimável auxílio no processamento dos dados obtidos em campo.

À Regina Peixoto pela abnegada ajuda na diagramação da versão final desta dissertação.

Aos estagiários Adriano Marcelo Claro e Aline Andrade de Almeida, pela significativa ajuda no levantamento de dados em campo.

A José Benedito Piva e a todos aqueles que, direta ou indiretamente, tornaram possível a realização deste trabalho

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	i
ABSTRACT	iii
1 INTRODUÇÃO	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO	5
2.1 Comunidades e altitude	5
2.2 Aspectos geoquímicos atuantes na área de estudo	6
2.3 Interações entre solo e relevo	12
2.4 Origem das feições geomorfológicas e dos atributos geoquímicos do solo.....	17
2.5 Fatores atmosféricos relacionados à variação altitudinal	19
2.6 O processo de mineração da bauxita e seus impactos ambientais ..	21
2.7 Recuperação de áreas degradadas	23
2.8 Teorias sobre a sucessão ecológica	27
2.9 A flora regional	33
2.10 Pesquisas botânicas no planalto de Poços de Caldas como subsídios à recuperação de áreas degradadas	35
2.11 Experiências na recuperação de áreas degradadas pela mineração de bauxita no planalto de Poços de Caldas	36
2.12 Considerações sobre os métodos de análise adotados neste trabalho	38
2.12.1 Análise de componentes principais	38
2.12.2 Análise de correspondência canônica	39
3 MATERIAL E MÉTODOS	41
3.1 Caracterização da Área de Estudos	41
3.1.1 Aspectos gerais sobre o Planalto de Poços de Caldas	41
3.1.2 Caracterização da Mata da Colina	43

3.2 Desenho amostral e levantamento das feições topográficas	45
3.3 Levantamento das propriedades do solo	49
3.4 Levantamento florístico e estrutural da comunidade arbórea	51
3.4.1 Levantamento florístico	51
3.4.2 Levantamento estrutural e diversidade	51
3.4.3 Caracterização da comunidade vegetal dos estratos inferiores ...	54
3.5 Análise dos dados	57
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	59
4.1 Análise sobre as variáveis ambientais	59
4.2 Análise sobre a vegetação	79
4.2.1 Estrutura horizontal da comunidade arbórea	79
4.2.2 Estrutura vertical da comunidade arbórea	82
4.2.3 Distribuição espacial da vegetação dos estratos inferiores.....	92
4.2.3.1 Cobertura por bambu (taquara) na área de estudos	92
4.2.3.2 Cobertura por herbáceas (gramíneas)	93
4.2.3.3 Cobertura por arbustos	93
4.2.3.4 Cobertura por <i>Pteridium aquilinum</i>	96
4.2.3.5 Variação da cobertura por briófitas	101
4.3 Composição florística e diversidade da Mata da colina	102
4.3.1 Composição florística	102
4.3.2 Diversidade da comunidade arbórea	108
4.3.2.1 Cálculo da curva espécie-área	111
4.4 Análise de correspondência canônica (CCA)	122
4.4.1 CCA para as parcelas e as variáveis ambientais	122
4.4.2 Análise da vegetação através da CCA	125
4.5 Distribuição das espécies com os maiores valores de importância sociológica	129
4.6 Discussão dos resultados com enfoque na recuperação de áreas degradadas	136

5 CONCLUSÕES	142
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	144
ANEXO	156

FIGURA 11	Varição da distribuição dos valores de Al^{3+} (cmolc/dm ³) do solo.....	73
FIGURA 12	Varição da distribuição dos valores de Ca^{++} (cmolc/dm ³) do solo	73
FIGURA 13	Varição da distribuição dos valores de índice de saturação de Alumínio em %	75
FIGURA 14	Varição dos valores de índice de saturação de bases em %.....	75
FIGURA 15	Varição da distribuição dos valores de SB (Soma de bases trocáveis) em cmolc/dm ³	76
FIGURA 16	Varição da distribuição dos valores de t (CTC efetiva) em cmolc/dm ³	76
FIGURA 17	Varição da distribuição dos valores de t (CTC efetiva) em cmolc/dm ³	77
FIGURA 18	Varição da distribuição dos valores de K (Potássio) em mg/dm ³	77
FIGURA 19	Varição da distribuição dos valores de Mg^{++} (Magnésio) em cmolc/dm ³	78
FIGURA 20	Varição da distribuição dos valores de P (Fósforo) em mg/dm ³	78
FIGURA 21	Varição da distribuição das árvores mais altas expressa em metros.....	80
FIGURA 22	Varição da distribuição das parcelas com maior DAP expressa em metros.....	80
FIGURA 23	Varição da distribuição da área basal expressa em metros quadrados.....	81

LISTA DE FIGURAS

	Página
FIGURA 1 Situação geográfica de Poços de Caldas no sul de Minas Gerais	41
FIGURA 2 Disposição dos transectos e respectivas parcelas. As linhas contínuas representam as curvas de níveis	48
FIGURA 3 Grade de superfície do fragmento florestal da Mata da Colina, Poços de Caldas, MG, mostrando a topografia e distribuição dos 4 transectos contendo 28 parcelas de 400m ² com espaçamento entre linhas da grade de 10 m.....	49
FIGURA 4 Diagrama de ordenação produzido pela análise de componentes principais (PCA), com 13 variáveis químicas e texturais de 28 amostras de solo coletadas na Mata da Colina em Poços de Caldas, MG. As amostras são identificadas pelo nome das parcelas e as três classes texturais de solo são indicadas por símbolos diferentes.....	61
FIGURA 5 Variação da distribuição da areia em dag/Kg de solo analisado nesse sentido, as partículas de maior granulometria se concentram.....	65
FIGURA 6 Variação da distribuição do silte em dag/Kg de solo Analisado	66
FIGURA 7 Variação da distribuição da argila em dag/Kg de solo analisado.....	68
FIGURA 8 Variação da distribuição da matéria orgânica em dag/Kg de solo analisado	69
FIGURA 9 Dados da variação da profundidade do solo.....	71
FIGURA 10 Variação da distribuição dos valores de pH do solo ..	72

FIGURA 11	Variação da distribuição dos valores de Al^{3+} (cmolc/dm ³) do solo.....	73
FIGURA 12	Variação da distribuição dos valores de Ca^{++} (cmolc/dm ³) do solo	73
FIGURA 13	Variação da distribuição dos valores de índice de saturação de Alumínio em %	75
FIGURA 14	Variação dos valores de índice de saturação de bases em %.....	75
FIGURA 15	Variação da distribuição dos valores de SB (Soma de bases trocáveis) em cmolc/dm ³	76
FIGURA 16	Variação da distribuição dos valores de t (CTC efetiva) em cmolc/dm ³	76
FIGURA 17	Variação da distribuição dos valores de t (CTC efetiva) em cmolc/dm ³	77
FIGURA 18	Variação da distribuição dos valores de K (Potássio) em mg/dm ³	77
FIGURA 19	Variação da distribuição dos valores de Mg^{++} (Magnésio) em cmolc/dm ³	78
FIGURA 20	Variação da distribuição dos valores de P (Fósforo) em mg/dm ³	78
FIGURA 21	Variação da distribuição das árvores mais altas expressa em metros.....	80
FIGURA 22	Variação da distribuição das parcelas com maior DAP expressa em metros.....	80
FIGURA 23	Variação da distribuição da área basal expressa em metros quadrados.....	81

FIGURA 24	Distribuição da densidade de árvores ≥ 5 cm de DAP, em classes de diâmetro nas 24 parcelas utilizadas para representar o Topo, o Meio e a Base da Mata da Colina em Poços de Caldas, MG.....	85
FIGURA 25	Distribuição proporção de árvores ≥ 5 cm de DAP em classes de altura nas 24 parcelas utilizadas, para representar o Topo, o Meio e a Base da Mata da Colina em Poços de Caldas, MG.....	91
FIGURA 26	Variação da cobertura das parcelas pelo bambu em termos de % da área coberta.....	92
FIGURA 27	Variação da cobertura das parcelas por herbáceas em termos de % da área coberta.....	93
FIGURA 28	Variação da cobertura das parcelas por arbustos em termos de % da área coberta.....	96
FIGURA 29	Variação da cobertura das parcelas por <i>Pteridium aquilinum</i> em termos de % da área coberta.....	98
FIGURA 30	Variação de distribuição da espécie <i>Cyathea Corcovadensis</i>	98
FIGURA 31	Variação da cobertura das parcelas por briófitas em termos de % da área coberta.....	102
FIGURA 32	Curvas da progressão do número cumulativo médio de espécies, com o aumento da área amostral produzidas para a amostra total e para as subamostras das parcelas de Topo, Meio e Base utilizadas no inventário da comunidade arbórea para representar da Mata da Colina em Poços de Caldas, MG.....	112

FIGURA 33	Análise de correspondência canônica (CCA): diagrama de ordenação das parcelas baseada na distribuição de indivíduos de 38 espécies, em 28 parcelas de floresta semidecidual, Mata da Colina, Poços de caldas, MG, sua correlação com as 8 variáveis ambientais utilizadas (vetores) e respectivas classes texturais. Os habitats das parcelas de acordo com a posição na encosta (Topo, Meio e Base) são indicados por símbolos diferentes e as parcelas são identificadas pelos seus nomes.....	124
FIGURA 34	Análise de correspondência canônica (CCA): diagrama de ordenação das espécies baseada na distribuição do número de indivíduos de 38 espécies em 28 na Mata da Colina em Poços de Caldas, MG, e sua correlação com as 8 variáveis ambientais utilizadas (setas). As espécies são indicadas pelos seus nomes abreviados.....	128
FIGURA 35	Variação do número de ocorrências de <i>Alchornea triplinervea</i> VI= 28.74.....	131
FIGURA 36	Variação do número de ocorrências de <i>Calyptantes brasiliensis</i> VI= 23.23.....	132
FIGURA 37	Distribuição de espécimes de <i>Siphoneugena ensiflora</i> , VI = 18,12	132
FIGURA 38	Distribuição de espécimes de <i>Aspidosperma parvifolium</i> , VI = 13,22.....	133
FIGURA 39	Distribuição de espécimes de <i>Vochysia magnifica</i> , VI = 12, 67.....	133
FIGURA 40	Distribuição de espécimes de <i>Myrsine umbelata</i> , VI = 9,05.....	134
FIGURA 41	Distribuição de espécimes de <i>Persea pyrifolia</i> , VI = 8,73.....	134

FIGURA 42	Distribuição espécimes de <i>Eugenia florida</i> , VI = 8,48	135
FIGURA 43	Distribuição de espécimes de <i>Clethra scabra</i> , VI = 8,48.....	135
FIGURA 44	Distribuição de espécimes de <i>Cryptocarya aschersoniana</i> , VI= 8,10.....	136

LISTA DE TABELAS

	Página
TABELA 1	Características do fragmento e de suas subdivisões em termos dos parâmetros estruturais de densidade (Nº de Ind e a área basal, ambos por hectare) 79
TABELA 2	Cálculo do χ^2 entre as classes de DAP dos espécimes dos setores do topo X meio da Mata da Colina..... 83
TABELA 3	Cálculo do χ^2 entre as classes de DAP dos espécimes dos setores do topo X base da Mata da Colina 83
TABELA 4	Cálculo do χ^2 entre as classes de DAP dos espécimes dos setores do meio X base da Mata da Colina 84
TABELA 5	Lista das espécies arbóreas encontradas na Mata da Colina. O "X" indica a presença das espécies nos setores do terreno onde foram registradas: (Topo, Meio e Base)..... 104
TABELA 6	Índices relacionados à diversidade de espécies nas 28 parcelas utilizadas, para amostrar toda a comunidade (Fragmento) e 24 parcelas utilizadas para representar os setores de Topo, Meio e Base da comunidade arbórea da Mata da Colina em Poços de Caldas, MG..... 109
TABELA 7	Comparação entre índices de diversidade de Shannon (H') dos três setores da área de estudos através do teste t de Hutcheson (1970): n.s.: não significativo a 0,05; *: **; significativo a 0,01 110

RESUMO

BONILLO FERNANDES, Fernando Afonso. **Estudo de Gradientes Vegetacionais em uma Floresta Semidecídua Altimontana no Planalto de Poços de Caldas, MG.** Lavras: UFLA, 1996. 158p. (Dissertação de Mestrado em Engenharia Florestal)*.

Foi realizado levantamento da comunidade arbóreo-arbustiva de um fragmento de floresta semidecídua altimontana, entre julho e outubro de 2002. O local é conhecido como "Mata da Colina", coordenadas geográficas: 21° 46' 27" S e 046° 31' 03" W, entre 1490 a 1601m de altitude. O objetivo foi correlacionar os fatores ambientais com o gradiente da vegetação. Os dados levantados visam subsidiar trabalhos de recuperação de áreas degradadas no Planalto de Poços de Caldas. Foram implantadas 28 parcelas (20x20m), eqüitativamente distribuídas em quatro transectos. Os transectos foram alinhados a partir do topo do morro em direção ao fundo do vale. As parcelas foram enquadradas em três setores conforme os níveis da encosta do morro (base, meio e topo). O trabalho foi conduzido de forma a correlacionar as variações da estrutura fisionômica e composição de espécies com as variáveis topográficas, fertilidade química do solo e interações com elementos dos substratos inferiores da comunidade vegetal. Os elementos dos estratos inferiores, que entraram no rol das variáveis ambientais atuantes foram: cobertura do solo por briófitas, ocorrência de *Pteridium aquilinum*, forração por herbáceas, colonização por bambus e presença de arbustos. Os tipos de solo foram classificados mediante análise de suas propriedades químicas e texturais. Os espécimes vegetais amostrados foram aqueles com diâmetro à altura do peito (DAP) 5 cm. A cobertura exercida pelos elementos dos estratos inferiores foi estimada empregando-se a escala de cobertura de Braun-Blanquet. O levantamento detectou um total de 1.336 indivíduos, pertencentes a 105 espécies distribuídas entre 68 gêneros e 42 famílias. A família Myrtaceae apresentou a maior riqueza de espécies (18), seguida por Lauraceae (13), Asteraceae (8), Myrsinaceae (5), Fabaceae (5), Melastomataceae (5), Euphorbiaceae (3), Aquifoliaceae (3), Annonaceae (3) e Solanaceae (3). Juntas, essas 10 famílias abrigam 37 gêneros e 66 espécies, correspondendo a 62,87% das espécies registras. As 32 famílias restantes abrigam 37,13% das espécies coletadas. Uma análise de componentes principais (PCA) indicou uma forte correlação entre as variáveis ambientais ligadas à

* Comitê Orientador: Eduardo van den Berg – UFLA (Orientador), Douglas Antonio Carvalho – UFLA.

textura e fertilidade com as relacionadas à topografia. Uma análise de correspondência canônica (CCA) indicou que as espécies se distribuem no fragmento, sob forte influência da topografia e da fertilidade química. O grau de correlação entre essas variáveis indicou a forte influência das unidades catenárias no condicionamento das propriedades do solo e destas sobre a fisionomia, riqueza e abundâncias das espécies no fragmento. Ao se compararem os valores dos índices de diversidade aplicados houve diferença significativa entre a diversidade da base, em relação ao meio do morro e da base, em relação ao topo. Não houve diferença significativa entre a diversidade do topo em relação ao meio do morro. Algumas espécies mostraram preferência para a base do morro, enquanto outras ocuparam preferencialmente o meio e o topo. Os vegetais dos estratos inferiores mostraram preferências por sítios específicos distribuídos pelos três setores do Morro da Colina e suas presenças parecem ter afetado a distribuição das espécies que compõem a comunidade arbóreo-arbustiva.

ABSTRACT

BONILLO FERNANDES, Fernando Afonso. Study of vegetation gradients in a semi deciduous in altimontana forest on Poços de Caldas tableland, MG. Lavras: UFLA, 2003. 158p. (Master of Science Thesis on Forestry Engineering)*.

A survey of the shrub-tree community of a semi deciduous altimontana forest patch was accomplished between July and October 2002. The site is known as the "Mata da Colina" (Hill Wood), geographic coordinates: 21°46'27"S and 046° 31'03"W between 1,490 to 1,610 m of altitude. The objective was to correlate the environmental factors with vegetation gradient. The data survey aimed to subsidize procedures of recovery of degraded areas on Poços de Caldas tableland. Twenty eight (28) plots (20 x 20m) were established, equitably distributed into four transects. The transects were lined up from the summit of the hill towards the bottom of the valley. The plots were fit into three sectors according to the hill slope (base, middle and summit). The procedure was conducted in such a way to correlate the variations of the physiognomic structure and species composition with the topographic variables, chemical fertility of soil and interactions with elements of the lower substrate of the plant community. The elements of the lower strata which entered the list of the acting environmental variables were: soil cover by bryophytes, occurrence of *Pteridium aquilinum*, covering by herbs, bamboo colonization and presence of shrubs. The soil types were classified by means of their chemical and textural properties. The plant specimens sampled were those with height breast height (DBH) >5cm. The cover by the elements of the lower strata was estimated by employing Braun-Blanquet cover scale. The survey detected a total of 1,336 individuals belonging to 105 species distributed among 68 genera and 42 families. The family Myrtaceae presented the greatest richness of species (18), followed by Lauraceae (13), Asteraceae (8), Myrsinaceae (5), Fabaceae (5), Melastomataceae (5), Euphorbiaceae (3), Aquifoliaceae (3), Annonaceae (3) and Solanaceae (3). Together, these 10 families harbor 7 genera and 66 species corresponding to 62.87% of the recorded species. The 32 remaining families harbor 37.13% of the species collected. A Principal Component Analysis (PCA) pointed to a strong correlation between the environmental variables linked to

* Guidance Committee: Eduardo van den Berg – UFLA (Adviser), Douglas Antonio Carvalho – UFLA.

texture and fertility with those correlated with topography. A canonical correspondence analysis (CCA) pointed out that the species distributed themselves in the patch under a strong influence of topography and chemical fertility. The degree of correlation among these variables denoted a strong influence of the catenary units in the conditioning of soil properties and of these on the physiognomy, richness and abundance of the species in the patch. In comparing the values of the diversity indices applied, there was a significant difference between diversity of the base relative to the hill middle and of the base with relation to the summit. There was no significant difference between the diversity of the summit relative to the middle of the hill. Some species showed preference by the hill base whereas others occupied preferentially the middle and the summit. The plants in the lower strata showed preferences by particular sites distributed along the three sectors of the Morro da Colina and their presence seems to have affected species distribution which make up the tree-shrub community.

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, a crescente demanda por matérias-primas tem incrementado a utilização de materiais metálicos, verificando-se considerável expansão das atividades minerárias. Com o aumento da aplicação da bauxita, o minério a partir do qual se produz o alumínio e outros derivados, várias minas vêm sendo, sistematicamente, abertas nas imediações de Poços de Caldas. Não obstante a histórica vocação minerária da região, os conflitos de interesse intensificaram-se junto às comunidades envolvidas nas últimas décadas. É notória a vocação turística da região pelos seus atributos climáticos, paisagísticos e pelos seus recursos hidrominerais. O desafio da comunidade local e do Poder Público encontra-se, portanto, na busca de um ponto de equilíbrio, que concilie esses segmentos produtivos sob uma ótica voltada ao desenvolvimento sustentável.

A atividade de mineração apresenta um grau de impacto ambiental de alta magnitude, devido às modificações físicas e bióticas provocadas nas áreas de influência direta e indireta do projeto. A mineração não se restringe à área da lavra mineral. Ela inclui: o manejo de substâncias não econômicas, que ocorrem junto ao minério, beneficiamento para concentrar o minério (lavagem ou tratamento mecânico/químico), o manejo dos subprodutos não econômicos gerados pelo beneficiamento e a infra-estrutura necessária para operar o conjunto (Williams *et al.*, 1990). Devido aos impactos sobre os ecossistemas e à inevitável alteração da paisagem decorrente dos processos de exploração, as medidas de recuperação das áreas degradadas devem ser eficazes e conduzidas de forma a acelerar a colonização por espécies apropriadas, segundo os planos de manejo estabelecidos. O manejo de áreas degradadas requer o conhecimento de cunho ecológico associado a outras disciplinas (Gisler, 1995). A recuperação de áreas mineradas é, também, abordada pela Constituição do Brasil

(Brasil,1988) e, dessa forma, o empreendedor está obrigado a recuperar o meio degradado, de acordo com a solução técnica exigida pelo órgão público competente, na forma da Lei.

Dada a escassez de conhecimentos sobre metodologias eficazes de recuperação de áreas degradadas em ecossistemas tropicais, as mineradoras no Planalto de Poços de Caldas vinham empregando estratégias de revegetação das áreas impactadas, baseadas no emprego de herbáceas ou monoculturas arbóreas *Eucalyptus saligna* (Myrtaceae), *Pinus* sp. (Pinaceae), *Mimosa scabrella* (Fabaceae - Mimosoidae). A partir da década de 1980, essências nativas vêm sendo utilizadas nos trabalhos de recuperação, sob as mais variadas estratégias de plantio, sem que se tenham equacionado cientificamente os resultados de tais intervenções. As poucas informações cientificamente levantadas sobre o resultado dos trabalhos de recuperação realizados até agora indicam que uma pequena parcela dos procedimentos tem sido eficaz.. A metodologia de plantio de mudas isoladas, sem se levar em consideração sua classificação ecológica, provocou grande perda das mudas plantadas na maioria das áreas, além de permitir a invasão do capim gordura (*Melinis minutiflora*) e de arbustos como o alecrim (*Baccharis* sp) e do assa-peixe (*Vernonia* sp) (Souza, 1997). Pelos elementos expostos até o momento, conclui-se que o atendimento à legislação e a efetiva solução do problema ficam prejudicados pela limitação de conhecimentos acerca dos padrões de sucessão ecológica naturais e pós-mineração. De um lado, os órgãos ambientais podem estar exigindo dos empreendedores soluções inexeqüíveis frente à capacidade natural de regeneração dos ecossistemas afetados. De outro, os empreendedores podem estar investindo vultosos recursos em estratégias inócuas frente às novas condições ecológicas pós-mineração.

O local conhecido como “Mata da Colina”, a ser abordado neste estudo, é um exemplo típico dos ecossistemas montanhosos do Planalto de

Poços de Caldas que, segundo Gatto *et al.*, (1983) faziam parte de uma vegetação original, predominantemente, de contatos transicionais entre floresta estacional semidecidual e floresta ombrófila mista, com ocorrência significativa de savana gramíneo-lenhosa. Essas matas caracterizam-se pela perda de grande parte das folhas, no período frio e seco, entre junho e agosto (Souza, 1997). O local foi escolhido para as pesquisas por representar um padrão típico de fisionomia vegetacional regional, onde se encontram as principais jazidas de bauxita. O local é uma área protegida de propriedade da municipalidade, embora já tenha sido perturbado, parcialmente, por incêndios florestais comuns na região e pela própria atividade minerária. Trata-se, portanto, de um laboratório vivo que permitirá conhecer aspectos relativos à composição de espécies, envolvendo áreas de ocorrência de bauxita, sendo o fragmento um mosaico vegetacional em vários estágios sucessionais. Serão investigadas as possíveis variáveis envolvidas na distribuição das espécies, que compõem aquela comunidade vegetal. Os ecossistemas de montanha são um dos ambientes pouco estudados no Brasil (Fontes, 1997). Nesse sentido, o estudo da distribuição das formações vegetacionais, em relação à paisagem e em relação aos seus padrões climáticos de distribuição altitudinal na região, poderá trazer importantes subsídios às técnicas de recuperação de áreas degradadas no Planalto de Poços de Caldas. Os conhecimentos sobre os padrões climáticos ou sucessionais da vegetação regional, associados ao conhecimento das espécies, que participam desse processo, constituem-se em ferramenta preciosa na definição de estratégias de recuperação de áreas degradadas.

Este trabalho teve, portanto, como objetivos:

- estudar a composição florística e a estrutura da comunidade vegetal da “Mata da Colina” no município de Poços de Caldas;
- estudar as relações entre a vegetação e as variáveis ambientais,
- identificar possíveis padrões emergentes de distribuição espacial da

vegetação;

- levantar informações sobre a vegetação local, como forma de subsídios aos trabalhos de recuperação de áreas degradadas pela mineração no Planalto de Poços de Caldas.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Comunidades e altitude

Carl Von Linné comentou que um viajante atento poderia , ao subir uma montanha, passar através de diferentes zonas de vida. A influência da altitude no ambiente físico foi noticiada por Alexander von Humboldt. Durante suas viagens, Humboldt pesquisou as características físicas, meteorológicas e geológicas das montanhas equatoriais. Esses fatores físicos ele correlacionou com as mudanças da vegetação, que surgem com o aumento da elevação. Esse foi o primeiro reconhecimento do que foi chamado posteriormente de “orobiomas”. Humboldt estava, principalmente, interessado na fisionomia da vegetação e na sua variação ao longo das encostas das montanhas. Ele percebeu que o ambiente nas diferentes altitudes era favorável a diferentes tipos de organismos e nas montanhas equatoriais, ele noticiou uma sucessão altitudinal de distintas comunidades de plantas. Análogas sucessões de comunidades de plantas foram encontradas em outras montanhas e em grupos de plantas, que ocupavam diferentes faixas latitudinais entre o equador e os pólos. (Huggett, 1995).

Huggett (1995) também afirma existirem variações altitudinais na distribuição de espécies animais, sendo que os fatores atuantes na distribuição das espécies, ao longo dos gradientes elevacionais são complexos e não somente de ordem climática ou, igualmente, ecológica. Em algumas instâncias, aspectos evolucionários das espécies podem ser importantes.

No Brasil, poucos estudos nesse sentido vêm sendo empreendidos, porém, através dos resultados já obtidos, os autores são uníssonos em relatar gradientes na distribuição das espécies relacionados com os aspectos

topográfico-climáticos. Os mais abrangentes estudos sobre esse tema provêm de Fontes (1997) e Klein, (1980).

Klein (1980) salienta que, de um modo geral, os agrupamentos vegetacionais situados em zonas correspondentes apresentam uma extraordinária correlação em toda a área do Baixo e Médio Vale do Itajaí, SC, não obstante os solos serem oriundos de rochas diferentes. Parece que o fato mais decisivo na distribuição das plantas arbóreas está mais ligado à topografia do que às condições mineralógicas, dos solos. Embora não descarte a influência das características mineralógicas na microbiologia dos solos e nas condições físicas do ambiente, o autor ressalta a necessidade de maiores levantamentos, para que a hipótese topográfica possa ser demonstrada.

2.2 Aspectos geoquímicos atuantes na área em estudo

A Mata da Colina e outras áreas com características ecológicas semelhantes no Planalto de Poços de Caldas estão assentadas sobre reservas de bauxita e outros minerais de interesse industrial. A mesma natureza geológica que desperta o interesse econômico também condiciona certos atributos físicos dos ecossistemas. Esses atributos de ordem geomorfológica ou pedogenéticas são um dos fatores que condicionam, fortemente, as comunidades bióticas em toda a biosfera.

Oliveira-Filho *et al.* (1994 a,b,; 1997 a, 1998) consideram ser razoável pensar que a vegetação responde às diferenças de regime de água no solo, entre habitats, bem como, às suas diferenças no status nutricional e textural. Estes autores afirmam que a topografia fortemente inclinada do habitat, juntamente com a textura grosseira dos solos e pouca espessura do perfil, certamente promovem forte deficiência de água durante a estação seca. Esses elementos também devem influenciar os nutrientes do solo, estabelecendo gradientes nos

níveis de K^+ e decréscimo de Ca^{++} , em função da taxa de drenagem e lixiviação. Variações catenárias das propriedades dos solos nas florestas tropicais têm sido comumente atribuídas à topografia, devido às variações na declividade e diferentes níveis topográficos nas encostas. Estas variações podem determinar em grande extensão, diferentes regimes de água no solo e estes, em contrapartida, ordinariamente afetam a textura e status nutricional. Os diferentes tipos de solo também produzem variações na fisionomia vegetacional dentro do fragmento florestal. Variações na distribuição de classes, de tamanho, com drenagem de solo são comumente observadas entre florestas tropicais. Oliveira-Filho *et al.* (1990) concluíram sobre uma floresta de galeria próxima a Cuiabá, MT, que embora outros fatores possam ser importantes, as variáveis associadas ao regime de água do solo e nos próprios rios são as que, provavelmente, mais influenciam no padrão de distribuição das espécies, estando estas variáveis ligadas à topografia da área

Oliveira-Filho & Martins (1997), na Chapada dos Guimarães, MT, observaram que as fronteiras entre as matas de galeria e as vegetações circundantes geralmente coincidiam com mudanças nas propriedades físicas de solo, principalmente na textura, nos teores de matéria orgânica, P, Ca e/ou soma de bases trocáveis, pH e variáveis ligadas à topografia, tais como o nível do lençol freático e a drenagem.

Segundo Ricklefs (1993), as qualidades do solo dependem da rocha-mãe subjacente e do clima. Sob condições moderadas e temperadas de temperatura e precipitação, grãos de areia e partículas de argila resistem ao intemperismo e formam componentes estáveis da estrutura do solo. Em solos ácidos, contudo, as partículas de argila quebram-se no horizonte "A" do perfil do solo, e seus íons solúveis são transportados para baixo e depositados nos horizontes inferiores. Esse processo, conhecido como podzolização, reduz a capacidade de intercâmbio catiônico e, conseqüentemente, a fertilidade das camadas superiores

do solo. O clima úmido e quente de muitas regiões tropicais, desgasta o solo a grandes profundidades, e quanto mais profunda a derradeira fonte de nutrientes na rocha matriz não alterada, mais pobre as camadas da superfície.

Vale *et al.* (1997), ao comentarem sobre a disponibilidade de nutrientes, alegam que, de forma simplificada, pode-se considerar como disponível o somatório da quantidade de nutrientes na solução do solo, capaz de chegar até a superfície da raiz, mais a quantidade que se encontra na fase sólida, capaz de ressuprir, pontualmente, a solução do solo, à medida que o nutriente da fase líquida vai sendo absorvido. Vale *et al.* (1997), entretanto, sugerem que este conceito precisa ser aprofundado, de forma a considerar os fatores que afetam a disponibilidade de um dado nutriente em toda a plenitude da relação solo-planta-microrganismos. Deve-se considerar que o material de origem do solo influencia o grau de acidez do mesmo. Os solos serão naturalmente ácidos, quando a rocha de origem for pobre em bases ou, então, quando mesmo rica em bases, houve intenso processo pedogenético. Neste último caso, uma condição de precipitação mais intensa ao longo dos anos, promove grande lixiviação das bases, permanecendo no complexo de troca, predominantemente, os cátions hidrogênio e alumínio. A acidificação do solo consiste na remoção dos cátions básicos (Ca, Mg, K e Na) do sistema solo, substituindo-os por cátions ácidos (Al e H).

O mineral mundialmente mais comum da bauxita se chama gibbsita, que é o óxido de alumínio trihidratado, com a fórmula química de $Al_2O_3 \cdot 3H_2O$. Além do óxido de alumínio, a bauxita sempre contém quantidades menores de outros elementos, consideradas impurezas. Esses elementos podem ser óxidos de ferro, silício, titânio e outros componentes (Willians, 2001).

A rocha subjacente na área de estudos é um sienito nefelínico. Essa rocha foi tão intensamente alterada que sobre ela encontra-se uma camada de bauxita com espessura >0,3 m na maior parte da área. Essa camada de bauxita foi considerada como sendo o material de origem do solo atual, o que explica

sua baixa fertilidade e alto teor de Al trocável. Apesar dos solos dominantes serem Neossolos e Cambissolos, considerados solos “jovens”, intenso processo de lixiviação e intemperismo, fica aparente no alto teor de Al e baixo teor de Si, extraídos pelo ataque sulfúrico das amostras coletadas na Mata da Colina (comunicação pessoal Professor João José de Sá Granate e Mello Marques).

Segundo Vale *et al.* (1997) o crescimento da maioria das plantas é drasticamente reduzido, tanto sob acidez quanto sob alcalinidade excessiva. Em qualquer uma das condições, normalmente, são várias as causas da baixa produção vegetal. Ademais, é preciso considerar que as causas variam com o próprio pH do solo, com a textura e mineralogia do solo, com o teor e tipo de matéria orgânica, com a força iônica da solução do solo e com a espécie ou, até mesmo, com o genótipo dentro de uma mesma espécie. Os efeitos diretos dos íons H^+ , no crescimento das plantas são difíceis de se determinar em condições de solo, pois, vários outros fatores atuam simultaneamente aos íons H^+ . Estudos em solução nutritiva ou em areia pura mostram que os íons de H^+ causam problemas apenas se o pH da solução cai abaixo de 4,5. Nessas condições, o excesso de íons H^+ , ao que tudo indica, desloca o Ca^{++} da plasmalema, alterando sua permeabilidade e reduzindo o crescimento de raízes. Relacionado a essa competição com o Ca^{++} , deve-se destacar que o aumento da concentração de cálcio na solução alivia os efeitos prejudiciais dos íons H^+ . Os solos ácidos, em geral, apresentam baixa disponibilidade de nutrientes. Em solos ácidos, além do efeito fitotóxico das formas catiônicas de alumínio, deve-se ressaltar que esse elemento, por apresentar elevada capacidade de adsorção aos colóides do solo, promove a perda de cátions essenciais às plantas (cálcio, magnésio e potássio), através da lixiviação.

A disponibilidade de molibdênio e de fósforo em solos ácidos normalmente é muito baixa, dada a menor taxa de mineralização da matéria orgânica. Além do baixo acúmulo da matéria, os solos ácidos são também

deficientes em nitrogênio, enxofre e micronutrientes. Solos muito ácidos com material de origem rico em manganês podem apresentar elevados teores de manganês solúvel, também tóxico para as plantas, quando absorvido em quantidades excessivas. Sob condições de solo ácido, a forma inerte de manganês MnO_2 é reduzida para Mn^{++} . Portanto, o teor de Mn^{++} disponível na solução depende de reações de oxiredução afetadas dentre outros fatores pelo pH do solo. Em síntese, o aumento do pH implica na redução da disponibilidade de Mn^{++} . Com base em resultados dessa natureza, explica-se, pelo menos em parte, os efeitos benéficos do gesso em solos ácidos agricultáveis. O gesso não eleva o pH da solução, mas aumenta a concentração de cálcio na mesma. Ademais deve se destacar que o cálcio é o nutriente mais importante para o crescimento das raízes. Além do efeito na permeabilidade de membranas e no crescimento de raízes, a atividade de íons de H^+ na solução do solo, afeta diretamente as leguminosas, crescendo com a fixação de N_2 . Uma elevada atividade reduz a sobrevivência e multiplicação de bactérias no solo, reduz o processo de infecção e estabelecimento de nódulos e, também, a eficiência da simbiose (Vale *et al.*, 1997).

Os microrganismos que habitam o solo são responsáveis direta ou indiretamente por processos microbiológicos e bioquímicos diversos, os quais exercem enorme influência na produtividade e sustentabilidade dos ecossistemas terrestres. Eles constituem componentes fundamentais nos processos de transformações e transferência de carbono, energia e nutrientes no sistema solo-planta-atmosfera, representando a base da sustentabilidade dos ecossistemas em equilíbrio (Siqueira, 1997).

Os microrganismos do solo, notadamente as bactéria, assim como as plantas, são muito sensíveis a qualquer toxidez ou baixa disponibilidade de nutrientes, conforme, normalmente, ocorre em solos ácidos. Assim, importantes processos, tais como: a mineralização da matéria orgânica, fixação de nitrogênio

por leguminosas ou nitrificação, são afetados sob condições de solo ácido. Por exemplo, a acidez do solo é o principal fator a afetar a sobrevivência e crescimento das bactérias fixadoras do N_2 (Vale *et al.*, 1997).

Segundo Siqueira (1997), generalizações sobre as relações ecológicas entre o pH do solo e microrganismos são muito pouco precisas, em razão da sua alta capacidade adaptativa e à ocorrência de "microhabitats" no solo ou mesmo na rizosfera. O pH não é um fator que atua de forma isolada sobre os microrganismos do solo. Seu mecanismo de ação pode ser diferente para diferentes microrganismos, atividades de H^+ e meios. Seus efeitos podem ser diretos sobre o metabolismo, permeabilidade das membranas e absorção ou indiretos sobre a fisiologia, interação com outros organismos, disponibilidade de nutrientes, solubilização de elementos tóxicos e adsorção de substratos.

O alumínio em solo ácido, dependendo do seu estágio de hidrólise, pode apresentar-se na solução em diversas formas iônicas. Quaisquer umas destas formas podem ser solúveis, podem atingir a superfície das raízes. Dos elementos químicos normalmente presentes no solo, o alumínio é o que representa maior potencial fitotóxico. Ainda não se conhecem com exatidão as bases bioquímicas da fitopatologia de alumínio. O que se sabe é que sua ação é mais pronunciada no sistema radicular, o que torna as raízes, indistintamente, mais grossas e curtas. Como consequência da diminuição na proliferação de raízes, há redução na capacidade de exploração de água e de nutrientes presentes no perfil do solo, bem como redução na síntese de reguladores de crescimento nas partes novas das raízes, os quais, portanto, deixam de ser transportados para a parte aérea. Basicamente, essa alteração marcante no sistema radicular se deve ao efeito do alumínio no processo de divisão celular, ou seja, o alumínio, ligando ao fosfato da molécula do DNA, reduz a atividade de replicação e transcrição. Em consequência do grande espectro de atuação do alumínio, nos processos metabólicos das plantas, os sintomas de toxidez ocasionados pelo alumínio

tendem a ser expressos de várias formas. A toxidez do alumínio na parte aérea é caracterizada por uma sensível redução no crescimento das plantas e por sintomas semelhantes àqueles da deficiência de nutrientes, notadamente fósforo e cálcio. O alumínio, além de reduzir drasticamente a disponibilidade de fósforo na solução, devido à reação de precipitação, diminui sensivelmente sua aquisição, por acentuar o papel da difusão, dado ao menor crescimento das raízes. No caso do cálcio, sabe-se que sua absorção ocorre apenas nas partes novas das raízes, justamente à região afetada pelo alumínio. O teor de alumínio trocável tem sido usado como indicador do potencial fitotóxico do alumínio no solo. Todavia, considerando a variação de CTC entre solos, um melhor indicador tem sido a percentagem de saturação de alumínio. Nesta avaliação é preciso considerar que as espécies de plantas ou até mesmo cultivares dentro de uma mesma espécie, têm demonstrado comportamento diferencial quanto à suscetibilidade à toxidez ocasionada pelo alumínio (Vale *et al.*, 1997).

2.3 Interações entre solo e relevo

Rostango (1999) comenta que os aspectos do relevo influem de forma direta na evolução do perfil do solo e vice-versa, portanto, ao interpretar a evolução das formas de relevo, pode-se dizer que, ao mesmo tempo, está se interpretando a evolução do corpo do solo. É importante ressaltar que essa inter-relação entre solo e relevo reflete-se nas propriedades físicas e químicas do solo. A pedogênese é determinada pelo tempo de exposição do solo.

Essa exposição do solo é controlada pela erosão, por unidade de tempo, e a erosão por sua vez, é influenciada pelo relevo. O tempo de exposição é, então, função da erosão. Num mesmo tempo, a taxa de modificação (pedogênese) é função da intensidade dos processos de formação do solo. Logo,

quanto maior a erosão, menor o tempo de exposição do material, o que determina uma menor taxa de modificação no tempo. (Resende, 1985).

A formação do conceito de catena se deu pelo entendimento sobre a associação entre as seqüências de solo e formas de relevo e, conseqüentemente, dos processos geomorfológicos. Esses processos são indispensáveis para se estudar as formas do relevo. A ampla aplicabilidade do conceito, no entanto, é dificultada devido às diferenças climáticas à heterogeneidade do material de origem (Conacher & Dalrymple, 1977).

Segundo Rostango (1999), uma catena em qualquer localidade, é uma interação complexa de forma de relevo, solo e tempo. Logo, ela tem que ser considerada como um fenômeno dinâmico, com uma dimensão no tempo e vista como uma parte essencial dos processos de erosão e deposição. A caracterização dos diferentes compartimentos da paisagem, em que ocorrem processos superficiais e subsuperficiais distintos, é de grande importância para os estudos de relação solo/geomorfologia. O deslocamento vertente abaixo do material em solução é de grande significado nos estudos catenários. Dessa forma, os solos são afetados pelo influxo de materiais solúveis, especialmente bases, provenientes das partes mais elevadas da vertente e pela lixiviação e reposição de material, que constitui um forte elo físico entre membros de uma catena, que é estreitamente análoga ao elo entre horizontes A e B de um perfil de solo.

Alvarenga & Souza (1998) afirmam que a erosão se constitui numa das principais causas de diminuição da fertilidade do solo. A perda por erosão é um fator de grande importância, pois, nossos solos apresentam, em média, 0,10% de nitrogênio (N), 0,15% de fósforo (P_2O_5) e 1,50% de Potássio (K_2O). Havendo erosão esses nutrientes estarão sendo carreados para outros sítios. Algumas classes de solo são mais problemáticas no que se refere às perdas de nutrientes por erosão devido sua fácil desagregação. Os cambissolos por apresentarem

altos teores de silte, pequena espessura de "solum" e, quando localizados em áreas de relevo acidentado, constituem-se em sistemas muito instáveis.

Alvarenga & Souza (1998) comentam que a camada de terra erodida pode ser duas vezes mais rica que o solo original, para os seguintes nutrientes: nitrogênio, potássio, cálcio e matéria orgânica e cerca de três vezes mais rica em fósforo, sendo que na enxurrada o elemento encontrado em maior proporção é o cálcio. Resck *et al.* (1980) também verificaram perdas significativas dos elementos, sendo o cálcio perdido em maior quantidade, seguido de magnésio, potássio, alumínio e fósforo ao estudarem a intensidade de perdas de nutrientes em solos podzólicos Vermelho-Amarelo. As perdas de matéria orgânica constatadas, representaram aproximadamente 0,9% da matéria orgânica existente naquele solo estudado pelos autores. Segundo Vale *et al.* (1997) alguns nutrientes apresentam-se na solução em formas catiônicas enquanto outros em formas aniônicas, que são as únicas formas absorvidas pelas plantas. Embora a solução do solo seja a fonte imediata de nutrientes para as plantas, o teor dos mesmos na fase líquida é muito baixo, mesmo em solos férteis. Além do baixo teor de nutrientes, a solução do solo está sujeita a variações de concentração, mesmo a curtas distâncias e apresenta-se irregularmente distribuída nos poros do solo. A capacidade do solo em suprir nutrientes às plantas está em termos práticos, ligada ao teor de nutrientes disponíveis na fase sólida. Há necessidade de reposição dos nutrientes da solução, à medida que são absorvidos pelas plantas, através da liberação contínua dos mesmos da fase sólida. Em geral, com que existe apenas na solução, a planta não conseguiria adquirir a quantidade de nutrientes demandada para um dia sequer de crescimento.

Nesse sentido, a perda progressiva dos componentes do solo através da erosão resulta em uma paulatina perda de fertilidade. Segundo Ferreira & Dias Junior. (1997) ao descreverem o solo como um sistema polifásico: a fase sólida é constituída de parte mineral e parte orgânica. A parte orgânica é formada pela

acumulação de resíduos animais e vegetais, com variados graus de decomposição. Submetidos a constantes ataques dos variados organismos, o material orgânico acaba por constituir-se em componentes transitórios do solo, em constante estado de renovação.

A textura do solo constitui-se numa das características físicas mais estáveis e representa a distribuição quantitativa das partículas do solo quanto ao tamanho. Areia, Silte e argila são as três frações texturais do solo, que apresentam amplitudes de tamanho variáveis, em função do sistema de classificação adotado. No sentido morfológico e genérico, a estrutura do solo refere-se à agregação das partículas primárias do solo, em unidades compostas ou agrupadas de partículas primárias, que são separadas de agregados adjacentes por superfícies de fraca resistência. (Ferreira & Dias Júnior. 1997).

Ricklefs (1993) afirma que a quantidade de água retida contra a gravidade pelas forças de atração maiores do que 0,1 atm é chamada de Capacidade de Campo do solo. A força equivalente a 0,1 atm pode elevar uma coluna de água a aproximadamente 1m. As raízes das plantas exercem uma atração muito mais forte na água do solo, devido à água elevar-se nas árvores a alturas superiores a 100m acima do solo. De fato, a maior parte das plantas pode exercer uma atração máxima de cerca de 15 atm na água do solo. Após as plantas, sob pressão da seca, terem retirado toda a água do solo que estava retida por forças mais fracas do que 15 atm, elas não conseguem mais obter água e murcham, mesmo que ainda haja água no solo. Ainda, segundo o mesmo autor, os ecólogos referem-se ao potencial de 15 atm como o "Coeficiente de Murchamento" ou "Ponto de Murchamento" do solo.

Segundo os comentários de Oliveira-Filho *et al.* (1994 a, c, d, 1997 a, 1998) é ressaltada a clara correlação entre a distribuição de espécies florestais e as variáveis de solo, encontradas em estudos no sudeste do Brasil, tornando-se indiscutível o papel da textura do solo, no tocante à disponibilidade de água para

as plantas. Indo mais além, os mesmos autores afirmam que os padrões florísticos são mais fortemente influenciados pelo regime de água no solo que pelo seu status nutricional.

Estudando a distribuição das espécies em uma floresta ripária, no sudeste do Brasil, Berg & Oliveira-Filho (1999) detectaram que a progressiva diminuição da umidade do solo, com o distanciamento do córrego, provavelmente está correlacionada à distribuição diferenciada das espécies dentro da floresta, acompanhando este gradiente e com a determinação dos limites entre a floresta e o campo limpo de altitude circundante. Outras florestas ripárias têm mostrado mudanças na vegetação, com o distanciamento do curso d'água, normalmente, sendo associado a mudanças no regime de água no solo (Oliveira-Filho, 1989; Oliveira-Filho *et al.*, 1990; Oliveira-Filho *et al.*, 1994^a; Oliveira-Filho *et al.*, 1998) ou à dinâmica das inundações (Oliveira-Filho *et al.* 1994b). As propriedades físicas e químicas do solo, muitas vezes de forma associadas ao gradiente topográfico e de umidade de solo, têm sido, também, consideradas importantes à distribuição das espécies vegetais, em florestas ripárias (Oliveira-Filho *et al.*, 1994c; Berg e Oliveira-Filho, 1999). Tais fatores combinados (disponibilidade hídrica e status nutricional) devem explicar, em parte, a existência dos gradientes vegetacionais freqüentemente constatados nos estudos de florestas tropicais em regiões montanhosas.

Ferreira & Dias Júnior (1997) afirmam que a água move-se no solo, sempre que existirem diferenças de potencial total da água, nos diferentes pontos do sistema. A água sempre se movimenta de pontos de maior potencial para os de menor potencial. Desta feita, o movimento depende de inúmeros fatores tais como: umidade, textura, porosidade, densidade do solo e declividade do terreno. Ferreira & Dias Júnior (1997) comentam que o reservatório da água é o solo que temporariamente a armazena, podendo fornecê-la às plantas à medida de suas necessidades. Como a recarga natural desse reservatório (chuva) é descontínua,

o volume disponível às plantas é variável. Quando as chuvas são excessivas sua capacidade de armazenamento é superada e grandes perdas podem ocorrer. Estas perdas podem ser por escoamento superficial, provocando ainda a erosão do solo ou por percolação profunda, indo se perder no lençol freático. Esta água percolada é perdida do ponto de vista da planta, mas é ganha do ponto de vista dos aquíferos subterrâneos.

Sob esse aspecto, em regiões montanhosas sempre poderão existir sítios, onde os mecanismos catenários proporcionarão bolsões de umidade e nutrientes. Nesses locais, parte da comunidade encontrará condições favoráveis para seu desenvolvimento.

2.4 Origem das feições geomorfológicas e dos atributos geoquímicos do solo

As feições fisiográficas do “Planalto” são devidas à erosão diferencial de uma complexa intrusão de rochas alcalinas, gnaisses e arenitos. O Planalto de Poços de Caldas se assemelha a um cone circular truncado, com uma parte central deprimida, formando uma cratera. No centro do anel, formado pelas cristas que circundam o planalto, desenvolve-se uma topografia de morros e de vertentes suaves, em que os desníveis locais raramente ultrapassam 150 m. Na parte central, encontra-se uma rede de drenagem ramificada e, geralmente, vagarosa. A orla do Planalto foi moldada em feição topográfica mais abrupta do que a porção central e os rios que são de declive moderado na parte central, lançam-se da borda do Planalto em cachoeiras e cataratas espetaculares (Negreiros, 1979).

Resende (1985) define os tipos de pedoformas e aponta a do tipo convexo-convexa, a meia laranja, como sendo a mais comum na paisagem brasileira. É aparentemente a forma de maior equilíbrio, pois permite a erosão por igual em toda a extensão, possibilitando a manutenção da mesma forma ao

longo do processo de rejuvenescimento. A pedoforma côncava por outro lado é formada em condições de ineficiente remoção de detritos na base das encostas. São características da pedoforma côncava: convergência das águas, erosão mais localizada, predisposição à formação de sulcos e voçorocas, espessura do solo tende a ser desigual, intenso processo de erosão e deposição, sementes e nutrientes acumulam-se nas partes mais baixas e a instabilidade é maior pela ausência de cobertura vegetal densa nas áreas de concentração d'água.

O Planalto de Poços de Caldas situa-se na borda ocidental da Serra da Mantiqueira e apresenta contato com os extremos orientais da bacia sedimentar do Paraná, compondo um conjunto morfoestrutural bem caracterizado. O maciço alcalino de Poços de Caldas destaca-se como uma das maiores manifestações de rochas alcalinas do mundo e faz parte do complexo de intrusões alcalinas do Brasil Meridional, que se associa à Reativação Wealdeniana (Almeida, 1967). O planalto é uma intrusão alcalina, apresentando uma estrutura anelar, com 30 Km de diâmetro (Dias, 1982). Conforme Ulbrich (1984), citado por Gisler (1995), o maciço alcalino de Poços de Caldas destaca-se como uma formação subcircular de tamanho superior a 800 Km². Restam ainda afloramentos da antiga cobertura sedimentar constituídos, geralmente, por esparsas formações de arenitos e siltitos estratificados pertencentes ao grupo Tubarão (Neo-Paleozóico).

Segundo Negreiros (1979), o Planalto de Poços de Caldas é uma formação que se introduziu no Cretáceo Superior nos limites da bacia sedimentar do Paraná, nas imediações da Serra da Mantiqueira.

As rochas intrusivas alcalinas de Poços de Caldas são uma conjunção de rochas leucocrásticas hipabissais, plutônicas e metassomáticas e leucocrásticas e melanocrásticas vulcânicas, constituídas por tinguaitos, pseudoleucita tinguaitos, fenólitos foiaitos, lujaurito e chibititos, fenitos supersaturados, lavas fonolíticas. Os recursos minerais do Complexo de Poços de

Caldas são constituídos por jazidas de urânio, minerais zirconíferos, bauxita e depósitos de tório e terras-raras, dentre outros (Gisler, 1995).

Em Poços de Caldas, a cor do minério é avermelhada, marrom, ou ainda amarela. Aparece como pedrinhas (pedregulho) em uma massa de barro (argila) ou como um material meio esfarelento (friável), terroso. Há uma particularidade na bauxita de Poços de Caldas: ela ocorre quase na superfície da terra, situados no alto de alguns morros e eventualmente nas áreas baixas, logo abaixo da camada do solo e tem uma espessura média de 4,5 metros. Em alguns casos, outras bauxitas pelo mundo podem ocorrer abaixo de uma camada de 5 a 20 metros de rochas ou argilas. Em termos mundiais, os depósitos de bauxita do Planalto de Poços de Caldas são pequenos. Grandes depósitos são encontrados na Austrália, Guiné (África Ocidental), Jamaica e na Amazônia Brasileira (Willians, 2001).

Em conjunto, esses elementos são responsáveis pelas feições topográficas da região e pela natureza físico-química do substrato da área estudada, os quais devem influenciar sobremaneira nos gradientes da vegetação em escala regional.

2.5 Fatores atmosféricos relacionados à variação altitudinal

A transpiração é a perda de água, na forma de vapor, através das partes aéreas das plantas. As condições atmosféricas afetam o trânsito da água entre a superfície das folhas e o ar circundante. Esse movimento se faz na forma de vapor e a energia solar é a responsável por esse processo. Elementos como o vento e a umidade relativa do ar, interferem na transferência do vapor da superfície das folhas, para a atmosfera circundante.(Reichardt, 1979).

As fitofisionomias, dentre outros fatores, são condicionadas fortemente pela disponibilidade de água no solo e atmosfera. No contexto das

florestas ombrófilas ou estacionais montanas e altimontanas há que se considerar o papel do relevo nos processos de disponibilização de umidade, mormente nas formações florestais consideradas “nebulares”. Nesses ambientes, as precipitações pluviométricas não são as únicas fontes de fornecimento de água. Os nevoeiros orográficos ou de encosta formam-se devido ao deslocamento do ar úmido a barlavento de uma encosta (Antas, 1966).

O ar ao subir esfria-se por expansão adiabática, podendo atingir a saturação. A proporção em que a temperatura varia com a altura chama-se gradiente vertical. Normalmente a temperatura diminui com o aumento de altura. Quando se força a subir ar saturado, ocorre a condensação e o calor liberado pela condensação é absorvido pelo ar. Resulta, então, que a proporção de resfriamento adiabático diminui. A proporção é chamada gradiente adiabático úmido e varia de $0,4^{\circ}\text{C}$ a $0,9^{\circ}\text{C}$, em cada 100 m de variação de altura. Pode-se compreender que deve haver uma variação do gradiente adiabático úmido com variações de temperatura: com altas temperaturas o ar pode receber maior conteúdo de vapor de água e uma pequena queda na temperatura fará com que uma grande quantidade de umidade se condense. Dessa maneira, a quantidade total de calor transferida ao ar pela condensação é maior a altas do que às baixas temperaturas. Ao subir pela encosta da montanha, o ar saturado esfria-se num gradiente adiabático úmido. Descendo pela encosta oposta, aquece-se num gradiente adiabático seco. É assim, mais quente a sotavento que à barlavento (Antas, 1966).

Fontes (1997) cita exemplos de florestas em que a nebulosidade propicia condições indispensáveis para a manutenção da floresta úmida. Segundo esse autor, num caso extremo de dependência dessa fonte de umidade, a vegetação chega a ser denominada “floresta nebular seca” (*dry cloud forest*). Quando essas florestas montanas encontram-se em regiões sob razoável cobertura de nuvens, durante quase todo o ano, são designadas, genericamente,

como “florestas de nuvem” ou “nebulares” (*cloud forests*), também generalizadas como “florestas musgosas”. Fontes (1997), também cita as terminologias propostas por Weaver (1995), tais como: “floresta de neblina” (*mist forest*), “floresta anã” (*dwarf forest*) e “matagal montano” (*montane thicket*), os dois últimos relativos às formações de baixa estatura.

2.6 O processo de mineração da bauxita e seus impactos ambientais

O isolamento do alumínio como elemento químico foi conseguido em 1827. O alumínio foi apresentado em exposição em Paris, em 1855, como um metal nobre e caro, conhecido à época como “prata de argila”. O processo industrial, que produz óxido de alumínio, a partir da bauxita, foi inventado pelo alemão Bayer, em 1886 (Willians, 2001). Apesar do reconhecimento de seu valor industrial, sua produção em larga escala só seria possível a partir de 1886, quando Charles Martin Hall e Paul Héroult descobriram o processo de sua metalurgia por eletrólise (ALCOA). A bauxita, o minério a partir do qual se produz o alumínio, foi identificada perto da vila de Les Baux, no sul da França, em 1821, por Pierre Berthier, de onde se originou o nome bauxite. A Bauxita foi descoberta no Brasil, em 1917, em Ouro Preto e Nova Lima, MG, em 1919, em Poços de Caldas. A exploração da Bauxita em Poços de Caldas foi iniciada em 1935 pela Companhia Geral de Minas, destinando suas instalações à produção de materiais refratários e químicos, para tratamento de água de abastecimento doméstico e industrial. A transformação da bauxita em alumina e alumínio metálico, no Planalto de Poços de Caldas foi iniciada em 1970, pela Alcominas (Cia. Mineira de Alumínio), hoje denominada ALCOA S/A (Willians, 2001).

A mineração é uma das atividades antrópicas que mais contribuem para a alteração da superfície terrestre. O processo de mineração envolve a construção de estradas de acesso à mina e a remoção da cobertura vegetal e da

camada superficial do solo, assim como de todo o solo, que se encontra acima da rocha a ser explorada. A camada superficial que é normalmente mais rica em nutrientes, matéria orgânica e microrganismos é retirada e armazenada sob alguns cuidados para, posteriormente, ser utilizada na recuperação da área, como fonte de nutrientes, micro e macrofauna e sementes diversas. O objetivo desse procedimento é acelerar o processo de revegetação. Já a camada abaixo desta é retirada e deixada em local próximo para posteriormente, ser utilizada para preencher as grandes cavidades deixadas pela retirada da bauxita. Após estas operações, inicia-se a lavra do minério propriamente dita, quando a rocha matriz é retirada quase completamente. Finalizando o processo de extração e carregamento do minério, procede-se a recuperação da área, começando pela recolocação do solo retirado para recompor a topografia. Posteriormente é recolocada a camada superficial armazenada e são conduzidas às práticas de descompactação e correção da fertilidade do solo. Só, então, é realizada a recomposição vegetal da área (Souza, 1997).

Até a década de 1970, a lavra de bauxita era manualmente realizada através do uso de equipamentos simples, como: picaretas, pás, carrinhos-de-mão e tração animal para seu carregamento. Ao iniciar a lavra de bauxita para se produzir alumínio e lavrar 160.000 toneladas de minério por ano, os equipamentos foram modernizados, empregando-se tratores de esteira, pás-carregadeiras e, mais recentemente, retroescavadeiras (Willians, 2001).

Com a crescente demanda pelo minério e pelo emprego de equipamentos pesados, os efeitos deletérios sobre o ambiente se intensificaram nas últimas décadas, exigindo maiores esforços na mitigação dos impactos causados pela atividade.

Para produzir alumínio metálico é necessário produzir antes o óxido de alumínio, também chamado de alumina, fórmula química Al_2O_3 . São necessárias duas e meia toneladas de bauxita, para se produzir uma tonelada de

alumina, dependendo do teor do minério e da umidade natural que contém. Basicamente, são necessárias duas toneladas de alumina, para fazer uma tonelada do metal alumínio. Assim, são necessárias de cinco a sete toneladas de bauxita para uma tonelada de alumínio. Atualmente, apenas a ALCOA S/A produz cerca de 280.000 toneladas anuais de alumina, demandando aproximadamente 700.000 toneladas de bauxita/ano (Willians, 2001).

Outras empresas atuam na extração da bauxita no Planalto de Poços de Caldas e os impactos ambientais decorrentes de suas ações devem ser consideráveis.

2.7 Recuperação de áreas degradadas

Em todo o mundo, existe a presença de áreas degradadas por diversas causas, desde o mau uso do solo na agricultura, extração de minérios, até o uso de fogo descontrolado e outros. Em vários países a recuperação de áreas degradadas já é técnica praticada há bastante tempo. Essas experiências, muitas datadas de antes de Cristo, são importantes referências para países jovens como o Brasil. No Brasil, a primeira tentativa de recuperação de áreas degradadas ocorreu no século XIX, quando o Major Manuel Gomes Archer, por ordem do Imperador, iniciou, em 1886, o reflorestamento da floresta da Tijuca; nesse plantio, foi utilizada uma mescla de plantas nativas e exóticas. Além do plantio histórico da floresta da Tijuca, antes da década de 1980, poucas iniciativas foram realizadas. Destaca-se o trabalho de recomposição de um trecho de mata ciliar, desenvolvido numa área de floresta atlântica, no município de Cosmópolis, estado de São Paulo, onde o plantio foi iniciado em 1955 (Almeida, 2000). Desde 1998 existe a exigência legislativa, do Artigo 115 da Constituição Brasileira, de que as áreas degradadas pela mineração do País devam ser recuperadas. Algumas empresas já tinham iniciado trabalhos conservacionistas

modificações nas características da comunidade e modificações direcionais na composição de espécies (Klein, 1980; Kappelle *et al.*, 1996).

O sistema mais empregado atualmente no Brasil, para recomposição de áreas degradadas é o de plantações mistas compostas de árvores nativas, embora a experiência nessa área ainda seja pequena (Botelho *et al.*, 2001).

Nos trabalhos de implantação de florestas de proteção, as espécies pioneiras e as clímaxes exigentes de luz, devem ser plantadas em maior quantidade que as clímaxes tolerantes à sombra, procurando reproduzir o que aconteceria naturalmente em um ecossistema no início da sucessão (Botelho *et al.*, 2001).

A importância das aves frugívoras, na recuperação de áreas degradadas ganha cada vez mais destaque. Ao depositarem sementes de espécies nativas em áreas alteradas antropicamente, as aves contribuem na recomposição vegetal. Como as aves apresentam capacidade de voo e rápido deslocamento, conseguem percorrer grandes distâncias em curto espaço de tempo e dispersar sementes em locais afastados da planta-mãe. As aves podem deslocar as sementes desde alguns metros da planta mãe até por mais de 1000 km de sua origem (Howe *et al.*, 1985).

Épocas de floração e frutificação, qualidade e quantidade de néctar e frutos, tamanho e coloração dos frutos e sementes atuam no sentido de atrair, seletivamente, espécies de animais em diferentes épocas do ano (Zanzini, 2001). Segundo Peres (2000), para descrever o potencial de uma espécie de planta para ser classificada como planta-chave, podem ser utilizados quatro parâmetros básicos: a) redundância temporal; b) especificidade; c) constância; d) abundância.

Pelo exposto, o conhecimento sobre a flora regional poderá fornecer subsídios sobre potenciais plantas-chaves, a serem empregadas em conjunto com outras estratégias de recomposição de áreas degradadas, acelerando o processo de sucessão ecológica das áreas mineradas.

alumina, dependendo do teor do minério e da umidade natural que contém. Basicamente, são necessárias duas toneladas de alumina, para fazer uma tonelada do metal alumínio. Assim, são necessárias de cinco a sete toneladas de bauxita para uma tonelada de alumínio. Atualmente, apenas a ALCOA S/A produz cerca de 280.000 toneladas anuais de alumina, demandando aproximadamente 700.000 toneladas de bauxita/ano (Willians, 2001).

Outras empresas atuam na extração da bauxita no Planalto de Poços de Caldas e os impactos ambientais decorrentes de suas ações devem ser consideráveis.

2.7 Recuperação de áreas degradadas

Em todo o mundo, existe a presença de áreas degradadas por diversas causas, desde o mau uso do solo na agricultura, extração de minérios, até o uso de fogo descontrolado e outros. Em vários países a recuperação de áreas degradadas já é técnica praticada há bastante tempo. Essas experiências, muitas datadas de antes de Cristo, são importantes referências para países jovens como o Brasil. No Brasil, a primeira tentativa de recuperação de áreas degradadas ocorreu no século XIX, quando o Major Manuel Gomes Archer, por ordem do Imperador, iniciou, em 1886, o reflorestamento da floresta da Tijuca; nesse plantio, foi utilizada uma mescla de plantas nativas e exóticas. Além do plantio histórico da floresta da Tijuca, antes da década de 1980, poucas iniciativas foram realizadas. Destaca-se o trabalho de recomposição de um trecho de mata ciliar, desenvolvido numa área de floresta atlântica, no município de Cosmópolis, estado de São Paulo, onde o plantio foi iniciado em 1955 (Almeida, 2000). Desde 1998 existe a exigência legislativa, do Artigo 115 da Constituição Brasileira, de que as áreas degradadas pela mineração do País devam ser recuperadas. Algumas empresas já tinham iniciado trabalhos conservacionistas

antes da nova legislação. Outras, sob essa pressão, encontram-se hoje em situação de retardatárias e sabem que precisam tomar medidas imediatas, para implantar programas de recobrimento vegetal das áreas que sofrem impactos de suas atividades (Griffith *et al.*, 1994).

A escolha de espécies para utilização em recuperação de áreas degradadas deve ter como ponto de partida estudos da composição florística das matas remanescentes da região. A partir desses levantamentos, experimentos silviculturais devem ser montados, procurando explorar a variação ambiental e níveis de tecnologia. As espécies pioneiras e secundárias iniciais deverão ter prioridade na primeira fase da seleção de espécies. Pode-se buscar 3 opções que poderão ser utilizadas isoladamente ou em conjunto: a) utilização de espécies florestais para aplicação no modelo de sucessão secundária; b) espécies florestais para formação de povoamentos puros e c) utilização de espécies herbáceas, arbustivas e arbóreas (Davide, 1994). Nesse sentido, a estratégia de recuperação de solos degradados deve se basear numa tecnologia, que promova não apenas a utilização de espécies de rápido crescimento, mas também, que sejam capazes de aporte de nitrogênio e carbono no solo e aumente a disponibilidade dos demais nutrientes (Franco *et al.*, 1994)

A recuperação ambiental de uma área alterada pela mineração envolve diversos aspectos, que são considerados importantes para obtenção do resultado final. O controle da qualidade dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos deve permitir, no mínimo, a manutenção dos padrões de qualidade, que atendam ao seu uso anterior. As emissões atmosféricas devem ser controladas de modo a manter a qualidade do ar. O tratamento previsto do solo da área deve considerar os seus aspectos físicos e bióticos. A revegetação da área minerada dependerá da obtenção dos resultados das etapas componentes do processo de recuperação do solo. Estas fases devem ser implementadas de uma forma cronológica e compreendem: recomposição da topografia e paisagem, restauração das

propriedades físicas, químicas e biológicas e controle da erosão do solo em tratamento. Dependerá, também, das características e do plano de utilização futura que for proposto para a área ao término da exploração, ou seja, o uso futuro do solo (Williams *et al.*, 1990).

Por ecossistema degradado considera-se aquele que após ter sofrido um distúrbio, apresenta baixa resiliência, isto é, seu retorno ao estado anterior pode não ocorrer ou ser extremamente lento, em velocidade inaceitável para as pretensões humanas. Ecossistema perturbado é aquele que sofreu distúrbio, mas dispõe de meios de regeneração bióticos, suficientemente ativos, para recuperar-se (por exemplo, bancos de sementes e de plântulas, chuva de sementes, brotação) (Kageyama *et al.*, 1991). A recuperação de um ecossistema alterado pode apresentar três modalidades, segundo Gisler (1995): I. restauração à sua condição original; II. reabilitação pela restauração de algumas características originais mais apreciadas; ou III. criação de um ecossistema novo totalmente distinto do original com características desejáveis.

A restauração (*stricto sensu*) de ecossistemas florestais degradados é apenas uma possibilidade teórica; as mudanças na comunidade vegetal através do tempo constituem um processo complexo, que está muito longe de ser totalmente compreendido ou previsto. A condição original de um ecossistema florestal inclui tanto os seus componentes (fatores bióticos e abióticos) como seus serviços ou funções. A recuperação de um ecossistema florestal não deve ser confundida com ações superficialmente similares, que visam outros fins, por exemplo: produção florestal em terrenos profundamente alterados (como áreas de mineração ou empréstimo) e plantações arbóreas mistas para recreação (Kageyama *et al.*, 1991). A recuperação de ecossistemas florestais degradados envolve a compreensão dos seus processos naturais de regeneração. A regeneração da floresta é definida como o processo através do qual a floresta perturbada alcança características da floresta madura. Tal situação pressupõe

modificações nas características da comunidade e modificações direcionais na composição de espécies (Klein, 1980; Kappelle *et al.*, 1996).

O sistema mais empregado atualmente no Brasil, para recomposição de áreas degradadas é o de plantações mistas compostas de árvores nativas, embora a experiência nessa área ainda seja pequena (Botelho *et al.*, 2001).

Nos trabalhos de implantação de florestas de proteção, as espécies pioneiras e as clímaxes exigentes de luz, devem ser plantadas em maior quantidade que as clímaxes tolerantes à sombra, procurando reproduzir o que aconteceria naturalmente em um ecossistema no início da sucessão (Botelho *et al.*, 2001).

A importância das aves frugívoras, na recuperação de áreas degradadas ganha cada vez mais destaque. Ao depositarem sementes de espécies nativas em áreas alteradas antropicamente, as aves contribuem na recomposição vegetal. Como as aves apresentam capacidade de voo e rápido deslocamento, conseguem percorrer grandes distâncias em curto espaço de tempo e dispersar sementes em locais afastados da planta-mãe. As aves podem deslocar as sementes desde alguns metros da planta mãe até por mais de 1000 km de sua origem (Howe *et al.*, 1985).

Épocas de floração e frutificação, qualidade e quantidade de néctar e frutos, tamanho e coloração dos frutos e sementes atuam no sentido de atrair, seletivamente, espécies de animais em diferentes épocas do ano (Zanzini, 2001). Segundo Peres (2000), para descrever o potencial de uma espécie de planta para ser classificada como planta-chave, podem ser utilizados quatro parâmetros básicos: a) redundância temporal; b) especificidade; c) constância; d) abundância.

Pelo exposto, o conhecimento sobre a flora regional poderá fornecer subsídios sobre potenciais plantas-chaves, a serem empregadas em conjunto com outras estratégias de recomposição de áreas degradadas, acelerando o processo de sucessão ecológica das áreas mineradas.

2.8 Teorias sobre a sucessão ecológica

O termo sucessão é utilizado para descrever processos dinâmicos de modificação, na composição das espécies e estrutura de uma comunidade florestal, ao longo do tempo, até que se atinja um estado próximo de um equilíbrio dinâmico com o ambiente. Sucessão envolve a migração, extinção e alterações, na abundância relativa de espécies. As modificações ocorridas numa comunidade são causadas por alterações bióticas e abióticas, decorrentes de atividades dos próprios componentes das comunidades ou devido a fatores externos, com consequências na probabilidade de estabelecimento e sobrevivência de cada espécie (Kent & Coker, 1992).

Várias hipóteses têm sido levantadas para explicar o desenvolvimento da vegetação em várias áreas perturbadas. Na visão clássica de Clements sobre a sucessão ecológica, após uma perturbação várias espécies irão ocupar o local progressivamente, cada uma, dando lugar a sua sucessora até que se constitua uma comunidade madura ou clímax. Clements foi apontado como defensor de uma comunidade de plantas estática, na qual o clímax era um organismo fixo e espacialmente invariável, onde plantas individuais eram substituídas fielmente por recrutas de suas próprias espécies. A visão de sucessão de Clements era de uma relativamente ordenada, aproximação previsível de um equilíbrio dinâmico. Ele identificou seis estágios desse processo: 1) nudação, 2) migração, 3) estabelecimento, 4) competição, 5) reação e 6) estabilização. Cada uma delas podia ser “sucessiva” ou “interativa”, mas o processo inicial tendia a ser sucessivo e os posteriores seriam provavelmente interativos (a frequência, intensidade e complexidade das interações ecológicas tendem a aumentar ao longo das sucessões). Desse modo, no curso do desenvolvimento, partindo do substrato exposto, passando por líquens e musgos e ao final por árvores, através de uma série de (ainda que efêmeras) reconhecíveis comunidades antes de

alcançado o clímax. Ele também distinguiu claramente entre sucessão primária, na qual ocorrem processos pedogenéticos (e onde não existem bancos de sementes e reservas de propágulos vegetativos no substrato inicial) e sucessão secundária, onde o solo inicialmente continha propágulos de muitas espécies, características de diferentes estágios de sucessão. Sucessões primárias são dominadas pela imigração de espécies de outras áreas e ocorrem em derramamentos de lava, dunas, rochas e lagos e tendem a ser associadas à acumulação de nutrientes e matéria orgânica no solo. Sucessões secundárias ocorrem em terras abandonadas, áreas drenadas, clareiras abertas em florestas em consequência do fogo e assim por diante. Elas envolvem apenas insignificantes mudanças no solo (muitas vezes depleção de nutrientes) e são pouco dependentes da imigração de espécies (Crawley, 1991).

O nome de Gleason é associado com o conceito “individualista” da estrutura da comunidade de plantas. Ele admitia a existência de associações de plantas; “nós podemos andar sobre elas, nós podemos mensurar suas extensões, nós podemos descrever sua estrutura em termos de seus componentes em espécies, nós podemos correlacioná-las com o ambiente, nós podemos, freqüentemente, descobrir sua história passada e fazer inferências sobre seu futuro”. Em sua visão, no entanto, comunidades de plantas reconhecíveis deviam sua expressão visível simplesmente pela justaposição de plantas individuais, da mesma ou de diferentes espécies, que podem ou não interagir diretamente com outras. A estrutura das comunidades de plantas era o resultado de causas continuamente ativas, principalmente “migração e seleção ambiental”, as quais operam, independentemente, em cada lugar e não têm nenhuma relação com os processos em outra área qualquer, exceto, quando essas áreas possam servir como uma fonte de migrantes ou para controlar o ambiente de formação de uma nova área. Aonde Gleason diferiu mais de Clements, foi na sua crença de que a comunidade de plantas “não é um organismo, mas, meramente, uma

coincidência". Ele via todas as espécies de plantas como uma lei em si mesma e negava as propriedades emergentes atribuídas às comunidades de plantas por Clements. Ele enfatizou a heterogeneidade da estrutura da comunidade causada por acidentes de dispersão de sementes, enfatizou, também, as pequenas variações no ambiente, as diferenças na abundância de plantas-mães, as quais poderiam atuar como fontes de sementes e aos intervalos dos períodos entre distúrbios. A outra diferença fundamental da visão de Clements foi a recusa de Gleason ao determinismo e direcionamento da sucessão. Gleason enfatizou os elementos aleatórios da imigração de sementes e do estabelecimento de plântulas, destacou as diferentes durações de estágios similares de sucessão, em sítios diferentes e ressaltou que as diferenças iniciais e história dos distúrbios poderiam conduzir a diferentes resultados finais na sucessão. Clements enfatizou a convergência para um singular clímax climático. Gleason, também, acreditava que os distúrbios eram tão freqüentes e dessa forma, espaçadamente distribuídos pelo terreno, de tal modo que a maioria das comunidades ecológicas não deveria ser considerada como conjuntos equilibrados (Crawley, 1991) .

A síntese moderna é muito próxima da visão de Gleason sobre a estrutura e dinâmica da comunidade. A questão não é se são identificáveis (mesmo que vagamente) classes de comunidades (ninguém discute seriamente isso); a questão é, em que grau as interações biológicas (entre uma planta e outra, entre plantas e seus herbívoros, ou entre herbívoros e seus inimigos naturais) influenciam a estrutura da comunidade, comparadas às limitações impostas pelo ambiente físico (condições abióticas relativas aos solos, clima e exposição às intempéries). Não obstante as severas críticas contra a maioria das hipóteses subentendidas nos conceitos de "clímax", o termo "comunidade clímax" é, no entanto, amplamente utilizado (Crawley, 1991).

Egler (1954) propôs que em várias situações existe uma composição florística inicial, após a perturbação que determina alterações

futuras na dominância. Nesses casos, diversas espécies tornam-se sucessivamente dominantes de acordo com sua história de vida expressada com o decorrer do tempo (Crawley, 1991).

Uhl (1987) e Connell e Slatyer (1977) são adeptos do “modelo de facilitação”. Nesse modelo, as espécies invadem lentamente um sítio disponível à colonização e facilitam o estabelecimento de outras espécies, pois agem como abrigo para os vetores de dispersão, melhoram as condições de umidade e fertilidade do solo e fornecem habitats adequados ao recrutamento. Woods (1989) não ratifica esse modelo de sucessão, propondo que a regeneração da floresta depende da capacidade das árvores pioneiras vencerem a competição com as espécies herbáceas. Outros modelos de sucessão são propostos, como por exemplo, o “modelo lotérico”, no qual presume-se que microhabitats surgem indeterminadamente de uma ou outra maneira e que os propágulos neles se estabelecem aleatoriamente. Uma vez instaladas, as plantas se mantêm por um longo tempo. O modelo da heterogeneidade espacial pressupõe que o princípio da exclusão atua entre espécies, favorecendo as mais adaptadas a determinados sítios, em detrimento de outras espécies menos adaptadas. O modelo da “dança das cadeiras” sugere que espécies competidoras menos capazes podem suplantar espécies superiores, quando sua habilidade de dispersão é suficientemente grande. Quando a taxa de migração é mais alta que sua taxa de extinção no fragmento essas espécies paulatinamente ocupam o território. A hipótese da separação de nichos propõe que os nichos são suficientemente diferentes. Dessa forma, a exclusão competitiva não ocorre, permitindo a coexistência das espécies no ambiente. A hipótese da herbivoria seletiva propõe que a alimentação por herbívoros é uma das maneiras mais óbvias pelas quais pode-se resultar na raridade de espécies. A hipótese dos distúrbios sugere que as perturbações do ambiente permitem a invasão por novas espécies. A hipótese dos refúgios propõe que a riqueza de espécies seja realçada, quando os

competidores inferiores apresentam algum tipo de refúgio, no qual seus membros podem ser mantidos. Os refúgios atuam como um tipo de fonte de propágulos, que são dispersos para aquelas partes do hábitat de onde as espécies foram excluídas (Crawley, 1991).

Vários fatores ecológicos interferem nos ritmos das sucessões, dentre eles, a resiliência das áreas perturbadas. A resiliência é definida como a capacidade de auto-recuperação de um ecossistema, após perturbação antrópica ou natural. As florestas de montanhas apresentam características distintas das florestas de terras baixas, que podem determinar padrões diferentes de resiliência (Kappelle *et al.*, 1996).

Klein (1980) afirmou que as florestas secundárias, com idades entre 80 e 110 anos no baixo e médio Vale do Itajaí, em seus traços essenciais e sob todos os aspectos fisionômicos, muito se assemelhavam à floresta madura.

Tabarelli & Mantovani (1999) ao estudarem partes da floresta com 10, 18, 40 anos e comparando-as com floresta madura, também constataram que as florestas se transformam em diferentes velocidades, em direção aos valores observados em florestas maduras. Em ordem decrescente de velocidade, a floresta após corte e queima, restaura a riqueza e a diversidade de espécies arbóreo-arbustivas, a composição de guildas, a composição florística (importância relativa das famílias) e, por último, os atributos da estrutura física, com exceção da densidade de indivíduos.

Guariguata & Dupuy (1997) sugerem que o uso intensivo das áreas florestais elimina sementes, plântulas e rebrotas, elementos estes considerados como possíveis fontes de regeneração para as espécies tolerantes à sombra.

Tabarelli e Mantovani (1999) afirmam que além da intensidade de perturbação, determinadas características dessa floresta, tais como tamanho médio de diásporos e importância relativa de grupos dispersores, podem conferir maior resiliência. No caso estudado pelos autores, uma floresta Montana, no

sudeste do Brasil, após corte e fogo apresentará diferentes modelos de sucessão conforme o histórico da perturbação da área. A sucessão secundária em foco, pode ser caracterizada pela colonização e extinção de três ou quatro espécies pioneiras e pelo estabelecimento de uma espécie dominante tolerante à sombra. Nos locais onde não ocorreram as queimadas, o processo de sucessão da floresta pode ser representado por quatro estádios sucessionais. Nos locais aonde o fogo foi usado com frequência, observou-se a ocorrência de mais um estágio sucessional inicial dominado por *Baccharis dracunculifolia* (Asteraceae).

Baider *et al.* (2001) ao estudarem bancos de sementes do solo durante a regeneração de floresta Atlântica, no sudeste do Brasil, em diferentes trechos de floresta com 5, 18, 27 anos de regeneração e comparadas à floresta madura, com coletas de solo entre 0 e 5 cm de profundidade, constataram que as densidades de sementes encontradas pressupõem um decréscimo no estoque de sementes no solo com o avanço da regeneração. Sementes enterradas entre 0 e 2,5 cm de profundidade representaram entre 56,9 e 67,4% das sementes. A maioria das sementes pertence a plantas invasoras das famílias Asteraceae, Poaceae, Malvaceae e Solanaceae. Os resultados encontrados são evidência de que a contribuição do banco de sementes, para a regeneração da floresta, depende da idade em que esta é cortada. Sementes oriundas de outras fontes, bem como seus vertebrados dispersores, são necessários à regeneração da floresta, já que o banco não armazena sementes médias e grandes das espécies lenhosas tolerantes à sombra. O estoque de sementes existente no solo é crucial para o início da sucessão secundária, em áreas que sofreram perturbação (Whitmore, 1983).

A revegetação é parte essencial no processo de recuperação de áreas degradadas pela mineração, a qual implica não só no plantio de espécies vegetais, mas também em uma seleção adequada dessas espécies e das técnicas de manejo visando o aceleração e a reconstituição dos processos de sucessão



que acontecem naturalmente. Uma área minerada recuperada deve implicar, além da recuperação da vegetação, também o retorno da fauna. Para o retorno de animais silvestres, é necessário dar condições mínimas à vegetação, similares às que ocorrem naturalmente num processo de sucessão. Já a fauna, encarrega-se por meio de suas funções, como disseminadora do controle biológico natural, de dar continuidade ao processo de sucessão (Lorenzo 1991).

2.9 A flora regional

Os levantamentos, exclusivamente, fitossociológicos de uma área trazem importantes informações a respeito das espécies vegetais, sua abundância e distribuição na área, mas falha no esclarecimento de uma questão básica; não esclarece quais variáveis ambientais estão relacionadas à variação destes aspectos. A investigação de tais fatores é extremamente importante, já que só a partir desse procedimento torna-se possível o manejo apropriado das comunidades estudadas (Berg, 1999). Daubenmeire (1968) e Vilela *et al.* (1993) ressaltam a importância da investigação conjunta das comunidades vegetais e suas variáveis ambientais, para fornecer informações básicas aos programas de recuperação ambiental empregando-se espécies nativas.

As Florestas de montanhas da Região Neotropical são as mais desconhecidas e ameaçadas dentre todas as vegetações dos trópicos. Dentre estas, as florestas úmidas montanas situam-se normalmente na faixa dos 900 a 2900 m de altitude. Contudo, a determinação de seus limites altitudinais é dificultada (senão impossibilitada) pelas gradações existentes com outros tipos de vegetação e pelo efeito da inter-relação entre latitude e altitude e particularidades locais e regionais no clima e relevo. Sua distribuição é determinada, climaticamente, pela temperatura e precipitação, geralmente de 2000 a 4000 mm anuais (Fontes, 1997). No sistema de classificação proposto

por Oliveira-Filho & Fontes (2000), o termo "altimontano" é empregado para designar as florestas localizadas, a partir de cotas de 1500m de altitude. Tal sistema de classificação corrobora a Resolução do Conama n.º 12/94 (Conselho Nacional do Meio Ambiente), que define o termo "Alto montano", como sendo relativo aos ambientes situados em altitudes acima de 1500 metros.

Os ecossistemas florestais que abrangem o Planalto de Poços de Caldas podem ser caracterizados, predominantemente, como florestas estacionais semidecíduais montanas e altimontanas, sob forte influência da condensação de nuvens geradas pelo efeito orográfico.

No Brasil, as florestas de nuvem ocorrem nas cadeias montanhosas costeiras da Região Sudeste, mas são muito pouco conhecidas. Para esta mesma região, a literatura conta com menos de dez levantamentos florísticos de vegetação florestal, acima de 1000 m de altitude (Fontes, 1997). Dentre aqueles levantamentos, apenas três cobriram áreas florestadas acima dos 1.400 m, que são o de Robim *et al.* (1990), para Campos do Jordão (SP), o de Meira-Neto *et al.* (1989), Grombone *et al.* (1990), para Atibaia (SP) e o de Lima e Guedes-Bruni (1994), para Macaé de Cima (RJ) (Fontes, 1997).

Klein (1980) comenta que a maior extensão da área ocupada por florestas do Baixo e do Médio Vale do Itajaí, Santa Catarina, encontra-se em encostas, sendo de aclave ora mais suave ora bastante íngreme. Através das observações efetuadas nessa região, ficou evidenciado o fato de que, de acordo com a inclinação mais suave ou mais acentuada dos terrenos, constata-se dois tipos distintos de vegetação de encosta. Nas encostas de relevo mais suave e uniforme observa-se, em geral, a presença de solos mais profundos e com melhor camada de húmus, fato que também é claramente refletido pela presença de uma vegetação florestal mais desenvolvida e mais uniforme, sobretudo no que diz respeito às espécies dominantes e características, ao longo de toda a encosta, ou seja, desde o início das mesmas até o alto inclusive nas chapadas.

Por sua vez, as encostas que apresentam inclinação mais acentuada possuem, em geral, solos menos profundos e mais diversificados quanto à camada de húmus, sendo esta mais pronunciada nos inícios e bastante rala no alto das encostas. Assim sendo, pode se constatar que nos inícios das encostas os solos são por vezes, bastante profundos e a retenção das águas pluviais é maior, enquanto que à meia altura e, sobretudo, no alto das encostas, os terrenos são bem mais rasos, muitas vezes rochosos e o escoamento das reservas de água é mais rápido. Por esta razão as matas das encostas íngremes, apresentam diversificação bastante acentuada quanto à distribuição dos agrupamentos vegetais ao longo das mesmas.

No maciço de Poços de Caldas, à primeira vista, observa-se essa tendência de gradientes altitudinais, constituindo fisionomias e estruturas vegetacionais, que variam a curtas distâncias, à medida que se buscam pontos elevados nos elementos geomorfológicos da paisagem. São freqüentes as ocorrências de campos de altitude nas cotas acima dos 1.600 m. O local conhecido como Mata da Colina, a ser abordado neste estudo, abrange altitudes de 1497 m a 1639 m, atingindo, portanto, os domínios altitudinais das florestas altimontanas, conforme preceitos de Oliveira-Filho & Fontes (2000). Desse fato, resulta a necessidade de se conhecer esse possível gradiente vegetacional, com vistas à adoção de estratégias de recuperação de áreas impactadas pelas atividades antrópicas, buscando investir em espécies apropriadas, segundo suas características ecológicas.

2.10 Pesquisas botânicas no Planalto de Poços de Caldas como subsídios à recuperação de áreas degradadas

Alguns estudos botânicos e ecológicos ligados à recuperação de áreas degradadas têm sido conduzidos no Planalto de Poços de Caldas. Pereira (1986)

estudou a taxonomia de gramíneas da região e relacionou as espécies consideradas mais adequadas à recuperação de áreas mineradas. Baldassari (1989) efetuou estudos taxonômicos da família Melastomataceae e fez recomendações de espécies aplicáveis em áreas mineradas. Moraes (1992) descreveu as técnicas empregadas na recuperação de áreas mineradas de bauxita pela ALCOA ALUMÍNIO S/A, em Poços de Caldas e, dentre outros aspectos, sugeriu espécies arbustivas e herbáceas mais adequadas à revegetação, Lorenzo (1991) analisou a regeneração natural de áreas mineradas de bauxita, abandonadas por cinquenta anos em Poços de Caldas, equacionando como a mineração afeta as comunidades vegetais, apontando espécies lenhosas apropriadas à recuperação de áreas mineradas. Souza (1997) avaliou estratégias de recuperação de áreas degradadas pela mineração de bauxita em Poços de Caldas. Nappo (1999) realizou inventário florístico e estrutural da regeneração natural, no sub-bosque de povoamentos homogêneos de *Mimosa scabrella* Bentham, implantados em áreas mineradas, em Poços de Caldas.

2.11 Experiências na recomposição de áreas degradadas pela mineração de bauxita no Planalto de Poços de Caldas

As estratégias de recuperação de áreas degradadas pela mineração, de maneira geral, são baseadas no plantio de espécies adaptadas a condições adversas e na recuperação do substrato (solo), para plantio de espécies menos adaptadas, geralmente espécies nativas regionais. O processo de recuperação de áreas degradadas ainda é incipiente, tendo-se até o momento, pouco conhecimento das exigências nutricionais das espécies. Este fato dificulta, sensivelmente, a utilização dessas espécies nativas, o que têm levado muitas empresas a optar pela adoção de espécies exóticas em plantios homogêneos. Além disso, a interação dos fatores químicos, físicos e biológicos reinantes nas

áreas em recuperação merece maiores investigações. Com isso, obtém-se um “falso” sucesso nos primeiros 5 anos, quando a planta ainda encontra na cova de plantio condições favoráveis para seu desenvolvimento. Com o esgotamento dos nutrientes colocados nas covas pela adubação de plantio, as plantas começam a apresentar uma redução no desenvolvimento, pois as raízes não conseguem explorar o solo fora da cova, de acordo com sua exigência em água e nutrientes. O espelhamento das covas, principalmente, quando estas são abertas com brocas, constitui-se numa barreira física às raízes após o esgotamento das reservas nutricionais (Souza, 1997).

Além desses problemas relacionados, outros elementos desfavoráveis vêm contribuindo para a ineficácia dos trabalhos de recuperação de áreas degradadas no Planalto de Poços de Caldas.

Souza (1997), ao avaliar as estratégias de recuperação de áreas degradadas pela mineração de bauxita, em Poços de Caldas, detectou os seguintes resultados negativos em procedimentos adotados pela ALCOA S/A, em suas reabilitações de áreas mineradas nos locais denominados “Santa Rosália” e “Retiro Branco”. Em 1986, 2,0 ha, semeadura a lanço com 100 Kg de sementes de nativas, arbustivas, arbóreas, gramíneas e leguminosas colhidas nas imediações; o solo foi corrigido e adubado quimicamente; Resultado: Colonização por pioneiras representadas em 55,0 % por indivíduos pertencentes ao gênero *Vernonia*, 22,5 % ao *Bacharis*, impondo (ambos) dominância de 96,0% e, subjugando os espécimes utilizados na recomposição.

Em 1988, 1,2 ha, 1.625 mudas nativas, em covas 0,70 x 0,70 x 0,70 m, espaçamento aleatório, hidrossemeadura com 200 Kg de sementes diversas. Nas bordas plantou-se *Mimosa pseudoincana* com o intuito de conter encostas;

Resultado: invasão pela *Mimosa pseudoincana* das áreas plantadas com nativas. A dominação pela mimosa chegou a 94,3 % dos espécimes detectados na área com CAP > 10 cm.

Em 1992, 1,5 ha, 2.260 mudas nativas, em covas 0,70 x 0,70 x 0,70 m, espaçamento aleatório, mais 300 mudas pequenas distribuídas ao acaso; Além das mudas mais 200 Kg de sementes diversas jogadas a lanço.

Resultado: Logo após o procedimento a área foi infestada por capim-gordura (*Melinis miniiflora*) abafando as mudas. Atualmente, a área é recoberta por essa herbácea.

Diante dessas experiências mal-sucedidas, percebe-se que as técnicas de recomposição de áreas degradadas encontram-se em estágio desenvolvimento e carentes de respostas que, efetivamente, contribuam com a restauração dos ecossistemas afetados. Nesse sentido, o conhecimento sobre os processos naturais atuantes nesses ecossistemas fornecerá subsídios aos trabalhos de recuperação, racionalizando recursos em prol do restabelecimento dos processos ecológicos das áreas mineradas.

2.12 Considerações sobre os métodos de análise adotados neste trabalho

2.12.1 Análise de componentes principais

A PCA não é muito recomendada como um método de ordenação para dados florísticos, no entanto, seu uso é muito útil para sintetizar dados ambientais para produzir uma ordenação de parcelas baseada em variáveis ambientais, apenas (Kante & Coker, 1992). As variáveis ambientais são representadas por vetores centrados, cuja direção aponta para a variação máxima e cujo comprimento é proporcional às correlações com os componentes. Cada variável na análise pode ser considerada um vetor. Um vetor é a linha que possui propriedades tanto de comprimento e direção. O comprimento de um vetor representando uma variável é diretamente relacionado com sua variância, mas desde que o primeiro passo da PCA é, usualmente, estandardizar todas as

espécies/variáveis para uma variância de 1,0, os vetores, representando todas as espécies/variáveis na análise assumem um mesmo comprimento que é 1,0. No entanto, aqueles vetores correlacionados com os primeiros eixos são os principais. Se a correlação entre duas variáveis/espécies é 0, os vetores estão posicionados em um ângulo de 90° um em relação ao outro. Isso significa que não existe qualquer correlação entre essas duas variáveis. Se a correlação entre duas espécies/variáveis é -1,0, as variáveis estão perfeita e negativamente correlacionadas. Nesse caso, eles estarão apontados em direções completamente opostas, formando um ângulo de 180°. Se as duas variáveis estão perfeitamente correlacionadas uma à outra, os vetores estarão formando um ângulo de 0° entre elas e os vetores de ambas variáveis terão valor de 1,0. Dessa forma, o ângulo formado entre dois vetores corresponde ao grau de correlação entre essas variáveis (Kente & Coker, 1992).

2.12.2 Análise de correspondência canônica

A CCA é melhor definida como um método de ordenação direta, em que a ordenação resultante será um produto da variabilidade dos dados ambientais, tanto quanto a variabilidade dos dados das espécies. Também resulta disto que a CCA pode apenas ser conduzida eficientemente se uma boa gama de informações ambientais tiver sido coletada, para as amostras nas análises. Essa abordagem de se usar tanto espécies e dados ambientais no processo de ordenação é conhecida como uma forma de análise canônica. O diagrama de ordenação resultante, portanto, expressa não apenas padrões da variação da composição florística, mas, também, demonstra os principais relacionamentos entre as espécies e cada uma das variáveis ambientais. O método usa múltiplas regressões para selecionar combinações lineares das variáveis ambientais, que explicam a maioria da variação no resultado de espécies em cada eixo. Usando

uma abordagem interativa de correspondência ou recíproca de medida (RA/CA), dentro de cada interação ou ciclo de medida, uma múltipla regressão é realizada entre os resultados da ordenação das parcelas para um eixo (variável dependente) e várias combinações das variáveis ambientais (variáveis independentes). Os valores melhor calculados da combinação das variáveis ambientais, que dão a mais alta explicação da variância no resultado original de eixo são, então, tomados como uma estimativa melhorada dos resultados de ordenação das parcelas. A interação CCA então continua com uma outra regressão múltipla, sendo conduzida para melhorar o ajuste na próxima interação e, assim, seguidamente. Num gráfico de CCA, os pontos usualmente representam espécies e as setas (vetores) representam cada uma das variáveis ambientais. As espécies e variáveis são plotadas e as setas apontam na direção da variação máxima das variáveis ambientais através do diagrama. Assim, o comprimento do vetor é proporcional à magnitude da mudança naquela direção. Para o propósito de interpretação, cada seta representando uma variável ambiental pode, também, ser estendida para trás através de centro de origem. Aqueles fatores ambientais que têm setas mais longas são mais intimamente correlacionados na ordenação, enquanto aqueles com setas curtas e são muito mais importantes na influencia da variação da comunidade. Um ponto correspondendo a uma espécie individual pode ser relacionado à cada seta, representando um fator ambiental através do desenho de uma perpendicular da linha da seta, ao ponto que representa a espécie. A ordem na qual os pontos se projetam na seta, partindo da ponta da seta para baixo através da origem é uma indicação da posição dessa espécie em relação ao fator ambiental. Espécies que suas projeções perpendiculares perto de ou além da projeção da seta serão fortemente correlacionadas positivamente com ou influenciadas pelas setas. Àquelas situadas no lado oposto serão muito menos influenciadas (Kent & Coker, 1992).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área de estudos

3.1.1 Aspectos gerais sobre o Planalto de Poços de Caldas

O município de Poços de Caldas está situado ao Sul do Estado de Minas Gerais, entre as coordenadas 21° 15' 20'' sul e 46° 33' 55'' oeste. (Figura 1) O município abrange uma área de 533 Km² e está situado a 1.186 m de altitude, num planalto de forma elíptica, denominado Planalto de Poços de Caldas (Baldassari, 1988).



FIGURA 1 Situação geográfica de Poços de Caldas no sul de Minas Gerais.

O clima predominante na região é Cfb (subtropical úmido), com base na classificação de Köppen, ou seja clima de verão temperado, sem estação seca, condições mesotérmicas úmidas, com verões chuvosos (INDI, 1977). A duração do período seco é de dois meses (julho e agosto) (IBGE, 1977); o índice pluviométrico anual é de 1.695 mm e o período de chuvas estende-se de outubro à março. A temperatura média anual é de 24,3°C; a média das temperaturas

máximas é de 25,9 °C e das mínimas 7,4°C. A umidade relativa anual média é de 78,2%, com variação de 69,8 a 83%. Os ventos predominantes apresentam ação modesta na direção NE (Gisler, 1995).

Os principais solos da região de Poços de Caldas são classificados como Podzólicos Vermelho-Amarelo, segundo o Instituto de Desenvolvimento Industrial de Minas Gerais (INDI, 1977).

Na área do Planalto de Poços de Caldas a cobertura vegetal está representada pela floresta estacional semidecidual e pelos campos de altitudes, fitofisionomias estas consideradas no domínio fitoecológico da Mata Atlântica, conforme a classificação do IBGE (Veloso *et al.*, 1991; IBGE 1993). Segundo o sistema de classificação proposto por Oliveira-Filho & Fontes (2000), a área de estudo deve ser enquadrada nos domínios fitoecológicos das florestas estacionais semidecíduais altimontanas. Segundo Rodrigues (1984), a existência das florestas está ligada ao clima mais ameno e a solos mais férteis, como os derivados de tufos vulcânicos. Os campos do maciço alcalino de Poços de Caldas são encontrados em altitudes superiores a 1600 m, sobre solos sílico-argilosos.

Poços de Caldas é uma região cuja economia está baseada, principalmente, em três atividades: o turismo, a indústria e a mineração, sendo a extração de bauxita a atividade minerária mais importante da região. Dados seus atributos geológicos e geotermiais, Poços de Caldas se destaca no cenário nacional como tradicional pólo turístico, voltado para a exploração de suas fontes hidrotermais e de propriedades medicinais. Não obstante o impacto ambiental causado pela indústria do alumínio e derivados da bauxita no Planalto de Poços de Caldas e o conseqüente conflito de interesses, o setor minerário através dos seus vários seguimentos gera divisas, figurando como um dos principais sistemas produtivos da região.

3.1.2 Caracterização da Mata da Colina

O acesso à área de estudos, Mata da Colina, é possível através de uma trilha que parte da estrada vicinal que liga Poços de Caldas à Botelhos, onde foram registradas através de GPS (Sistema de Posicionamento Global), as seguintes coordenadas geográficas: 21° 46' 27" S e 046° 31' 03" W .

O ponto de acesso à trilha apresenta cota altimétrica de 1.497 m, em relação ao nível do mar. O coroamento do morro onde se situa a Mata da Colina, seguindo a linha de cumeeada da Serra de São Domingos, apresenta cotas que variam entre 1601 a 1639m .

Pelo desnível relatado, trata-se de formação geomorfológica bastante declivosa, cujo fundo do vale se projeta em cotas ainda mais baixas que as da estrada tida como referência do acesso à propriedade.

Trata-se de formação geomorfológica integrante do dique anelar rochoso, que compõe o maciço alcalino de Poços de Caldas. É uma extensão da Serra de São Domingos, sendo considerada o limite Leste daquela formação e o começo da "Serra do Selado". O fundo do vale que se avizinha da "Colina", detém cotas de aproximadamente 1.405 m em relação ao nível do mar. A face Sul da Colina apresenta linhas de drenagem, que convergem para linhas d'água no fundo do vale e que fluem em direção a sudoeste, à medida que se avolumam. Trata-se de uma unidade geomorfológica de interesse minerário cuja história registra procedimentos das empresas na prospecção e exploração de bauxita no local. Segundo consta, os pedidos de pesquisa junto ao DNPM (Departamento Nacional de Produção Mineral) são da década de 40. Na década de 50, foram realizadas prospecções, tendo o decreto de lavra se consolidado na década de 60, em favor da Companhia Geral de Minas, subsidiária da ALCOA S/A. Na década de 70 foram encerradas as extrações minerais no local, culminado com os trabalhos precários de recuperação através do plantio de eucaliptos. Ressalta-se

que os trabalhos de lavra foram realizados em uma pequena fração da base do morro, ficando preservados a meia encosta e o topo. Não existem registros precisos até o momento que indiquem ações antrópicas severas nessas áreas remanescentes, excetuando-se a ocorrência de incêndios florestais nas últimas décadas e de um mais recente nos anos 90, cujos impactos sobre a comunidade vegetal não foram avaliados.

A vegetação que ocupa a Mata da Colina apresenta nítido gradiente altitudinal representado por formações mais exuberantes na base e nas linhas de drenagem e por formações escleromórficas de baixa estatura e com raleamento conspicuo, à medida que se aproxima da cumeeira. Ao longo das linhas de drenagem a vegetação se adensa e se eleva no porte, sendo encontrados inúmeros fetos arborescentes (*Cyathea* sp - Pteridophyta) com mais de 3m de altura. À medida que a vegetação arbórea se esparsa em direção ao cume, constata-se intensa colonização por *Pteridium aquilinum* e por arbustos de espécies diversificadas, os quais formam um denso estrato herbáceo-arbustivo por entre os espécimes isolados e de maior porte. Na área de influência da vegetação escleromórfica, os espécimes são de baixa estatura, aproximadamente, 3 a 5 m, os quais mantêm um razoável espaçamento entre os exemplares. Constatam-se espécimes mortos e, freqüentemente, em pé distribuídos pelo terreno, não sendo possível identificar a causa da mortalidade. Eventualmente, encontram-se sinais de ocorrência de passagem de fogo provenientes de eventos, aparentemente, não recentes. A presença de briófitas no solo do terço superior do morro é notável, pois forma um tapete verde uniforme que recobre extensas áreas sob o estrato herbáceo-arbustivo. A umidade presente no piso retida pelas briófitas, mesmo na estação seca, traz a sensação de que se está caminhando por sobre esponjas embebidas. Especula-se sobre a procedência dessa umidade, tendo-se como hipótese a origem nebular. O epifitismo não é exuberante, tendo em vista o alto grau de exposição das copas às intempéries, devido ao

raleamento da vegetação. Quando constatado, o epifitismo é constituído, basicamente, por briófitas, líquens, bromeliáceas e orquídeas em escala muito modesta, concentrando-se, preferencialmente, onde a vegetação arbórea é mais adensada. Não obstante a modesta ocorrência de epifitismo, constata-se a presença de bromeliáceas e orquídeas terrícolas e rupícolas distribuídas ao longo da área. Nas cotas mais baixas, parte da vegetação apresenta porte mais avantajado em termos de DAP e altura total e intensa forração do terreno por bambus (taquara). A profusão de taquara (Poaceae) chega a ser tamanha que, freqüentemente, forma um maciço vegetal intransponível.

3.2 Desenho amostral e levantamento das feições topográficas

O levantamento estrutural da comunidade arbórea foi conduzido em uma área amostral total de 1,12ha, dividida em 28 parcelas de 400 m² (20m x 20m). As parcelas foram distribuídas ao longo de quatro transectos paralelos e eqüidistantes entre si. Cada transecto foi composto de sete parcelas alinhadas, partindo do topo em direção à base do morro. Os quatro transectos foram distanciados, lateralmente, 80 m um do outro, sendo as parcelas que compõem cada transecto, distanciadas 20 m umas das outras, ao longo do gradiente altitudinal. Os transectos assim estabelecidos foram denominados transectos A, B, C e D e as parcelas que os constituem foram denominadas A1, A2, A3, A4, A5, A6 A7, B1, B2, B3 e, assim, sucessivamente. Esta distribuição foi realizada com o intuito de se registrar as rápidas mudanças da vegetação ao longo do gradiente altitudinal, conforme sugerem Kent & Coker (1992). Na realização deste trabalho, a disposição dos transectos no terreno foi previamente estudada de modo a garantir uma considerável representatividade das amostras quanto aos possíveis gradientes dos ecossistemas locais e regionais. Em uma primeira ação na área de estudos, foi alocada, através de estacas de PVC, uma linha-mestra

acompanhando a linha de cumeada a partir da qual seriam lançadas as parcelas que comporiam os quatro transectos. Todos os pontos e elementos de interesse no campo foram georreferenciados com o auxílio de GPS modelo *Pilot III* fabricado pela *Garmin Corporation*. Tais informações foram “descarregadas” em um microcomputador e, posteriormente, superpostas às informações digitalizadas do levantamento aerofotogramétrico do município de Poços de Caldas. A aerofotocarta digitalizada foi obtida através da folha 338 – 589 em escala 1:10.000, em levantamento realizado pela BASE Aerofotogrametria e Projetos. A utilização do Software CAD 2000 i resultou na confecção de um mapa planialtimétrico, contendo os pontos georeferenciados em campo através do GPS. A partir desse mapa, projetou-se a disposição dos transectos e respectivas parcelas. Ultrapassada a fase de desenho amostral, as parcelas foram, rigorosamente, marcadas na área de estudos. A marcação das parcelas seguiu o projeto, empregando-se equipamento topográfico de alta precisão. Empregou-se o equipamento denominado estação total, marca Laica, modelo TC 1.100, com precisão de 3” (segundos) de grau ou seja, precisão de centímetros no posicionamento das parcelas, tendo como referência a posição dos pontos previamente estabelecidos no projeto. Tal precisão é conseguida graças ao sistema eletrônico, que compõe o equipamento de topografia, o qual é calibrado a partir de um marco geodésico conhecido, neste caso, o *Datum* horizontal SAD 69. Após a calibração, o técnico se deslocou pelo campo, marcando os pontos de interesse com mínima margem de erro entre o projeto e a realidade de campo. Como resultado desse procedimento, as estacas dos lados com maior declive das parcelas foram cravadas e georeferenciadas com alto grau de precisão em termos altimétricos e de coordenadas geográficas, conforme os atributos do equipamento já mencionados. A adoção de marcações precisas das parcelas também permitirá o estabelecimento de um sistema de informações que

permitirá o monitoramento sistemático das mudanças, que ocorrem na comunidade florestal ao longo do tempo.

As parcelas foram demarcadas, inicialmente, mediante o estaqueamento de apenas dois de seus vértices com o auxílio da estação total. As duas estacas plantadas com precisão foram unidas através de fitilho sintético, criando-se, então, um dos lados das parcelas. Posteriormente, os demais lados das parcelas foram implantados através do esquadramento a partir das linhas constituídas pelos fitilhos sintéticos. Esse procedimento foi adotado, visando preservar a vegetação já que o trabalho de topografia empregado requer ampla área de visada. Todas as estacas que compõem os vértices das parcelas foram numeradas em sentido horário e catalogadas segundo suas posições geográficas e altimétricas. Os dados utilizados sobre altimetria e posicionamento geográfico são aqueles obtidos pela estação total. Adotou-se este procedimento, como medida de segurança já que a área é fortemente sujeita a incêndios florestais e, caso eles ocorressem, eliminariam facilmente as marcações das parcelas. Outro motivo diz respeito à possibilidade de se restaurar, no futuro, com precisão centimétrica, o mesmo desenho amostral, visando estudos de dinâmica da comunidade e da população específica. Posteriormente, os dados registrados pela estação total foram novamente processados. A partir destes, empregando-se o Software CAD 2000 i, foi criado um novo mapa da área, onde foram lançadas todas as informações planialtimétricas e de plotagem precisas das parcelas já lançadas no campo (Figura 2). Em seguida, as estacas que não tiveram suas cotas determinadas com precisão através da estação total (aquelas demarcadas com trenas e esquadro) foram aferidas, altimetricamente, empregando-se um hipsômetro (Blume-leiss). O procedimento adotado foi no sentido de determinar as cotas das estacas remanescentes, considerando os desníveis a partir de marcos com alto grau de precisão em termos altimétricos.

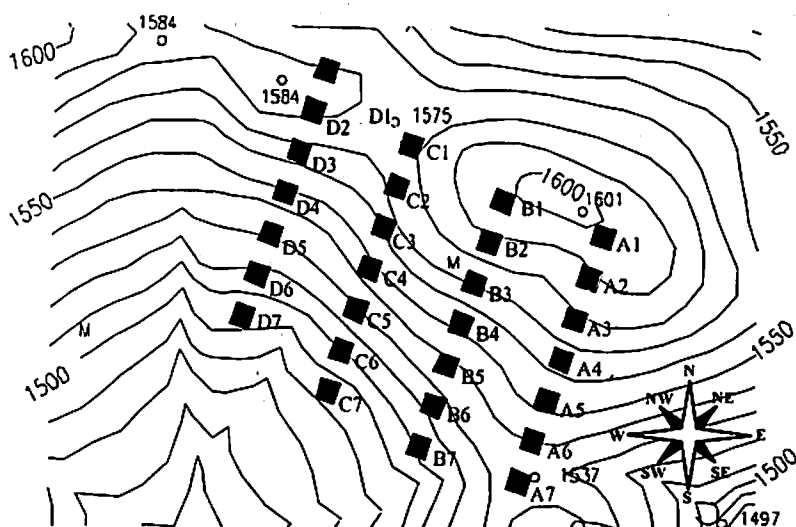


FIGURA 2 Disposição dos transectos e respectivas parcelas; as linhas contínuas representam as curvas de níveis.

De posse dos dados sobre todas as estacas que constituem os vértices das parcelas, três variáveis topográficas foram definidas: cota média, desnível máximo e declividade média. A cota média foi considerada como a média simples dos valores das altitudes de cada vértice das parcelas. O desnível máximo correspondeu à maior distância vertical entre os vértices das parcelas (Oliveira-Filho et al. 1994a). A declividade média foi calculada através da média simples das declividades das duas diagonais, cruzando a parcela quadrada conforme procedimento adotado por Berg (2001). Com todos esses dados, foi preparado um mapa planialtimétrico do fragmento, com curvas de nível eqüidistantes 10m, sendo este convertido em uma representação tridimensional da área (Figura 3), com emprego do *Software* SURFER versão 5.0 da *Golden Software*.

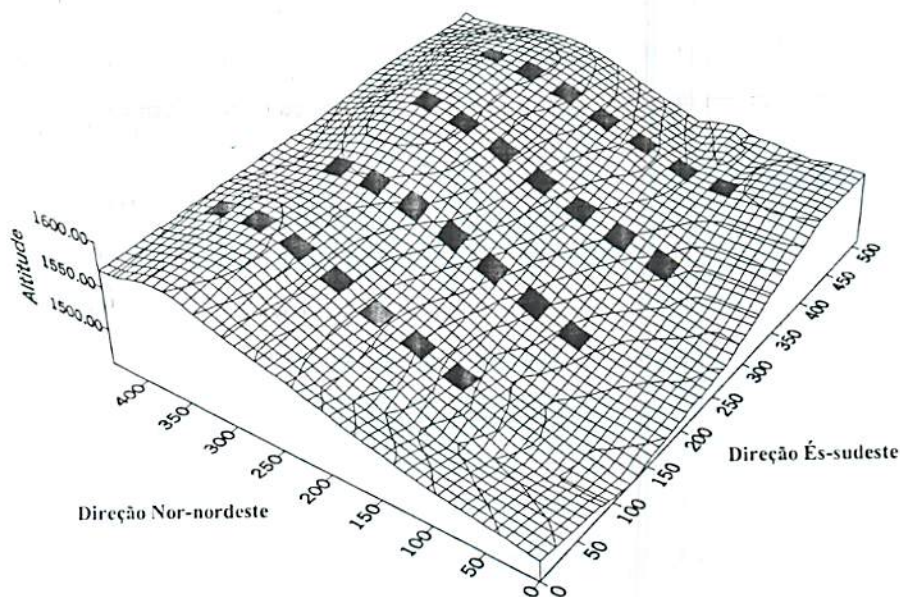


FIGURA 3 Grade de superfície do fragmento florestal da Mata da Colina, Poços de Caldas, MG, mostrando a topografia e distribuição dos 4 transectos, contendo 28 parcelas de 400m² com espaçamento entre linhas da grade de 10 m.

3.3 Levantamento e classificação do solo

O solo de cada parcela foi classificado pelo professor João José Granate de Sá e Mello Marques, do Departamento de Solos da UFLA, segundo o sistema da EMBRAPA (2000) até o nível de subgrupo (4^o nível categórico), incluindo também os agrupamentos texturais. As propriedades físicas e químicas e teores de matéria orgânica dos solos foram obtidos da análise de amostras compostas de 0,5 L coletadas em outubro de 2002. As amostras foram obtidas no centro geométrico e à meia distância dos vértices de cada parcela, nas profundidades de 0 até 20 cm depois de isolada a serapilheira. O procedimento adotado seguiu

a seguinte sequência: No centro geométrico de cada parcela, a serapilheira foi removida até a visualização da camada superior do solo. Em seguida, com o emprego de um trado, o solo perfurado até à profundidade de 20 cm foi coletado e reservado em um balde de plástico de 10 litros. Na sequência, a perfuração prosseguiu até que se atingisse o horizonte "C", quando então se interrompeu o processo de trado e se registrou a profundidade do solo. Mais quatro perfurações de apenas 20cm de profundidade foram realizadas à meia distância entre o centro geométrico das parcelas e os seus quatro vértices. O material resultante das quatro perfurações complementares foi juntado no balde à subamostra do centro da parcela. As cinco subamostras juntadas no balde foram homogeneizadas de onde se extraiu uma porção de aproximadamente 0,5 litro de solo, que foi embalada em saco plástico e etiquetada segundo sua origem. As 28 amostras compostas, uma para cada parcela, obtidas através dessa metodologia foram encaminhadas aos Laboratórios de Fertilidade e de Física de Solos da UFLA. O pH foi mensurado por meio de potenciômetro em uma suspensão de solo em água, 1:2,5. O cálcio, magnésio e alumínio trocáveis foram extraídos com uma solução de KCl 1 N; o alumínio foi titulado por meio de uma solução de NaOH 1 N, ao passo que o cálcio mais o magnésio, em separado, foram titulados com EDTA 0,025 N. Calcularam-se os índices: H+Al, t (CTC efetiva), T (CTC a pH 7,0), m (saturação de Al na CTC efetiva), S (soma de bases trocáveis) e V (saturação de bases da CTC a pH 7,0). O fósforo e o potássio foram extraídos pela solução de Melish (H_2SO_4 0,025 N + HCl 0,05 N) e medidos por meio de fotômetro. O carbono orgânico foi determinado pelo método de Tiurin e a percentagem de matéria orgânica foi obtida através da constante de Bremelen (1,724). A textura foi obtida pelo método densímetro de Bouyoucos, sendo que a fração areia foi separada em areia fina e areia grossa. As características químicas e físicas dos três horizontes do Cambissolo Húmico Distrófico Léptico da Mata da Colina foram analisadas através do ataque

sulfúrico para os seguintes parâmetros: P_2O_5 ($g\ kg^{-1}$) TiO_2 ($g\ kg^{-1}$) Fe_2O_3 ($g\ kg^{-1}$) Al_2O_3 ($g\ kg^{-1}$) SiO_2 ($g\ kg^{-1}$) No horizonte A, não foram efetuadas algumas análises Os procedimentos de laboratório seguiram o protocolo sugerido pela EMBRAPA (1997).

As profundidades de solo escolhidas para análise de fertilidade e granulometria, limitaram-se aos 20 cm superficiais, seguindo a tendência da maioria dos trabalhos atuais e devido ao fato de a maior parte das raízes e variações significativas em nutrientes e umidade estarem concentradas na camada de até 30 cm de profundidade conforme preceitua Berg (2001).

3.4 Levantamento florístico e estrutural da comunidade arbórea

3.4.1 Levantamento florístico

O levantamento florístico das espécies arbóreas foi feito a partir do material identificado no local, pelos testemunhos coletados no interior das parcelas utilizadas no levantamento estrutural, acrescidos de coletas realizadas em caminhamentos pelo interior do fragmento. O material botânico coletado foi herborizado e depositado no herbário da Universidade Federal de Lavras (Herbário ESAL). As identificações foram feitas com auxílio de espécimes depositados neste herbário, através de pareceres de especialistas e através da consulta de literatura especializada. As espécies foram classificadas nas famílias reconhecidas pelo sistema APG (1998).

3.4.2 Levantamento estrutural e diversidade

O levantamento estrutural da comunidade arbórea foi realizado em uma área amostral total de 1,12 há, dividida em 28 parcelas de 400 m², distribuídas

ao longo de quatro transectos conforme desenho amostral já detalhado. As coletas e medições foram realizadas entre junho e outubro de 2002. Para cada indivíduo na área delimitada pelas parcelas, foi medido a CAP (circunferência à altura do peito ou a 1,30 m) com uma fita métrica e estimada a altura total mediante à comparação do espécime com uma referência de medida conhecida. Todos os indivíduos que apresentaram CAP igual ou superior a 15,67 cm ($DAP \geq 5\text{cm}$) foram identificados no local por especialista e marcados com placas de alumínio sequencialmente numeradas. Para os espécimes cuja identificação não foi prontamente possível, foram coletadas amostras de material botânico para posterior identificação. Indivíduos com caules múltiplos foram medidos, quando a raiz da soma dos quadrados das CAPs era superior a 15,67cm. Não foram incluídos indivíduos mortos e lianas. Nos limites das parcelas, somente as árvores com mais de meio diâmetro de tronco dentro das parcelas foram incluídas nas amostragens, conforme sugerem Scolforo & Mello (1997).

A estrutura da comunidade arbórea foi descrita, partindo-se do cálculo para cada espécie, dos parâmetros quantitativos propostos por Mueller-Dombois & Ellenberg (1974): densidade absoluta, frequência absoluta, dominância absoluta expressa pela área basal, densidade relativa, frequência relativa, dominância relativa e valor de importância. A título de se verificar possíveis diferenças na estrutura da comunidade arbórea, em relação à base o meio e o topo do morro, as parcelas foram agrupadas duas a duas, segundo esses níveis arbitrários do terreno. Assim, as parcelas A1, A2, B1, B2, C1, C2, D1 e D2 foram denominadas parcelas do topo. As parcelas A6, A7, B6, B7, C6, C7, D6 e D7, foram denominadas parcelas da base. No intuito de se manter uma proporcionalidade de áreas, para comparação duas a duas, algumas das parcelas do meio do terreno tiveram que ser eliminadas. Dessa forma, as parcelas A3, A4, A5, B3, B4, B5, C3, C4, C5, D3, D4 e D5 foram submetidas a um sorteio em que uma parcela correspondente a cada um dos quatro transectos foi eliminada.

Como resultado, as parcelas A3, A4, B3, B5, C3, C5, D3 e D5 passaram, após o sorteio, a compor as parcelas do meio do morro. Foram preparadas distribuições de densidade de árvores por classes de DAP e altura para os três setores do terreno, ou seja: base, meio e topo. Foram empregados intervalos de classe com amplitudes crescentes para compensar o forte decréscimo da densidade nas classes de tamanhos maiores. Estes intervalos permitem uma melhor representação das classes de diâmetro e altura maiores e de baixa densidade, o que é desejável em comparações gráficas (Oliveira-Filho et al., 2001). Com o objetivo de checar se havia diferença significativa entre o número de indivíduos por classe de DAP, por setor do terreno (base, meio, topo) foi aplicado o teste χ^2 (qui-quadrado). Para se atingir esse objetivo, compararam-se as frequências de árvores, em cada classe de diâmetro entre as amostras da base x meio entre o meio x topo e entre a base x o topo. Foi calculado o índice de diversidade de Shannon (H') e a equabilidade de Pielou (J') (Brower & Zar, 1984) inicialmente, para todas as amostras levantadas em conjunto. Em fase posterior, o índice de Shannon e a equabilidade de Pielou (J') foram calculados separadamente para as amostras que passaram a compor as parcelas da base, do meio e do topo. Complementando o trabalho, foi aplicado o teste "t" para verificação de diferenças entre os índices de diversidade dos diferentes setores (base, meio, topo) (Hutcheson, 1970; Zar, 1984). Com o objetivo de verificar a eficácia da abrangência da amostra realizada, foram construídas curvas espécie-área de traçado médio da amostra total de 105 espécies, para as 28 parcelas empregando-se o *Software* PC-ORD for Windows, versão 3.12 (McCune & Meford, 1997). Também foram extraídos para a amostra total, os estimadores jackknife (de primeira e segunda ordem) (Heltsche e Forrester, 1983). Posteriormente, o procedimento foi repetido para as subamostras constituídas pelas parcelas da base, meio e topo.

Neste estudo, o procedimento foi aplicado apenas como um elemento complementar de análise dos dados, tendo em vista as limitações de sua aplicação, quando do estudo de comunidades heterogêneas em composição de espécies e de ampla distribuição através de gradientes ambientais diversificados.

3.4.3 Caracterização da comunidade vegetal dos estratos inferiores

Estudos realizados por Oliveira-Filho, Vilela e Carvalho (1994b) sobre o inter-relacionamento do regime de flutuação do nível dos rios, topografia, propriedades do solo, da distribuição da comunidade arbórea e de espécies de bambu, em florestas semidecíduas no sudeste do Brasil, sugerem que as agregações de espécies de bambu nos estratos inferiores podem influenciar alguns parâmetros das populações das espécies arbóreas. A forração do piso da floresta por populações de bambu interfere, provavelmente, no recrutamento das espécies dos estratos superiores.

Na área em estudo, esta tendência parece se confirmar, tendo em vista a dominância de taquara nos estratos inferiores em algumas das parcelas. Outros aglomerados de espécies de outros grupos como Pteridophyta e mesmo de espécimes arbustivos de espécies variadas se distribuem sistematicamente por todo o terreno, compondo o estrato inferior. Na tentativa de se compreender a distribuição e o grau de influência dessa vegetação sobre a estrutura da comunidade arbórea, este trabalho buscou detalhar, também, o padrão de distribuição desses grupos pela área de estudos. Assim, os elementos dos estratos inferiores foram classificados nos seguintes grupos vegetacionais, independentemente das espécies que os compõem: taquara, *Pteridium aquilinum*, briófitas, arbustos, herbáceas graminosas. Em seguida, foi estimado o grau de cobertura correspondente a cada um desses elementos em todas as parcelas do estudo. A cobertura é definida como a área do piso de uma parcela

que é ocupada pelas projeções das partes aéreas de cada espécie, quando vistas de cima. A cobertura é usualmente estimada visualmente como uma percentagem, porém a estratificação e múltiplas camadas de vegetação poderão, muitas vezes, resultar num valor total de cobertura bem acima de 100%. Várias escalas de classificação são disponibilizadas. Alguns trabalhos empregam valores na faixa de 0 – 100%, com 5 ou 10% de intervalo, dando intervalos de classes uniformes. Outros usam a escala de Domin e a de Braun-Blanquet, onde a faixa de 0 – 100% é fracionada em 5 ou 10 classes, com menor graduação próxima da base da escala. Visto que a estimação é feita visualmente, ou seja, subjetivamente, ela é certamente sujeita à uma margem de erro. No entanto o método é rápido de se empregar e essencial, quando ao se descrever espécies gramíneas os indivíduos de uma espécie não podem ser identificados (Kent & Coker, 1992).

No presente estudo, a somatória das coberturas por parcela limitou-se a 100%, excetuando-se a forração do piso das parcelas por briófitas que foi computada separadamente. Assim, a cobertura proporcionada pelos grupos das gramíneas, arbustos, taquaras e *Pteridium aquilinum*, quando somadas, não ultrapassou os 100%. Seguindo esta metodologia, todas as parcelas foram avaliadas e o grau de cobertura proporcionado por cada grupo foi anotado. Em seguida, foi aplicada a escala de cobertura de Braun-Blanquet, conforme Kent & Coker (1992):

Para efeito deste estudo, foram considerados arbustos aqueles espécimes não gramíneos de pequeno porte, lenhosos, que ocupavam o sub-bosque ou entremeavam os exemplares arbóreos esparsos ao longo do terreno. Consideraram-se como herbáceas, quaisquer espécies gramíneas ou semelhantes ao bambu, porém, de porte menos avantajado. A identificação de espécies de gramíneas (Poaceae) é complexa, dada à possibilidade de ocorrências mistas em um mesmo sítio e por existir a possibilidade de

ocorrências de espécies polimórficas. Nesse sentido, o grupo vegetacional aqui denominado “herbáceas”, evidentemente poderá estar englobando espécies idênticas às que foram enquadradas como “bambu”, porém, com portes diferenciados. Essa deficiência taxonômica, no entanto, é irrelevante, pois o que se está buscando nesta fase do estudo, são estimativas subjetivas sobre as porções do terreno ocupadas por elementos vegetacionais de fisionomias diferentes e, conseqüentemente, quais as possíveis implicações dessa interação sobre a comunidade arbórea.

Valor na escala	% de cobertura de cada elemento dos grupos
1	1 - 5%
2	6 - 25%
3	26 - 50%
4	51 - 75%
5	76 - 100%

Os dados obtidos sobre a distribuição desses grupos vegetacionais, posteriormente, foram tratados estatisticamente baseando-se nos quadrados mínimos balanceados, empregando-se o *Software* Statistica 6.0 da Statsoft, cujos resultados foram expressos através de gráficos de tendência superficial, bem como entraram em cálculos das análises multivariadas, empregando-se a análise de correspondência canônica CCA. Nesse sentido, os elementos briófitas, *Pteridium*, bambu (taquara), arbustos e herbáceas passaram a figurarem como variáveis semi-quantitativas nas análises CCA.

3.5 Análise dos dados

Inicialmente, todos os dados relativos às tendências de distribuição das variáveis ambientais foram tratados estatisticamente através do método dos quadrados mínimos balanceados, empregando-se o *Software* Statistica 6.0 da Statsoft, cujos resultados foram expressos através de gráficos de tendências de superfície. Os elementos analisados foram: variação da declividade média e desnível máximo, profundidade do solo, nutrientes, classes texturais. Posteriormente, os dados sobre tendências de distribuição da vegetação foram tratados com os mesmos recursos gráficos e estatísticos e confrontados com os dados analisados sobre o ambiente. O emprego desse método se justifica dada a grande facilidade de visualização das informações em termos espaciais, já que resume as tendências analisadas através de isolinhas (linhas que unem pontos com igual valor), que se distribuem através dos gráficos, mantendo-se plotados os locais das coletas de dados.

Concomitantemente, para se analisarem os gradientes da distribuição da comunidade arbórea e das variáveis ambientais nas 28 parcelas, foram empregadas técnicas de análise multivariada por ordenação. As técnicas por ordenação empregadas foram as análises de componentes principais PCA (Orlóci, 1966) para 13 variáveis químicas e texturais do solo, uma análise de correspondência canônica CCA (ter Braak, 1987) das correlações entre 38 espécies das 28 parcelas, com as variáveis ambientais declividade, cota, pH, Mg, SB e elementos da vegetação (*Pteridium*, briófitas, taquara, herbáceas, arbustos)

Tais análises foram processadas pelo Software PC-ORD for Windows versão 3.12 (McCune & Mefford, 1997).

A CCA promove uma ordenação forçada dos gradientes das espécies e variáveis ambientais, pressupondo respostas unimodais baseadas na média ponderada das variáveis (Kent & Coker, 1992). Esta análise multivariada é

atualmente a mais indicada, quando o objetivo é obter uma relação mais estreita das variáveis ambientais com a distribuição das abundâncias das espécies (Kent & Coker, 1992). O método permite ainda uma ordenação das variáveis ambientais, parcelas e espécies em um mesmo diagrama, mostrando, simultaneamente, quais fatores ambientais são provavelmente responsáveis pela máxima variação entre as características da vegetação. A matriz de espécies contou com 38 elementos das 28 parcelas. As espécies que entraram na composição da matriz foram aquelas que apresentaram, no mínimo, 7 espécimes coletados nas amostragens. Tal procedimento foi adotado no sentido de reduzir o “ruído” causado nas análises, quando se utilizam muitos elementos nos cálculos. O ponto de corte se deu com pelo menos 7 espécimes por espécie, tendo em vista que abaixo desse valor muitas espécies apresentavam poucos indivíduos amostrados. Quanto à matriz ambiental, foram utilizadas numa CCA preliminar, todas as variáveis topográficas e edáficas. A seguir, foram eliminadas as variáveis que produziram correlações baixas com os eixos de ordenação ($< 0,45$), ficando nas CCAs finais apenas as variáveis pH, Mg, SB, cota, declividade, taquara, *Pteridium* e briófitas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análises sobre as variáveis edáficas

Segundo parecer do professor João José Granate de Sá e Mello Marques, do departamento de solos da UFLA, devido ao relevo extremamente íngreme, os solos encontrados na área de estudo apresentam-se bastante rasos e pedregosos, sendo o solo dominante classificado (Embrapa, 2000) como Neossolo Litólico Húmico típico (RLh), com ~ 0,3 m de profundidade em geral. Em bolsões localizados, onde o relevo permite uma espessura do solo ligeiramente maior (~0,7 m), encontra-se Cambissolo Húmico Distrófico Léptico (CHd). A Tabela 1 mostra as principais características químicas e físicas do CHd. O RLh dessa área possui grande semelhança com o CHd, sendo a distinção básica entre os dois a ausência do horizonte Bi no RLh. Ambos, RLh e CHd, têm textura argilosa e o tipo de horizonte superficial mais comum é o A húmico, embora encontrem-se, também, pequenas manchas de solos com horizonte hístico ($>150 \text{ g kg}^{-1}$ de matéria orgânica). Em nenhum dos pontos amostrados foi encontrado $<45 \text{ g kg}^{-1}$ de matéria orgânica no horizonte superficial e em um ponto o teor de matéria orgânica chegou a 250 g kg^{-1} . Esse maior teor de matéria orgânica é devido ao clima, chuvoso durante a maior parte do ano, já que a fertilidade do solo é baixíssima (Anexo A). A rocha subjacente é um sienito nefelínico, pertencente à Suíte Alcalina de Poços de Caldas do Cretáceo Superior, ~80 milhões de anos. Essa rocha foi tão intensamente alterada que sobre ela encontra-se uma camada de bauxita com espessura $>0,3 \text{ m}$ na maior parte da área. Essa camada de bauxita foi considerada como sendo o material de origem do solo atual, o que explica sua baixa fertilidade e alto teor de Al trocável. Na porção central do declive, contudo, onde o processo erosivo é, provavelmente, mais intenso, a camada de bauxita tem sua espessura diminuída para ~0,05 m e, com isso, o sienito

subjacente aflora em alguns pontos, o que pode influenciar a vegetação local. Apesar dos solos dominantes serem Neossolos e Cambissolos, considerados solos “jovens”, o intenso processo de lixiviação e intemperismo fica aparente no alto teor de Al e baixo teor de Si, extraídos pelo ataque sulfúrico (Anexo A). Além da já mencionada baixa reserva nutricional, outra limitação deste solo ao crescimento vegetal é a pequena capacidade armazenamento de água. Embora sua textura argilosa permita uma boa retenção de água por unidade de peso de solo, o declive acentuado e a pequena espessura do solo fazem com que a quantidade de água passível de ser retida seja baixa. É provável que períodos de estiagem, se eventualmente ocorrerem, tenham efeitos severos sobre as comunidades vegetais.

O gráfico da PCA, enfocando aspectos relacionados às variáveis ambientais físico-químicas e texturais do solo (Figura 4), permite a visualização do comportamento das variáveis, indicando as seguintes tendências: os vetores representando variáveis ambientais soma de bases, Ca, Mg, saturação por bases, fósforo, CTC efetiva, CTC potencial, mostraram-se altamente correlacionados com o primeiro eixo de ordenação. Desses, a soma de base apresenta-se como a variável mais correlacionada com o primeiro eixo. Como a soma de bases representa a soma dos íons cálcio, magnésio e potássio trocáveis, era de se esperar que os vetores que representam esses íons estivessem altamente correlacionados com o vetor da soma de bases, como de fato ocorreu. O vetor representado pelo fósforo também se apresenta altamente correlacionado ao primeiro eixo e com a soma de bases. Embora o fósforo não faça parte dos íons que definem a soma de bases, sua ocorrência nos sítios próximos aos que registram maiores concentrações de cálcio, magnésio e potássio, deve-se, provavelmente, aos mesmos processos de carreamento de materiais, frente às tendências catenárias da área estudada.

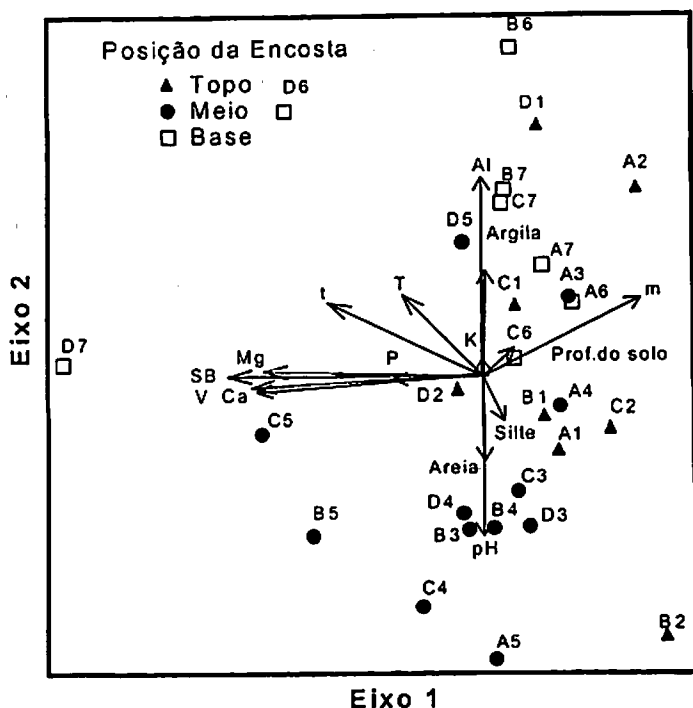


FIGURA 4 Diagrama de ordenação produzido pela análise de componentes principais (PCA) com 13 variáveis químicas e texturais de 28 amostras de solo, coletadas na Mata da Colina em Poços de Caldas, MG. As amostras são identificadas pelo nome das parcelas e as três classes texturais de solo são indicadas por símbolos diferentes.

O fósforo apresenta uma forte tendência de reagir com alguns componentes do solo, formando compostos de baixa solubilidade. Em solos ácidos, a precipitação do fósforo ocorre com íons alumínio ou ferro presentes na solução. O mecanismo envolvido na remoção do fósforo da solução é a reação de adsorção na superfície de argilas, óxidos hidratados de ferro e alumínio ou de

carbonato de cálcio. O fósforo orgânico pode representar de 20 a 70% do fósforo total da camada arável do solo. Logicamente, a sua contribuição será tanto maior quanto maior for o teor de matéria orgânica no solo (Vale *et al.*, 1997). Pelo exposto, quantidades consideráveis de fósforo devem ser arrastadas com os sedimentos, argilas e matéria orgânica, indo se acumular no fundo do vale, junto aos demais íons transportados (Figura 20), fenômeno este, que acabou por se refletir no gráfico da PCA, através da aparente alta correlação entre o fósforo e soma de bases. A variável “m” (índice de saturação por alumínio) está vetorada em direções, praticamente, opostas (170°) em relação ao “V” (índice de saturação de bases) e Mg, Ca e P. Em relação à t (CTC efetiva) 160° e T (CTC potencial) 150° . Essa disposição do vetor do índice de saturação por alumínio, em relação aos demais vetores e ao primeiro eixo, retrata a acentuada correlação negativa entre a saturação por alumínio e as demais bases. Tal configuração, também, era de se esperar, tendo em vista que a saturação por alumínio reflete a parcela da CTC efetiva, que é ocupada por alumínio trocável. Devido a essas propriedades, as tendências de ocorrências de áreas com maiores saturações por alumínio se contrapõem àquelas com maiores concentrações de bases.

O maior teor de areia no solo está altamente correlacionado com o eixo 2 e, praticamente, sem nenhuma correlação à soma de bases. Essa baixa correlação entre a areia e soma de bases também deve ser esperada, tendo em vista a baixa capacidade de retenção de bases pelo material arenoso. Os valores mais altos de pH apresentam-se altamente correlacionados aos maiores teores de areia, pois o ângulo entre seus vetores é 0° . O vetor para o silte está formando um ângulo de 2° , em relação aos vetores areia e pH, indicando um alto grau de correlação entre essas variáveis. Os dados sobre a distribuição dos valores de pH (Figura 10) indicam que os valores mais altos apresentam tendências de distribuição semelhantes aos sítios onde foram encontrados os menores teores de argila, bem como os maiores teores de areia e silte. Segundo Ricklefs (1993), as

qualidades do solo dependem da rocha-mãe subjacente e do clima. Sob condições moderadas e temperadas de temperatura e precipitação, grãos de areia e partículas de argila resistem ao intemperismo e formam componentes estáveis da estrutura do solo. Em solos ácidos, contudo, as partículas de argila quebram-se no horizonte "A" do perfil do solo e seus íons solúveis são transportados para baixo e depositados nos horizontes inferiores. Segundo essa explicação, deduz-se que nos sítios onde concentram-se os maiores teores de areia (terrenos mais rochosos e íngremes) os solos sejam mais jovens devido à intensa remoção das camadas superiores. Desse fato resulta a presença de rochas menos intemperizadas aflorantes, as quais perderam uma parcela menor de suas bases através da lixiviação. Nesse contexto, nos locais onde predominam areia e silte haverá uma menor probabilidade concentração de íons Al^{+++} e H^+ , os quais estão diretamente ligados à acidez do solo.

O alumínio e argila estão em total correlação positiva, apresentando 0° entre seus vetores. Argila e alumínio formam uma dupla de vetores em completa oposição à areia e pH, pois estão essas duplas posicionadas 180° , uma em relação a outra. A maior concentração de partículas de areia se encontra próxima à rocha matriz, nas cotas correspondentes ao terço superior do morro. O silte que é um material de granulometria intermediária entre areia e argila se mantém próximo das fontes de areia. Os terrenos muito argilosos concentram-se na base e topo do morro, onde o mineral subjacente é predominantemente bauxítico e onde os depósitos de sedimentos terrígenos são mais espessos.

O gráfico da PCA permite a visualização da distribuição das parcelas, conforme suas similaridades, em termos de correlação com as variáveis ambientais analisadas. As parcelas mais diretamente correlacionadas com a soma de bases e os íons cálcio, magnésio, bem como ao fósforo, são as seguintes: D7, C5, B5, C4, D4, B3, D2, D5. Essas parcelas, com exceção da D2, estão localizadas entre o meio e o fundo do vale, na desembocadura da gota

localizada entre os transectos C e D, local este privilegiado pelo acúmulo de sedimentos devido às tendências topográficas. A parcela D2 encontra-se numa pequena depressão na cumeeira, onde o acúmulo de sedimentos também se torna efetivo. As parcelas mais correlacionadas ao alumínio e argilas foram as seguintes: B6, D1, B7, C7, A2, A7, C1, A3, A6, C6. Estas parcelas predominam ou no topo ou na base, onde existem condições para o acúmulo de material argiloso devido ao efeito menos efetivo de retirada de materiais terrígenos. As parcelas mais diretamente correlacionadas ao pH, silte e areia foram as seguintes: A5, B2, C4, B3, B4, D3, D4, B5, C3, A1, C2, C5, B1, A4, D2. Essas parcelas são predominantemente localizadas no setor do meio do morro onde existe uma faixa de rochas nefelínicas aflorantes apenas parcialmente intemperizadas. As parcelas A1 e B1, embora estejam no topo do morro, apresentam uma parcela significativa de rochas nefelínicas aflorantes em meio ao solo mais espesso constituído de sedimentos argilosos. Essa configuração expressa através da PCA mostra uma tendência de separação geomorfológica e pedogenética, entre os três setores do Morro da Colina, onde as parcelas da base, meio e topo formam agrupamentos significativamente distintos, conforme as unidades catenárias estabelecidas em cada setor.

Esses resultados foram também analisados através dos gráficos de tendências de superfície. Em todos os aspectos, os resultados são convergentes. Tais congruências entre os dois métodos de análise estatística indicam que as hipóteses levantadas sobre os mecanismos pedogenéticos atuantes na área podem ser consistentes.

Segundo Oliveira-Filho *et al.* (1994a, 1997 a, 1998), variações catenárias das propriedades dos solos, nas florestas tropicais, têm sido comumente atribuídas à topografia, devido às variações na declividade e diferentes níveis topográficos nas encostas. Estas variações podem determinar em grande

extensão, diferentes regimes de água no solo e estes, em contrapartida, ordinariamente afetam a textura e status nutricional.

Corroborando os apontamento desses autores, os elementos detectados na área de estudos indicam tendências no mesmo sentido, pois foram detectados padrões de distribuição dos elementos texturais do solo que, à primeira vista, estão correlacionados com a topografia.

A figura 5 retrata essa tendência, pois as parcelas que se mostram no gráfico, apresentando maior percentagem de areia em seu espectro textural, são aquelas que detêm significativos afloramentos de rochas nefelínicas.

Ao se analisar graficamente o resultado da distribuição dos teores de silte das amostras coletadas, (Figura 6) parece haver uma tendência de maiores concentrações próximas aos focos de areia. Ao que tudo indica, parece haver um transporte diferencial das partículas em termos de seu peso específico.

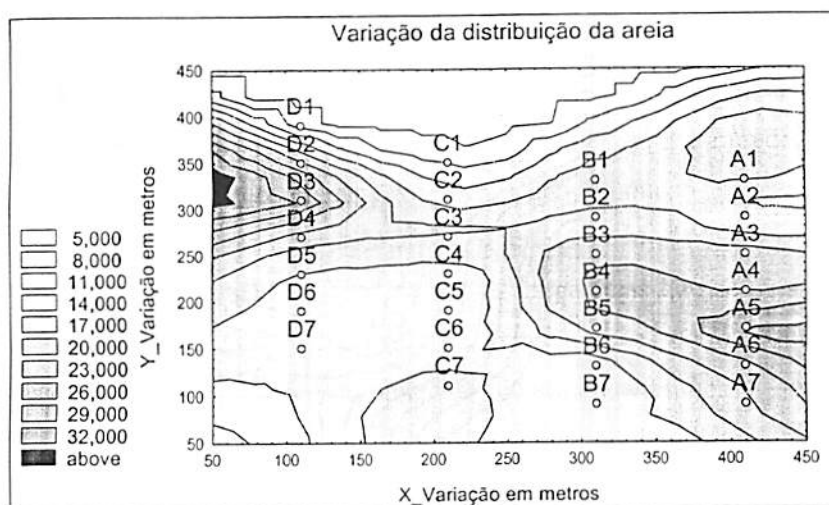


FIGURA 5 Distribuição da areia em dag/Kg de solo analisado

Nesse sentido, as partículas de maior granulometria se concentram próximas às suas prováveis fontes de origem, enquanto que as de menores dimensões são arrastadas, segundo os processos catenários atuantes. No caso do silte, os focos de maior concentração dessas partículas parecem estar deslocados a partir dos focos de areia em direção às bordas da grotta entre os transectos C e D. As parcelas em que os solos foram enquadrados em classes texturais argilosas e muito argilosas através de análises granulométricas, são aquelas que apresentaram, predominantemente, solos mais espessos. Esses solos foram localizados na cumeeira aplainada do morro e em sua base, já nos limites da bacia no fundo do vale. Seguindo o mesmo raciocínio adotado para os gráficos anteriores, acredita-se que as partículas de argila, por serem mais finas, depois de vencidas as forças de coesão que as une, são transportadas a maiores distâncias.

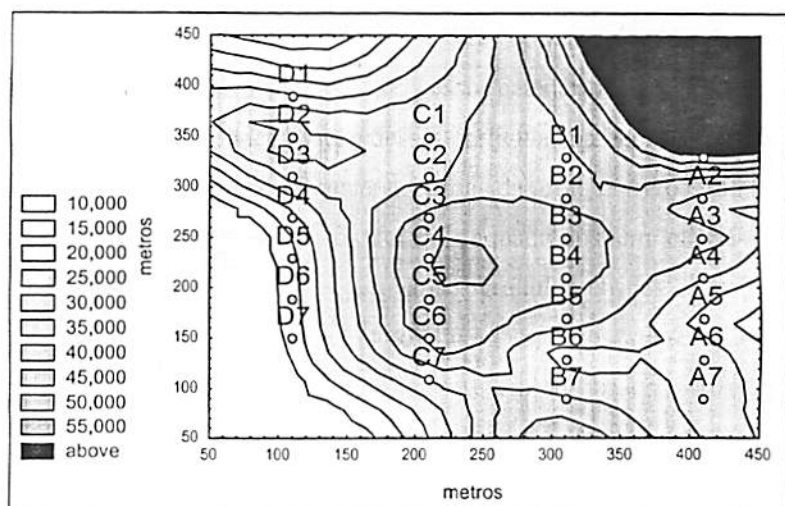


FIGURA 6 Distribuição do silte em dag/Kg de solo analisado

Pela topografia predominante, as partículas de argila são acumuladas nas bacias e grotas ou permanecem nos topos do morro que apresentam uma pedoforma convexo-côncava (formato semelhante a uma meia laranja) (Figura 7). Segundo Resende (1985), a pedoforma convexo-côncava é uma configuração que, aparentemente, gera um certo equilíbrio nos processos erosivos. As partículas do solo não são igualmente deslocadas pelas águas no processo de erosão. As partículas maiores resistem à remoção, tendendo a se acumular na superfície, onde passam a reduzir a erosão por produzir o efeito de impacto das gotas de chuva. As frações argila e, até certo ponto o silte, tendem a estar na forma de torrões (agregados), dificultando o deslocamento. Entretanto, destruídos estes agregados pelo impacto direto das gotas de chuva, por exemplo, há uma grande facilidade de deslocamento. A areia grossa pode sofrer alguma movimentação a curta distância, mas deposita-se com muita facilidade. Os materiais mais ricos em silte e areia fina são particularmente erodíveis. Os solos mais arenosos, desde que não tenham muita areia fina, são os materiais menos erodíveis (Resende, 1985).

A análise do gráfico da variação da matéria orgânica das amostras do solo, mais uma vez, identifica a tendência de concentração de materiais no sentido do caimento do terreno (figura 8). O gráfico delineia um gradiente que tende a aumentar obliquamente, em direção ao fundo do vale, seguindo basicamente as mesmas tendências dos elementos texturais até então analisados. Outro aspecto a se destacar é a tendência expressa no gráfico no sentido de haver distribuição diferenciada de matéria orgânica por entre os transectos "C" e "D" no local onde existe uma grotá. Constatou-se que existem adensamentos na vegetação, partindo da bacia no fundo do vale e seguindo em direção ao topo através dessa grotá estabelecida entre os transectos "C" e "D" (Figura 21).

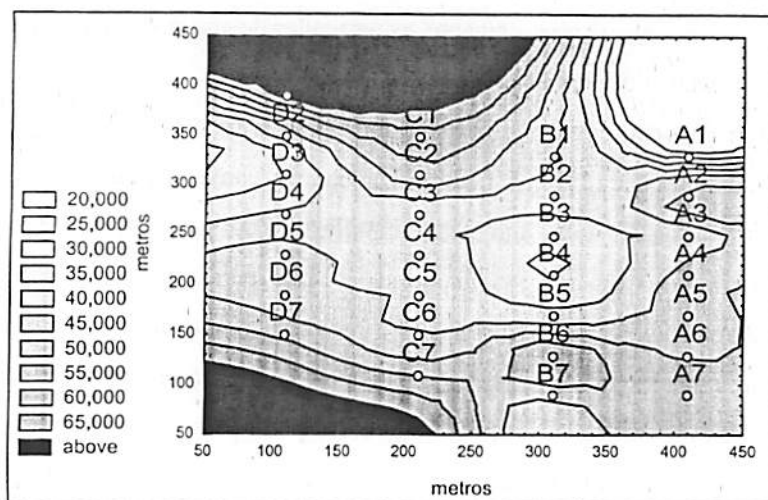


FIGURA 7 Distribuição da argila em dag/Kg de solo analisado

Talvez o acúmulo de material orgânico nesse padrão seja, em primeira instância, devido ao arraste de restos da vegetação, através do carreamento pela água pluvial e, posteriormente, pela própria dinâmica de ciclagem de matéria orgânica retroalimentada pela vegetação mais densamente ali estabelecida.

Na Mata da Colina, os sedimentos terrígenos e orgânicos se acumularam, preferencialmente, na base do morro e nas grotas. Outro fator a ser relevado quanto à dinâmica físico-química da área em estudo, é sua acentuada acidez expressa nas análises químicas do solo através de valores baixos em termos de pH.

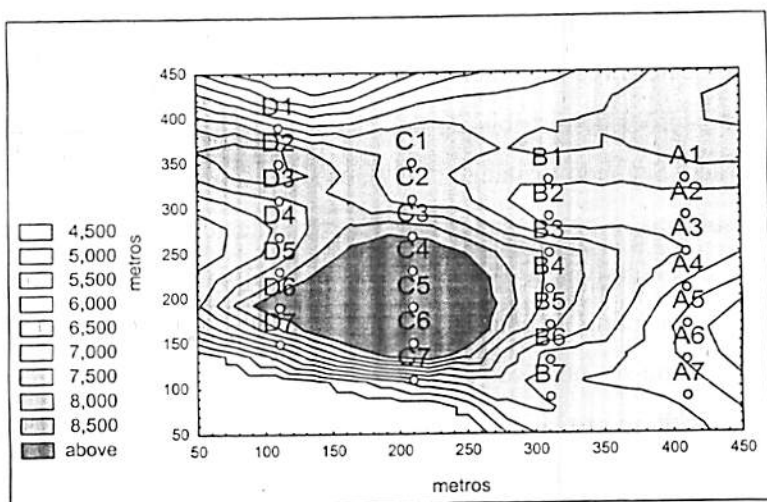


FIGURA 8 Distribuição da matéria orgânica em dag/Kg de solo analisado,

Os íons H^+ devem exercer importante papel no compartilhamento dos sítios de ligação das partículas de solo, com outros íons competitivamente mais fracos.

Dessa relação desigual, em termos de estabilidade nas ligações, deve resultar num alijamento dos íons menos estáveis, em termos de ligações, expondo-os aos processos de lixiviação de maneira mais acentuada. As ligações entre as partículas do solo e os íons, tais como o potássio (K^+) e o cálcio (Ca^{++}), são relativamente fracas e, sendo assim, constantemente quebram-se e refazem-se. Quando um íon potássio, por exemplo, se dissocia de uma micela, o seu lugar pode ser tomado por qualquer outro íon positivo por perto. Alguns agarram mais fortemente às micelas do que outros: em ordem decrescente de força de retenção: o hidrogênio, cálcio, magnésio, potássio e sódio. Os íons hidrogênio tendem, assim, a deslocar os íons cálcio e todos os outros cátions do solo (Val *et al.*, 1997).

Todos esses mecanismos de ordem eletroquímica, associados aos mecanismos catenários inerentes à área de estudos, tendem à primeira vista, explicar os padrões de distribuição dos elementos estruturais e nutricionais do solo analisado. Segundo Rostango (1999), os solos são afetados pelo influxo de materiais solúveis, especialmente bases, provenientes das partes mais elevadas da vertente e pela lixiviação e reposição de material, que constitui um forte elo físico entre os membros de uma catena.

Constatou-se que os desníveis máximos se acentuam nas cotas intermediárias do morro, agravando-se em direção à depressão localizada entre os transectos “C” e “D”. Essa grota se alarga e se aplaina, à medida que alcança as cotas mais baixas e em forma de bacia localizada na base do terreno. Ao se analisar a variação da profundidade do solo (Figura 9) verificaram-se tendências que indicam uma acentuada dinâmica de remoção, transporte e sedimentação de materiais altamente influenciados pela configuração do terreno. A redução na profundidade do solo parece estar diretamente relacionada com os desníveis máximos das cotas. Com esses elementos é possível descrever a área de estudos em termos de tendências catenárias. Os solos tendem ser mais profundos no coroamento e no fundo do vale. Progressivamente, tornam-se mais rasos na meia encosta onde a inclinação se acentua em direção às margens íngremes das grotas. Embora esses elementos não tragam novidades sobre as dinâmicas catenárias, elas podem trazer subsídios para se compreender possíveis padrões emergentes. Essas tendências de topografia e solo criam na área, aparentemente, três ambientes distintos: base, meio e topo do morro.

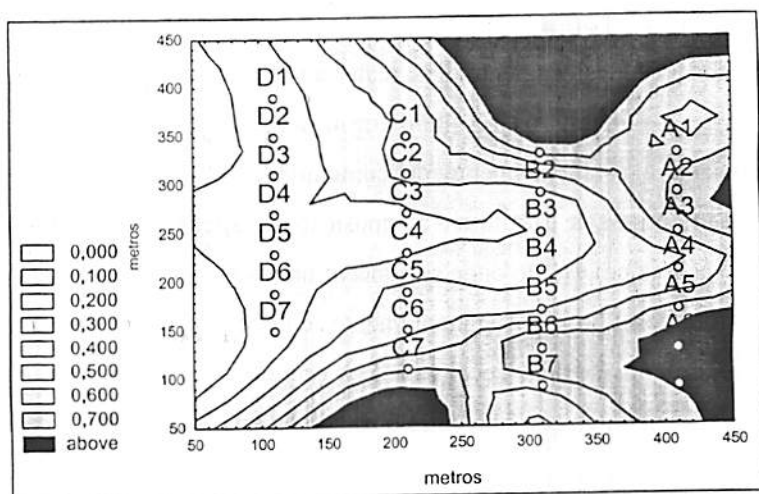


FIGURA 9 Dados da variação da profundidade do solo

A pedoforma côncava, predominantemente encontrada na área de estudo, deve gerar condições de ineficiente remoção de detritos na base das encostas, permitindo um progressivo espessamento do solo e acúmulo de sedimentos. Esses sedimentos são concentrados em nutrientes e matéria orgânica removidos das partes mais altas. Da interação entre os padrões de drenagem superficial e natureza geológico-estrutural do terreno, emergem tendências na distribuição dos componentes estruturais do solo, conforme sua granulometria e peso específico. A erosão tende a ser mais localizada, a espessura do solo tende a ser desigual devido ao intenso processo de erosão e deposição. A instabilidade do terreno tende a ser maior pela ausência de cobertura vegetal densa nas áreas de maior concentração d'água. A convergência das águas superficiais e subsuperficiais parece gerarem padrões especiais de arraste de nutrientes e de partículas do solo. Essas mesmas tendências de drenagem superficiais e subsuperficiais geram distintas padronagens de distribuição da umidade. As

sementes, elementos orgânicos, vivos ou não, devem ser transportados conforme esses padrões de deslocamento dos materiais de superfície (Resende, 1985). Desses processos interativos, resultam intrincadas relações vegetação/ambiente, que propiciam o estabelecimento de comunidades com características muito peculiares em termos de estrutura e composição de espécies.

Na área em estudo onde se concentram os valores mais altos de pH, as rochas aflorantes são predominantemente constituídas por Nefelia-sienito. Embora sejam consideradas rochas básicas originadoras da bauxita, existe um longo processo de intemperismo entre o estado em que atualmente se encontram e a efetiva bauxitização.

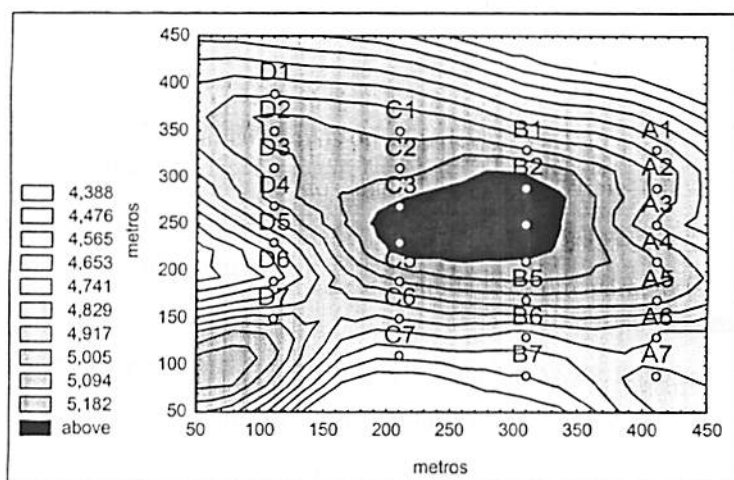


FIGURA 10 Distribuição dos valores de pH do solo

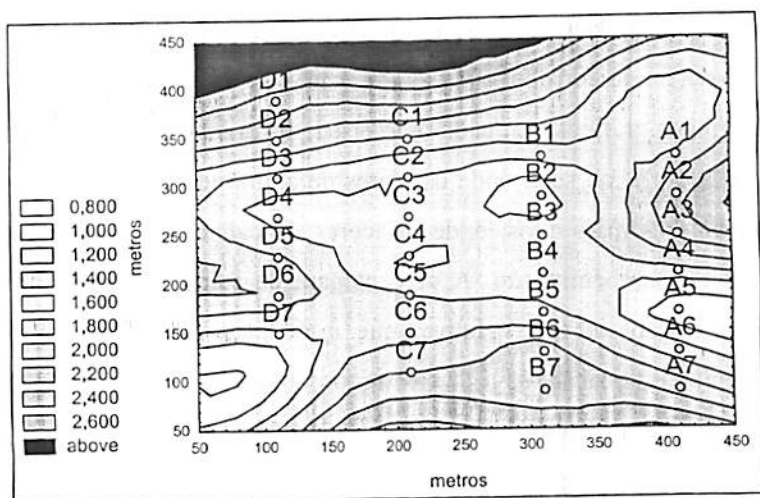


FIGURA 11 Distribuição dos valores de Al^{3+} (cmolc/dm³) do solo

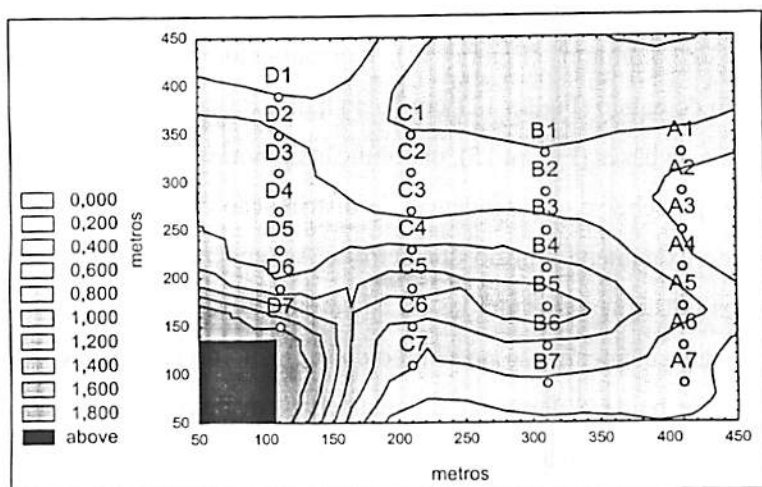


FIGURA 12 Distribuição dos valores de Ca^{2+} (cmolc/dm³) do solo

Outros gráficos que exploram a distribuição do Al^{3+} e Ca^{2+} (Figuras 11 e 12) parecem corroborar estas hipóteses, pois os teores de alumínio estabelecem nos gráficos, um padrão de distribuição inversamente proporcional aos valores de pH, ou seja, onde os teores de alumínio são mais baixos, o pH apresenta valores mais altos; onde os teores de cálcio são mais elevados os valores de pH também o são. A percentagem de saturação de alumínio (m) expressa a fração da CTC efetiva, que é ocupada por alumínio trocável. Considerando a variação da CTC entre os solos, o parâmetro que melhor expressa o potencial fitotóxico do alumínio é justamente o valor “m”. Diversos trabalhos mostram que para uma saturação de alumínio acima de 60% há um grande aumento na atividade de alumínio em solução. Nestas condições, para a grande maioria das espécies vegetais, o crescimento das raízes é praticamente paralisado (Vale *et al.*, 1997).

Ao se analisar o gráfico de distribuição da variação do índice de saturação de alumínio (Figura 13), comparando-o com os gráficos da distribuição do cálcio (Figura 12), com o do índice de saturação de bases (Figura 14), da soma de bases (Figura 15), distribuição do potássio (figura 18), magnésio (Figura 19) percebe-se uma tendência de distribuição da saturação do alumínio num sentido exatamente oposto dos demais. As tendências de distribuição dos valores dos nutrientes encontrados na Mata da Colina, em princípio, apontam para uma maior concentração no sentido do caimento do terreno. Percebe-se um gradiente, que tende a aumentar obliquamente em direção ao fundo do vale, seguindo as mesmas tendências dos elementos texturais, de pH, eletroquímicos (CTC, saturações de bases e alumínio, etc.). Caso isto ocorra, o fato deve ser justificável pelo efeito do arraste de material agregado através do carreamento pela água pluvial ravina abaixo. De forma concomitante, os processos de lixiviação devem exercer alguma influência.

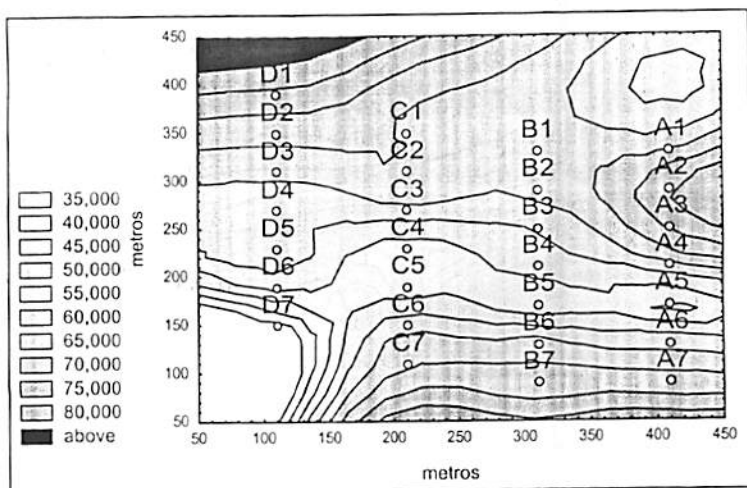


FIGURA 13 Distribuição dos valores de índice de saturação de Alumínio em %

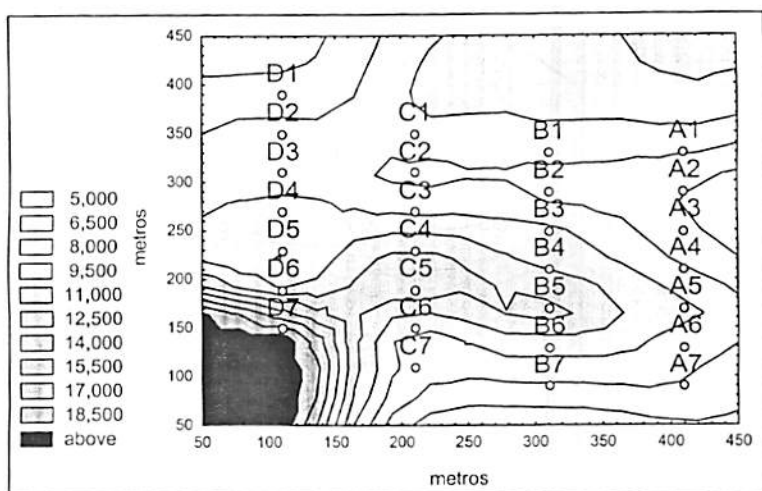


FIGURA 14 Distribuição valores de índice de saturação de bases em %

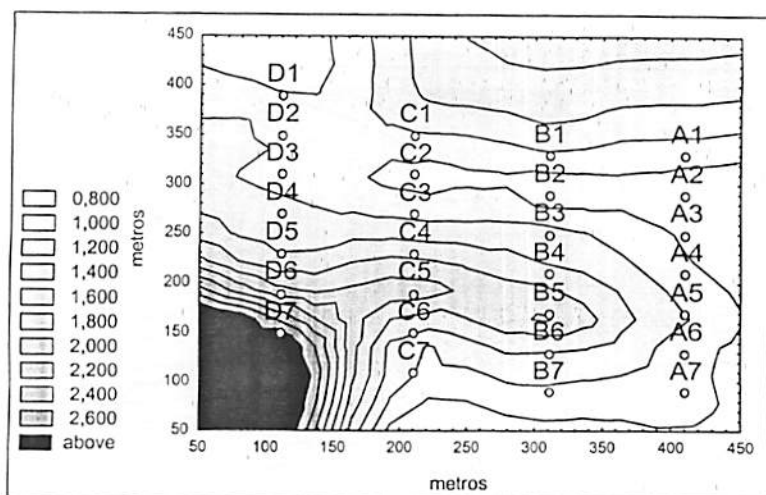


FIGURA 15 Distribuição dos valores de SB (Soma de bases trocáveis) em cmolc/dm^3

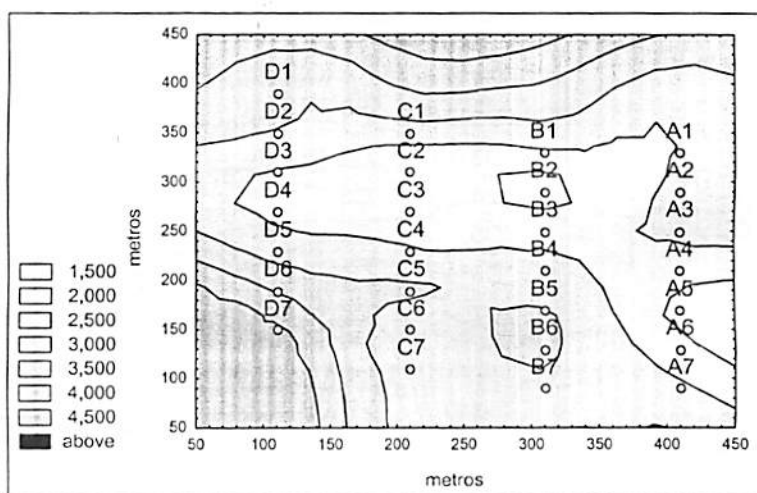


FIGURA 16 Distribuição dos valores de t (CTC efetiva) em cmolc/dm^3

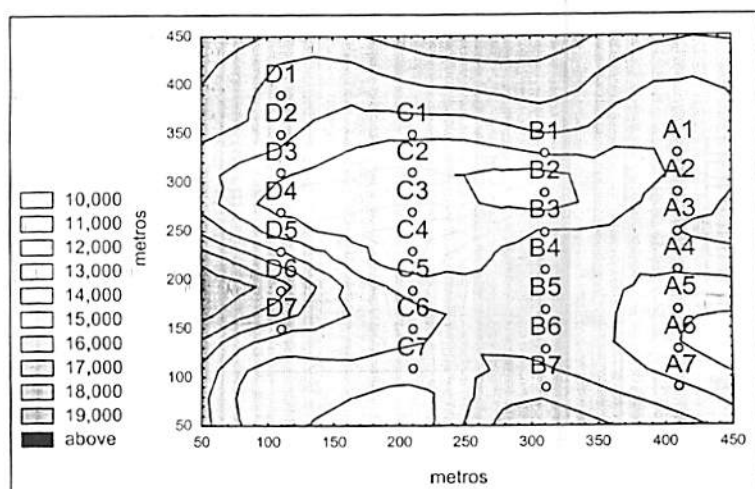


FIGURA 17 Distribuição dos valores de T (CTC potencial pH 7) em cmolc/dm^3

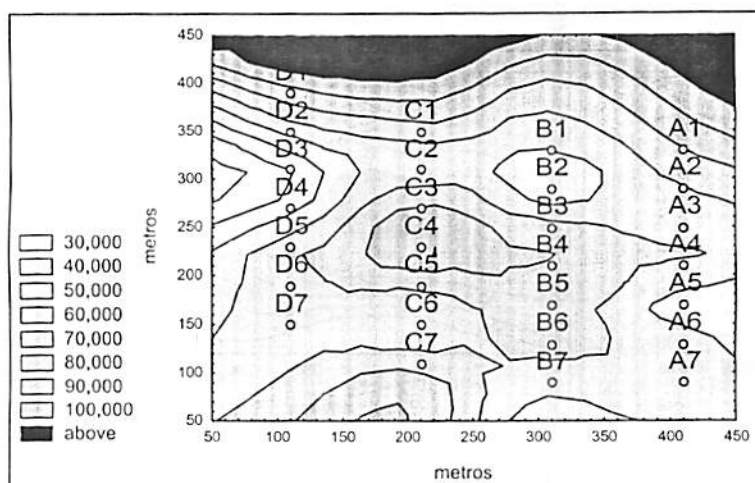


FIGURA 18 Distribuição dos valores de K (Potássio) em mg/dm^3

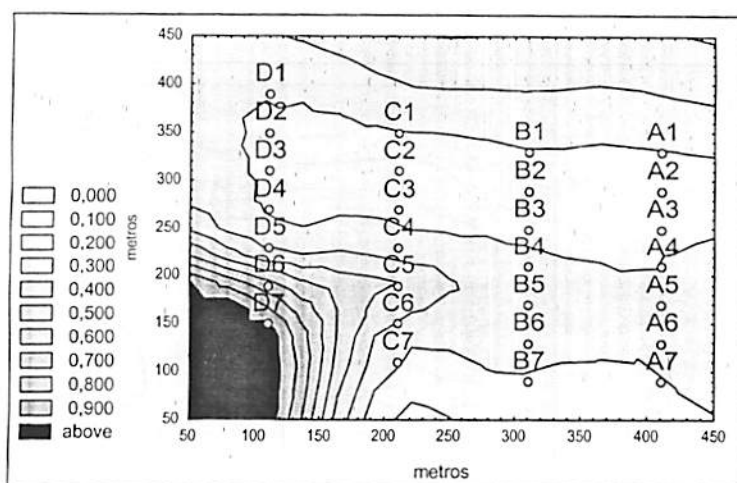


FIGURA 19 Distribuição dos valores de Mg^{++} (Magnésio) em $cmolc/dm^3$

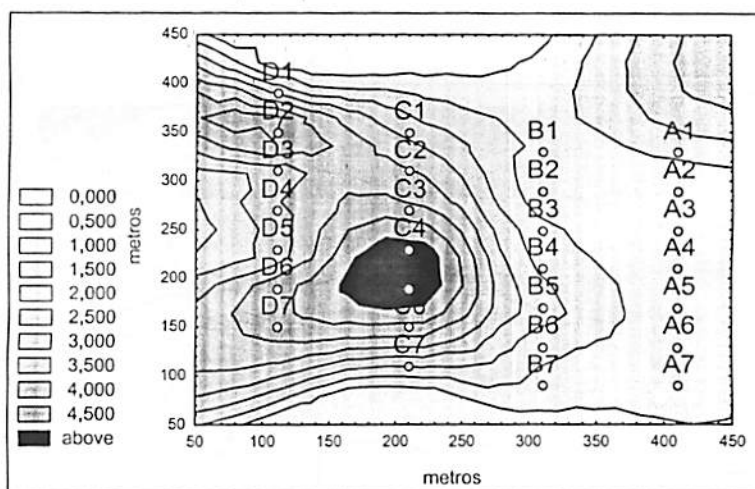


FIGURA 20 Distribuição dos valores de P (Fósforo) em mg/dm^3

4.2 Vegetação

4.2.1 Estrutura horizontal da comunidade arbórea

Foram amostrados nas 28 parcelas (de 20 x 20m) 1.336 indivíduos pertencentes a 105 espécies, cujos parâmetros estruturais da comunidade encontram-se expostos nas Tabelas 1. Os dados relacionados dizem respeito ao fragmento como um todo e aos setores da base, meio e topo, após terem sido excluídas as 4 parcelas através de sorteio.

O setor do Morro da Colina, que apresentou o maior número de espécimes por hectare foi o do topo, seguido pelos setores da base e do meio. O setor que apresentou a maior área basal por hectare foi o da base, tendo em vista a ocorrência de exemplares de grande porte nesse setor do Morro da Colina. O setor que apresentou a menor área basal foi o setor do meio, talvez influenciado pelo menor número de indivíduos já de menor porte em relação ao setor da base. O setor do topo apresentou a segunda maior área basal por hectare, talvez por apresentar o maior número de indivíduos por hectare e por apresentar, além de indivíduos com modestas áreas seccionais, alguns indivíduos de maior porte em alguns sítios especiais com solos mais profundos. (Tabela 1 e Figuras 21,22,23)

TABELA 1 Características do fragmento e de suas subdivisões, em termos dos parâmetros estruturais de densidade (Nº de Ind e a área basal, ambos por hectare).

	Posição na Encosta			
	Fragmento	Topo	Meio	Base
Nº de Parcelas	28	8	8	8
Nº de Ind./ha	1192.86	1328.13	921.88	1315.63
Área Basal / ha	17.00653	13.27779	10.66923	26.37056

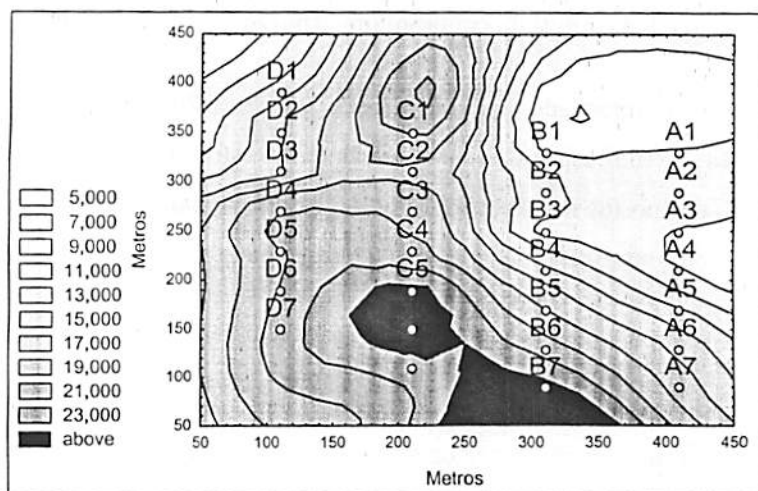


FIGURA 21 Distribuição das árvores mais altas expressa em metros

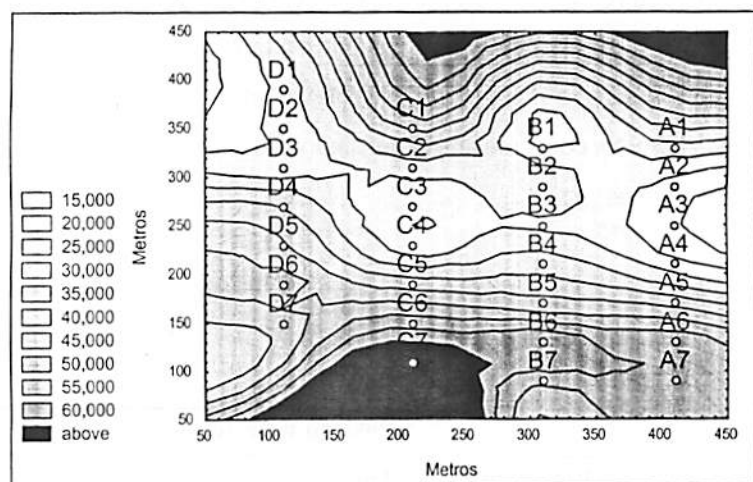


FIGURA 22 Distribuição dos DAP máximos nas parcelas em cm

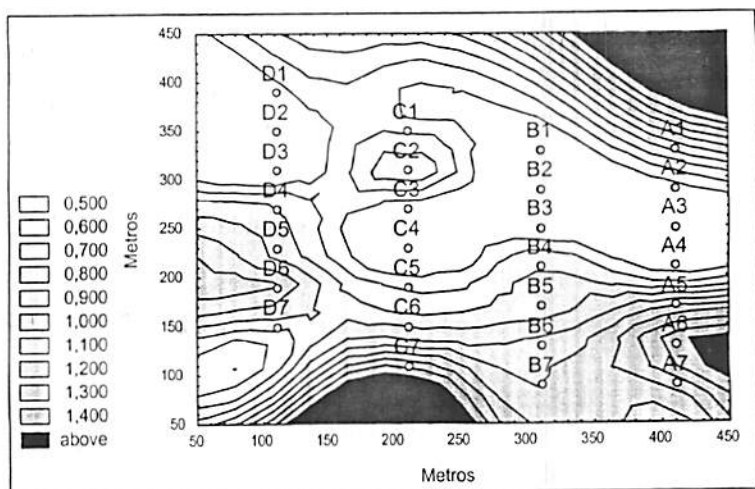


FIGURA 23 Distribuição da área basal expressa em metros quadrados

Na Mata da Colina os fatores físicos atuantes em termos catenários influenciaram, ao que tudo indica, uma configuração edafo-microclimática. Não obstante a marcada influência desses elementos, outros fatores ecológicos de ordem altitudinal (pressão atmosférica, regimes de ventos, nebulosidade, temperatura, exposição à luminosidade, radiações ultravioleta), biológicos (ancoragem das plantas, interações, adaptações) e os de histórico de perturbações por fogo, corte e pastoreio, devem complementar, em parte, a explicação dos gradientes vegetacionais ali encontrados.

Os resultados dos estudos mostraram um claro padrão de ocupação pelas árvores mais avantajadas na altura máxima, DAP e área basal, para os sítios localizados nas grotas e nas partes de maior acúmulo de sedimentos, nutrientes e umidade. A vegetação de maior porte ocupa as parcelas da base do morro e a grota entre os transectos "C" e "D". À medida que a vegetação se alastra no interior da grota, em direção ao topo do morro, os indivíduos reduzem os seus portes.

Uma nova tendência de aumento do porte das árvores é registrada na desembocadura dessa grota, na cumeeira do morro. Esse ponto, nas primeiras parcelas do transecto "C", é uma depressão do terreno localizado entre os dois pontos mais altos da área de estudo. O local, no início do transecto "C", deve receber considerável carga de sedimentos oriunda dos pontos mais altos circundantes. Trata-se, portanto, de uma distribuição da vegetação em locais favorecidos pelas dinâmicas catenárias no que diz respeito à disponibilidade de nutrientes, solos mais profundos e umidade diferenciadas em relação ao terreno circundante. Tais fatores conjugados devem explicar essa tendência fisionômica da vegetação, corroborando os demais resultados encontrados por outros autores citados.

4.2.2 Estrutura vertical da comunidade arbórea

Os valores das classes de DAP foram submetidos ao teste do χ^2 (qui-quadrado) comparando-se as proporções das classes de DAP entre os três setores do terreno. Assim, as frequências das classes de DAP do topo foram confrontadas com as do meio do morro e, posteriormente, com as da base. Posteriormente, as proporções dos DAPs do meio do morro foram confrontadas com as da base, conforme as Tabelas 2, 3 e 4. Os resultados do teste de comparação entre o topo e meio indicam que não há diferença significativa entre os dois setores, em termos da distribuição de indivíduos pelas classes de DAP (Tabela 2). A comparação entre o topo e a base indica que a diferença entre esses setores é altamente significativa (Tabela 3). A comparação entre o topo e a base também indica que a diferença entre esses setores é altamente significativa (Tabela 4).

TABELA 2 Cálculo do χ^2 entre as classes de DAP dos espécimes dos setores do topo X meio da Mata da Colina

Frequência observada vs. Frequência esperada
Chi-quadrado = 8,942612 Gl = 4 p < ,062575

	Observada	Esperada		(O-E)**2
	Topo obs.	Meio esp_	O - E	/E
5 a <9	225,00	208,16	16,837	1,36
9 a <17	158,00	156,99	1,01	0,01
17 a <33	40,00	51,17	-11,17	2,44
33 a < 65	2,00	8,67	-6,67	5,13
65 a < 129	0,00	0,00	0,00	0,00
Soma	425,00	425,00	-0,00	8,94

TABELA 3 Cálculo do χ^2 entre as classes de DAP dos espécimes dos setores do topo X base da Mata da Colina

Observada vs. Frequência esperada
Chi-quadrado = 113,0785 Gl = 4 p < 0 ,000001

	Observada	Esperada		(O-E)**2
	Topo obs.	Base esp_	O - E	/E
5 a <9	225,00	271,56	-46,56	7,98
9 a <17	158,00	78,74	79,26	79,78
17 a <33	40,00	46,44	-6,44	0,89
33 a < 65	2,00	25,24	-23,24	21,40
65 a < 129	0,00	3,03	-3,03	3,03
Soma	425,00	425,00	0,00	113,08

TABELA 4 Cálculo do χ^2 entre as classes de DAP dos espécimes dos setores do meio X base da Mata da Colina

Observada vs. Frequência esperada

Chi-quadrado = 123,2966 Gl = 4 p < 0 ,000001

	Observada	Esperada		(O-E)**2
	Meio obs	Base esp	O - E	/E
5 a <9	240,00	313,09	-73,09	17,06
9 a <17	181,00	90,78	90,22	89,65
17 a <33	59,00	53,54	5,46	0,56
33 a < 65	10,00	29,10	-19,09	12,53
65 a < 129	0,00	3,49	-3,49	3,49
Soma	490,00	490,00	-0,00	123,30

Os resultados do teste do χ^2 confirmam as evidências da ocorrência de uma vegetação, com distribuição diferenciada em termos de DAP, entre os espécimes da base, em relação aos demais níveis do Morro da Colina. Talvez essas diferenças não tenham sido mais pronunciadas entre a base e o meio do morro, por existir uma faixa, onde foram colhidas amostras, com vegetação de porte mais avantajado, extrapolando os limites do ambiente, que foi denominado como “base do morro”. Essa faixa é constituída pela grota já mencionada, que atravessa os limites do ambiente denominado “meio do morro” entre os transectos C e D.

A vegetação da grota, embora sendo de maior porte que as demais localizadas nas encostas mais expostas, tende a perder sua opulência à medida que a altitude aumenta. Essa tendência de redução no porte da vegetação se mantém progressivamente, até que se manifeste de maior porte novamente em uma área no início do transecto “C”, no topo do morro. Nesse local, a vegetação parece ter sido favorecida pelas condições microclimáticas reinantes naquele sítio. Caso não existissem essas peculiaridades, as diferenças em termos de DAP seriam mais pronunciadas entre os três níveis do terreno estudado.

Os dados de classes de DAP ao serem expostos através de gráfico de barras, indicam discrepâncias nas proporções entre algumas classes, quando considerados os setores base, meio e topo do morro.

As menores classes de DAP (5 a <9 cm) não apresentaram diferenças conspícuas entre os três níveis, embora a base abrigue a maior proporção de indivíduos dessa classe. Nas classes de DAP entre 9 e <17 cm, a percentagem de indivíduos nessas categorias é menor para a base.

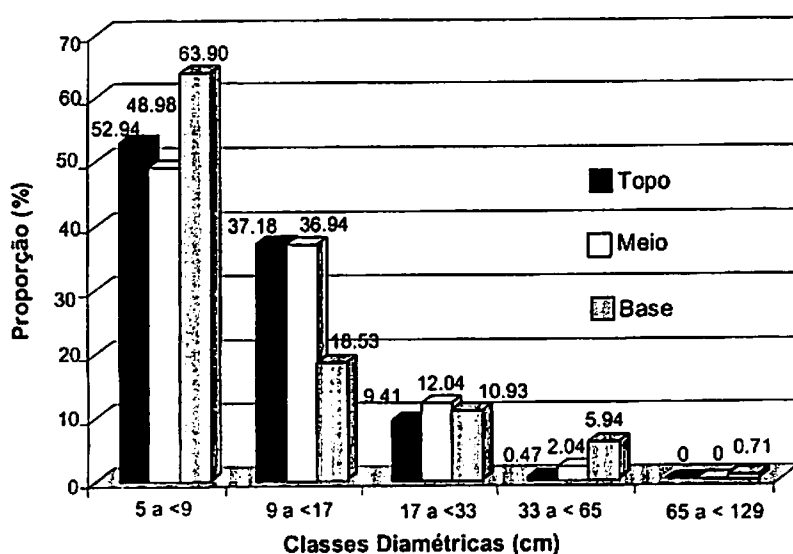


FIGURA 24 Distribuição da densidade de árvores ≥ 5 cm de DAP, em classes de diâmetro nas 24 parcelas utilizadas, para representar o Topo, o Meio e a Base da Mata da Colina, em Poços de Caldas, MG.

Para as classes de DAP entre 17 e <33 cm as ocorrências praticamente se igualam. As distribuições das classes de DAP entre 33 a <65 cm novamente realçam a maior proporção para a base. Para as classes de DAP entre 65 e <129

cm existem apenas 3 espécimes para a base e nenhum outro para os demais níveis (Figura 24).

Na base, a maior proporção de indivíduos com DAP entre 5 a < 9 cm pode ser devida à abundância ecológica no sub-bosque, de espécimes da *Alchornea triplinervea*, em fase inicial de colonização. Do número total de espécimes amostrados nas parcelas da base da "Colina" (421), somente a *Alchornea triplinervea* (179) correspondeu a 42,5% desse montante. Esses dados evidenciam a alta densidade absoluta dessa espécie nas parcelas da base. Esse fato deve ter influenciado os resultados para as classes de DAP mais baixas. Essa espécie apresentou um DAP médio de 8,16 cm, portanto, dentro da menor classe de DAP estudada. Não obstante uma grande proporção de indivíduos nas classes mais baixas de DAP, *Alchornea triplinervea* apresentou o maior valor de importância no fragmento (28,74), assim como a maior dominância relativa (10,16). Ao se observar o número total de ocorrências da *Alchornea triplinervea* no fragmento, 203 indivíduos, constata-se que 88,17% destes encontram-se distribuídos no setor da base. Essas conclusões estão em consonância com as observações de Klein (1980), sobre a vegetação do Baixo e Médio Vale do Itajaí. Ele comenta que observações mostraram a evidência de existir uma grande uniformidade na dominância das espécies, sobretudo no estrato arbóreo e no das arvoretas. Juntamente com *Sloanea guianensis*, domina em geral, fitofisionomicamente, *Alchornea triplinervea* (tabiá-guaçu), árvore de vasta dispersão. Esta espécie não apresenta pronunciadas afinidades por determinados tipos de solos, motivo pelo qual também se encontra em diversas zonas, com elevados valores sociológicos, sem que, no entanto, se encontre, de modo geral, com vitalidade ótima. Comparando os dados das observações feitas nos diversos municípios, verifica-se, que as duas árvores parecem representar dois estágios sucessionais distintos, estando a primeira em fase de invasão, ao passo que a segunda, representada por quase somente elementos adultos e velhos, se

encontra em fase de substituição. *Alchornea triplinervea* aparece como subdominante no estrato superior, geralmente, ocorrendo como árvore adulta, formando largas copas e é, comumente, sob o ponto de vista fisionômico, a espécie mais importante das subdominantes. Está representada principalmente por exemplares adultos e velhos, existindo apenas um ou outro indivíduo jovem, tendo assim, uma importância mais fisionômica do que dinâmica. Como pode ser verificado, está presente praticamente em todos os agrupamentos da região da mata pluvial, não só caracterizando, como também, indicando que se trata de árvore em adiantado estado de substituição, em quase todas as associações primárias, não só no Vale do Itajaí, como ao longo de todas as florestas da costa catarinense.

O fato de *Alchornea triplinervea* estar representada na Mata da Colina, principalmente por indivíduos jovens, reforça a hipótese de que sua presença nesse estágio seja decorrente de colonizações recentes, talvez como resultado de uma oportunidade pós-distúrbio. Se nos estudos no vale do Itajaí as populações de *Alchornea triplinervea* estão constituídas, predominantemente, por fartas populações de adultos em declínio, é plausível que esses exemplares um dia estiveram na comunidade como jovens. Se na Mata da Colina predominam os, aparentemente, jovens de *Alchornea triplinervea* é sinal de que a colonização não é tão antiga. Egler (1954) propôs que em diversas situações existe uma composição florística inicial após a perturbação, que determina alterações futuras na dominância, com várias espécies, tornando-se sucessivamente dominantes, em relação às características de sua história de vida expressa com o decorrer do tempo.

Existem relatos de ocorrência de um incêndio de grandes proporções, na década de 1990, que teria atingido toda a Mata da Colina desde a base até o topo do morro. Essa pode ser uma das causas prováveis da colonização pela *Alchornea triplinervea*.

Continuando a análise do gráfico, a proporção de indivíduos da base nas classes de DAP, entre 9 e <17 cm, cai bruscamente em relação aos demais níveis do terreno. Nas classes de DAP, entre 17 a < 33 cm, os padrões se igualam e nas classes entre, 33 a < 65 cm, a proporção entre indivíduos da base volta a se diferenciar, mantendo a maior percentagem de ocorrências.

A característica mais marcante das parcelas da base é a visível diferença, como mostra o gráfico, na proporção dos indivíduos das classes de DAP entre 33 a < 65 cm. Ocorre, porém, que em termos gerais, a base do morro é, significativamente, colonizada por indivíduos de porte elevado em altura e DAP. Embora o setor da base apresente o maior número de exemplares de maior DAP, a floresta é, relativamente, aberta com os indivíduos de maior porte dispersos pela área. Nesses sítios o sub-bosque é ocupado, predominantemente, por agrupamentos de algumas espécies sub-dominante, *Alchornea triplinervea*, por exemplo e bambu (taquara - Poaceae). Ressalta-se que a forração por bambu chega a ser tão significativa que algumas áreas se tornam intransponíveis para os trabalhos de amostragem.

O bambu deve desempenhar um importante papel condicionador dessa estrutura fisionômica ao dificultar o recrutamento de imaturos dessas espécies de maior porte, como sugerem Oliveira-Filho *et al.* (1994c). Ao estudarem o efeito dos regimes de inundação e forração por bambus na fisionomia e composição de espécies de uma floresta semidecidual, no sudeste do Brasil, eles detectaram notáveis diferenças na fisionomia da floresta e particulares estruturas da comunidade nos setores dominados por bambus. Essas peculiaridades se expressaram, principalmente, através das diferenças na abundância relativa de algumas espécies, talvez devidas às habilidades em se relacionar com o bambu. Todavia, no caso estudado, eles não puderam distinguir a influência do bambu dos efeitos da topografia na composição das espécies, por serem esses dois fatores interconectados. Presumiram que na área estudada, a população da

floresta de bambu tivesse se estabelecido após eventos de distúrbios, que coincidiram com episódios de floração daquela espécie. Eles interpretaram a existência das árvores de maior porte nos setores dominados pelo bambu, como sendo árvores existentes antes do distúrbio. Esses indivíduos teriam sobrevivido e crescido por terem seus galhos se desenvolvido acima da forração por bambu. Fontes (1997) detectou nas florestas nebulares de Ibitipoca a ocupação de clareiras de várias dimensões por bambus, freqüentemente do gênero *Merostachys*. Tais registros indicam que espécies de bambu podem ter um grande potencial de colonização em áreas perturbadas.

A Mata da Colina apresenta, como já mencionado, um histórico de distúrbios relacionados à passagem de fogo, além de outras intervenções antrópicas relacionadas à implantação de aceiros, intervenções minerárias e eventuais invasões por gado. Assim, esta hipótese de colonização por espécies pioneiras e forração por bambus parece bastante plausível para justificar, em parte, os padrões detectados na base da Mata da Colina. Ao que tudo indica, a floresta da base do morro, apesar de mais robusta, é relativamente aberta por natureza. Talvez esse espaçamento dos exemplares de grande porte seja devido à dificuldade de instalação desses espécimes nos solos rasos e rochosos da região. No entanto, dada a vasta forração pelo bambu, as espécies de grande porte ficam ainda mais limitadas em termos de recrutamento de novos indivíduos. Essa possibilidade subsidia a hipótese sobre a discrepância nas proporções de indivíduos das classes de DAP entre 9 e <17 cm da base em comparação com os demais setores. A ocorrência dos incêndios pode ter desfalcado o banco de plântulas das espécies de grande porte, o qual foi substituído, em parte, por elementos invasores, que impuseram sua dominância nos estratos inferiores da comunidade da base do morro. Para o setor do topo a predominância de espécimes enquadrados em classes de DAP inferiores pode ser atribuída a dois fatores preponderantes: a declividade e o substrato rochoso

devem restringir à colonização por espécimes de maior porte devido às restrições edáficas e mecânicas. O fogo deve ser, também, um elemento condicionador dessa fisionomia, tendo em vista a freqüente eliminação de exemplares. Dependendo da freqüência e intensidade dos incêndios, os espécimes emergem de acordo com a disponibilidade de fontes de sementes ou regeneram conforme os danos sofridos e, sistematicamente, podem ser substituídos sem que tenham atingido seu desenvolvimento pleno. Nesse caso, os espécimes com menor DAP são freqüentes.

Para a classe de DAP entre 33 e < 65 cm, as diferenças nas proporções entre a base e o topo podem ser devidas às características topográficas e edáficas da área. A fixação de espécimes de maior porte nas encostas muito íngremes e muito drenadas é deficiente, restringindo esse padrão fisionômico. Os espécimes enquadrados nessa categoria de DAP tenderam a ocupar, predominantemente, os sítios com menor declividade e maior profundidade de solo.

Para as classes de DAP entre 65 e <129 cm o setor da base detém a maior proporção de indivíduos, sendo que esses se distribuem, preferencialmente, nas partes onde se concentram os solos mais profundos e concentrados em nutrientes conforme os gráficos de tendências de superfície já discutidos anteriormente, quando foram abordados os aspectos de DAP e área basal. O gráfico da distribuição das classes de altura para os três setores da Mata da Colina (Figura 25) indica uma tendência de redução no porte dos espécimes, à medida que se buscam as cotas mais elevadas no terreno. Nesse sentido, o topo do morro é constituído por 51,76% dos indivíduos com até 5m de altura, 41,41% entre 5 a < 10 m, 6,82% entre 10 a < 20 m e nenhum exemplar maior que 20 m de altura. Os poucos exemplares enquadrados na faixa de 10 a < 20 m ocorrem, predominantemente, nas partes menos íngremes do topo. O gráfico da distribuição das classes de altura para os três setores da Mata da Colina (Figura 25) indica uma tendência de redução no porte dos espécimes, à medida que se

buscam as cotas mais elevadas no terreno. Nesse sentido, o topo do morro é constituído por 51,76% dos indivíduos com até 5m de altura, 41,41% entre 5 a < 10 m, 6,82% entre 10 a < 20 m e nenhum exemplar maior que 20 m de altura. Os poucos exemplares enquadrados na faixa de 10 a < 20 m ocorrem, predominantemente, nas partes menos íngremes do topo.

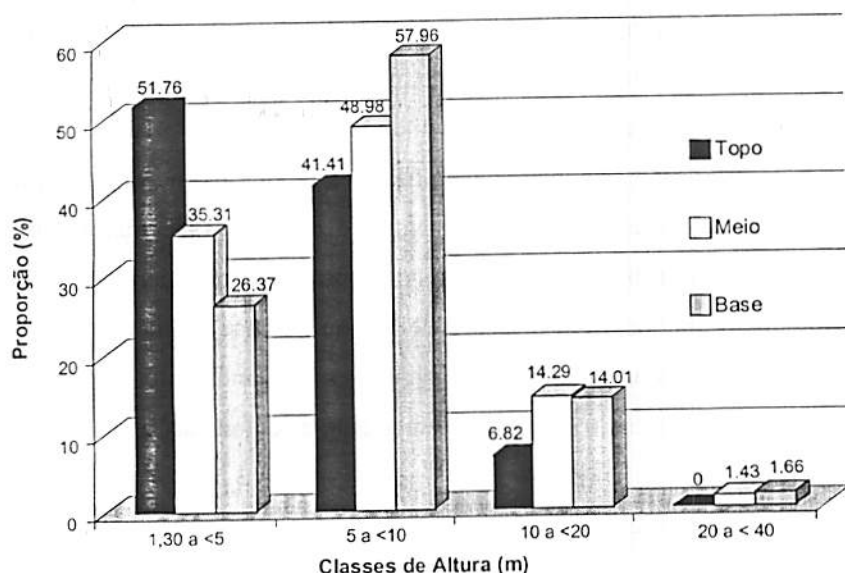


FIGURA 25 Distribuição proporção de árvores ≥ 5 cm de DAP em classes de altura nas 24 parcelas utilizadas para representar o Topo, o Meio e a Base da Mata da Colina em Poços de Caldas, MG.

Da mesma maneira que a espécie *Alchornea triplinervia* contribuiu com expressivo número de indivíduos nas classes de DAP inferiores no setor da base, provavelmente, deve também contribuir com expressivo número de espécimes em classes de alturas inferiores. Quanto ao setor do topo, a espécie *Calyptanthus brasiliensis* é a que contribuiu com o maior número de indivíduos em classes de alturas inferiores

4.2.3 Distribuição espacial da vegetação dos estratos inferiores

4.2.3.1 Cobertura por bambu (taquara) na área de estudos

Ao se analisar o gráfico de tendências para a distribuição da população de bambu (Figura 26), emergiram alguns elementos relevantes. As agregações de bambu ocuparam as áreas mais baixas no fundo do vale e no topo no início do transecto "C", onde predominam espécimes de maior DAP. As possíveis hipóteses para esses padrões emergentes seriam as de que os mesmos padrões catenários, que favorecem o estabelecimento de espécimes de maior porte, favoreceriam também o bambu. Seus locais de ocorrência coincidem com solos mais profundos e úmidos. Se a presença de bambu na base do morro também estiver associada a distúrbios, provavelmente eventos semelhantes se fizeram presentes no topo, permitindo um padrão semelhante de colonização.

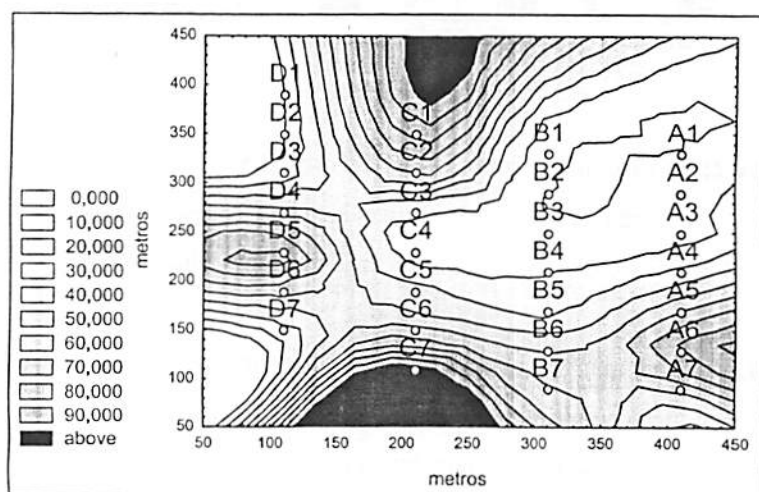


FIGURA 26 Cobertura das parcelas pelo bambu, em termos de % da área coberta.

4.2.3.2 Variação da cobertura por herbáceas (gramíneas)

O padrão de distribuição de herbáceas (Figura 27) parece difuso, dando a impressão de que as herbáceas se instalam na periferia das manchas de bambu. Supõe-se que os mesmos fatores ecológicos, que favorecem o estabelecimento do bambu, devem favorecer também o estabelecimento das herbáceas gramíneas.

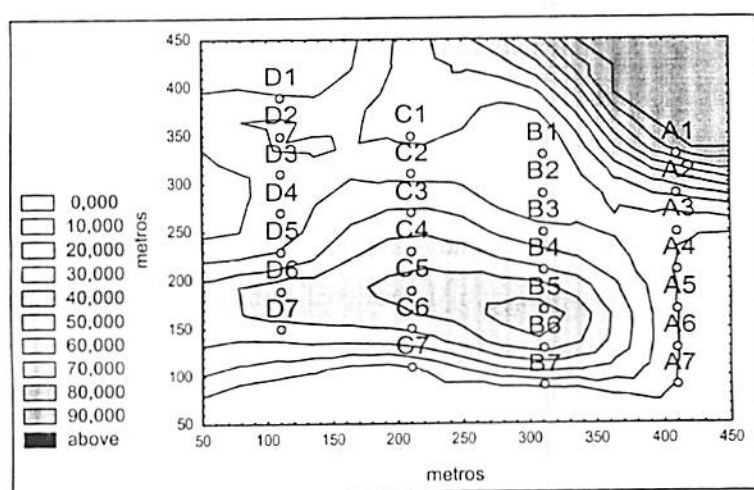


FIGURA 27 Cobertura das parcelas por herbáceas, em termos de % da área coberta.

4.2.3.3 Cobertura por arbustos

As tendências de distribuição desta categoria de vegetação (Figura 28) foram no sentido de ocupar os sítios com solos onde se mostraram rochas aflorantes ou como sub-bosque nas partes baixas do terreno. Parece, à primeira vista, tratarem-se de elementos distintos: um grupo de espécies predominantes

no topo e outro grupo de espécies distintas na base. Como não foram realizadas investigações florísticas dessa vegetação, não é possível afirmar se os elementos que ocorrem nas áreas mais rochosas são representantes imaturos das espécies arbóreas, que compõem aqueles sítios ou se constituem de uma formação composta por espécies, verdadeiramente arbustivas, completamente distintas das árvores dominantes. Embora devam ocorrer plântulas ou imaturos das espécies arbóreas, parecem predominar as espécies arbustivas propriamente ditas. Tais evidências trazem implicações ecológicas, pois os arbustos são também um fator restritivo para o recrutamento das espécies arbóreas. O processo deve ser semelhante ao exercido pelo bambu, pois os recrutamentos e instalação de sementes ficam limitados pelo abafamento pelas copas e as tramas de raízes exercidas pelos arbustos. Em termos competitivos, as espécies arbóreas também levariam desvantagem, por não se ancorarem com tanta eficiência no terreno e pelas limitações edáficas típicas dos solos muito drenados. Outro fator relevante diz respeito ao denso acúmulo de material combustível gerado por esses arbustos, por entre as árvores de maior porte. Em épocas secas, esse material coloca em risco a integridade da comunidade arbórea, pois em caso de incêndios não apenas seriam eliminados os imaturos das espécies arbóreas, mas também os exemplares de maiores portes, que não resistiriam à intensidade do fogo. Tais eventos, quando sucessivos devem afetar significativamente a estrutura e a composição de espécies nesses ecossistemas

Essas hipóteses parecem plausíveis para explicar, em parte, o escleromorfismo dos espécimes arbóreos, que entremeiam os arbustos nesses sítios. Quando os incêndios não exterminam os exemplares, o estresse hídrico e nutricional, o frio e eventuais podas drásticas exercidas pelo próprio fogo devem impor uma arquitetura peculiar aos exemplares remanescentes. É comum a existência de exemplares arbóreos mortos e em pé nessas áreas de estudo sem que se conheçam precisamente as causas da mortandade. Confirmados, no

entanto, são os episódios de fogo no local, tendo em vista os vestígios detectados em campo e por relatos de populares.

Klein (1980) afirma que os agrupamentos situados no alto das encostas, onde as condições edáficas são, em geral, menos favoráveis em virtude de serem os solos mais rasos, não raro rochosos e de rápida drenagem, apresentam vegetação mais uniforme, mais aberta e menos desenvolvida. O microclima é igualmente, bastante, diferente com radiação solar mais direta, menor unidade relativa, permitindo uma evapo-transpiração mais intensa. Por vezes, no topo ou nas pequenas chapadas encontra-se uma camada de folhas parcialmente humificada, oferecendo, desta forma, condições desfavoráveis à germinação e ao desenvolvimento de determinadas plantas. Os raios do sol penetram parcialmente, até o estrato arbustivo e mesmo até o estrato herbáceo. Os diferentes estratos são formados por um menor número de espécies componentes, dominando as seletivas xerófitas, por vezes acompanhadas por espécies indiferentes (mesófitas) ou companheiras. Observando a distribuição das supramencionadas espécies ao longo das encostas íngremes, constata-se que a maior parte das espécies companheiras da vegetação primária do alto das encostas, pertence às seletivas xerófitas, fato pelo qual as matas apresentam uma composição em geral mais homogênea. A cobertura de arbustos e arvoretas nas partes baixas da Mata da Colina, em Poços de Caldas, no entanto, parece representar o sub-bosque constituído por exemplares das espécies que compõem os estratos superiores da floresta ou pelas espécies típicas de sub-bosque. Considera-se conveniente rever o gráfico de tendências de cobertura por bambu (Figura 26), onde também se percebe nitidamente um padrão entre incompatibilidade dos arbustos da parte baixa com os povoamentos de bambus. Nesse caso, o bambu parece ser fator restritivo ao recrutamento de espécimes da comunidade arbóreo-arbustiva.

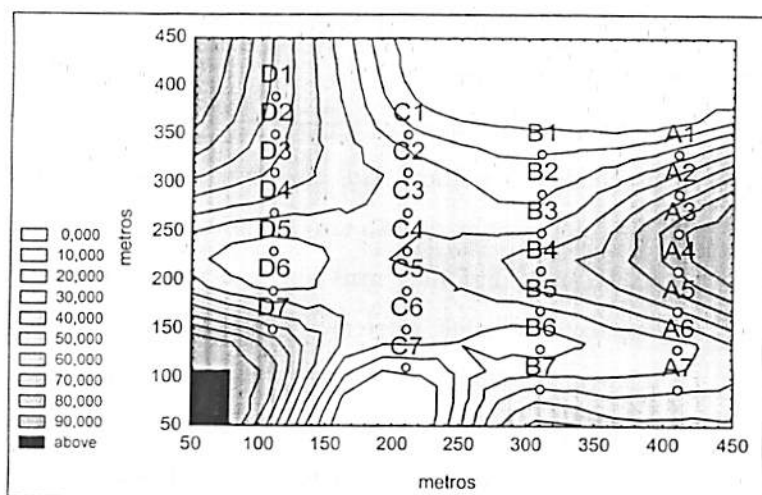


FIGURA 28 Cobertura das parcelas por arbustos em termos de % da área coberta.

4.2.3.4 Cobertura por *Pteridium aquilinum*

A samambaia-verdadeira – *Pteridium aquilinum*, Pteridophyta da família das Polipodiáceas é uma planta terrestre com rizoma mucilaginoso-suculento, estendendo-se pouco abaixo da superfície do solo. Encontra-se em todo o Brasil, vegetando de preferência nas capoeiras e terras cansadas. Como é planta social é de grande expansão, invasora dos terrenos cultivados (Correa, 1978). Este grupo de vegetais ocupa, predominantemente, a porção médio-superior do morro da Mata da Colina, onde as partes aéreas se manifestam através de densos aglomerados. Constitui-se também em fator negativo para as demais espécies arbóreas, que ficam em desvantagem competitiva devido ao seu alto grau de propagação pela área o que resultaria na subjugação de imaturos e dificuldade no estabelecimento de sementes das espécies arbóreas. Outro aspecto a ser realçado é a grande capacidade de produzir material combustível, que põe em risco os demais espécimes arbóreos dispersos pela área em caso de incêndios. A distribuição deste grupo vegetacional parece estabelecer uma

zonação de ocorrência, tendendo fortemente a delinear um gradiente altitudinal. Sua distribuição no, entanto, tende a ser limitada por aglomerados vegetacionais mais adensados, como o bambu e florestas mais fechadas (Figura 29). É o caso do ponto localizado nas primeiras parcelas do transecto "C", onde as ocorrências de bambu e vegetação de maior porte são consideráveis. Nesse sítio, tanto quanto nos sítios da base do morro, *Pteridium aquilinum* parece encontrar limitações para se instalar. Kent & Coker (1992) afirmam que o ambiente preferencial para *P. aquilinum* é aquele bem drenado, geralmente pelos efeitos da declividade, das encostas. Essa tendência é observada na área de estudos, onde o *P. aquilinum* predomina. Ao se comparar os gráficos da distribuição do *P. aquilinum*, com os gráficos da espécie *Cyathea corcovadensis* (Figura 30), também uma pteridófito e o da distribuição das briófitas (Figura 23), parece existir uma nítida faixa, a partir da qual essas espécies características de áreas mais úmidas ocorrem. Não parece existir nenhuma correlação mais marcante com as unidades catenárias até então discutidas. A linha divisória dessa zonação parece seguir os gradientes altitudinais e não os gradientes topográficos, que pudessem estabelecer correlações estritamente atreladas à umidade ou físico-química do solo. O padrão de distribuição é transversal à área, e não oblíquo como as demais tendências que acompanharam os padrões catenários em relação à base do morro. Para *Cyathea corcovadensis*, no entanto, a tendência de maior ocorrência parece estar condicionada por microclimas de umidade atmosférica, porém, em uma zona intermediária entre a base e o topo do morro propriamente dito. Ao que tudo indica, a umidade nebulosa deve influir nesse padrão de distribuição. Esta área pode ser caracterizada como uma transição entre a mata da base e a vegetação do topo. É uma área que apresenta um raleamento das copas, sem contudo expor os elementos do sub-bosque de forma tão severa aos rigores das intempéries.

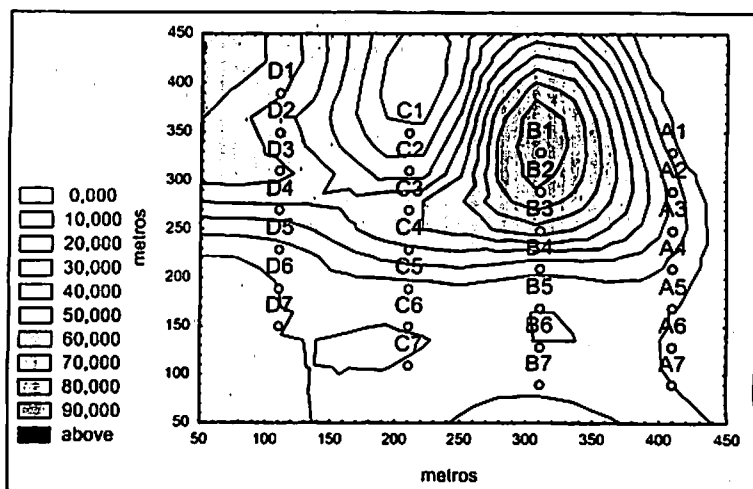


FIGURA 29 Cobertura das parcelas por *Pteridium aquilinum* em termos de % da área coberta.

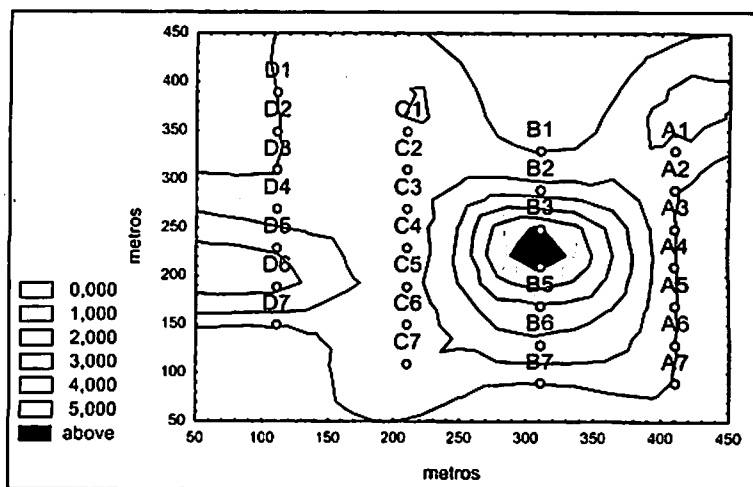


FIGURA 30 Distribuição da espécie *Cyathea corcovadensis*

A Mata da Colina se encaixa em muitas das descrições das florestas nebulares, pois a menor cota média registrada nas parcelas amostradas foi



1.507,25 m. Trata-se, portanto, de uma área fortemente influenciada por massas nebulares por períodos superiores aos que ocorreriam nas áreas não montanhosas da região.

Alguns elementos típicos das matas nebulares descritas por outros autores não se constataram na Mata da Colina, tais como, intenso epifitismo por plantas vasculares e musgos e líquens pendentes das árvores.

Uma certa prudência deve ser adotada ao se rejeitar de imediato a possibilidade da Mata da Colina se enquadrar como uma formação nebular, pelo fato desses elementos não estarem presentes maciçamente. Os episódios de fogo esporádicos devem aniquilar facilmente os líquens pendentes, outras modalidades de epífitas e, provavelmente, seus próprios suportes (as árvores). O raleamento da vegetação do topo promove uma exposição severa desses vegetais aos rigores de radiações de amplo espectro, frio e vento. Se os incêndios forem freqüentes, a substituição dos arbustos num ritmo freqüente dificultaria o estabelecimento de populações de epífitas de forma exuberante, tendo em vista aspectos relacionados ao suporte para instalação e desenvolvimento.

Na Mata da Colina, uma modesta ocorrência de epifitismo por bromeliáceas e orquídeas é registrada onde a vegetação é mais adensada, ou seja, na base do morro e em alguns sítios especiais no topo. Em contrapartida, foram coletadas amostras de orquídeas, supostamente pertencentes a 15 espécies diferentes (em fase de identificação). A grande maioria, 13 amostras, foi coletada no solo (terrestres e rupícolas). As parcelas onde foram registradas as orquídeas são as seguintes. A1, A2, A3, , A4 A5, A6, B1, B2, B3, B4, C1, C2, , C4. As amostras das parcelas A6 e C1 são epifíticas. Coincidência ou não, esses registros coincidem com os limites de ocorrência de *P. aquilinum* e das briófitas ou nos sítios onde a vegetação é adensada (início do transecto "C" e base do morro, parcela A6). Segundo as suposições levantadas neste trabalho, a umidade concentrada nessas áreas combinadas com rochas aflorantes e

microclimas florestais devem contribuir para a tendência registrada para as orquidáceas.

Sugere-se que a Mata da Colina seja enquadrada em alguma das modalidades discutidas por Fontes (1997), tais como "floresta de neblina" (*mist forest*), "floresta anã" (*dwarf forest*) e "matagal montano" (*montane thicket*), os dois últimos, envolvendo formações de baixa estatura. Aparentemente, o topo da Mata da Colina representa uma típica fisionomia vegetacional, comum ao Planalto de Poços de Caldas, que se instala nas zonas de transição com os campos de altitude constituindo-se em uma faixa de transição entre florestas mais densas e os campos de altitude. Fontes (1997) cita a seqüência: Floresta alta - mata de duendes - campo altimontano, como sendo a descrição típica da variação das comunidades vegetais encontradas na literatura sobre florestas de montanhas. Esta parece ser a seqüência fitofisionômica encontrada na Mata da Colina. Huggett (1997) descreve faixas de transição com fisionomias semelhantes entre florestas e vegetação alpina em montanhas no Cáucaso, as quais denominou "shrubs" ou simplesmente, "arbustos". Esse autor também comenta estudos realizados sobre a distribuição de espécies, em relação ao aumento da altitude, os quais têm mostrado contínua variação na distribuição das espécies, sobrepondo-se através do gradiente. Como exemplo, ele cita estudos realizados em transectos altitudinais em montanhas no sudoeste da Escócia. Segundo esses estudos *Molinia caerulea* foi a espécie dominante acima dos 460 m, mas não crescia acima de 520 m. Acima de 490 m até 780 m, *Festuca rubra* e *Nardus stricta* eram co-dominantes. *Carex bigelowii* variou de 600 a 820, mas não conseguiu status de dominante, acima de 780 m *Salix herbacea* rapidamente se tornou dominante.

4.2.3.5 Cobertura por briófitas

Uma evidência encontrada na Mata da Colina, que reforça a tese de que a área deve sofrer influência nebular, condicionando microclimas de maior umidade e temperaturas diferenciadas é a presença de um cinturão de briófitas, que acompanha as curvas de nível, a partir do terço superior do morro (Figura 31). Esse cinturão se manifesta através de uma camada de forração do piso do terreno semelhante a um tapete verde embebido em umidade. Nesses sítios, são raras as parcelas do topo que não apresentam uma significativa forração com briófitas. Mesmo nas épocas secas essa forração se mantém verdejante, não sendo explicável sua presença, exceto através da possibilidade de outras fontes hídricas que não sejam as de origem pluvial. A umidade não deve proceder de afloramentos de minas, como ocorrem nos brejos de altitude. Brejos de altitude não apresentam configuração semelhante. As fontes de umidade nos brejos de altitude costumam ser pontuais e a vegetação costuma ser paludosa. A cobertura de musgos, por ser amplamente difundida na área, deve desempenhar um papel importante nesse tipo de ecossistema sob vários aspectos. Deve ser uma importante fonte de matéria orgânica no enriquecimento do solo, à medida que as camadas se superpõem ao longo das várias gerações que se renovam. Deve reduzir a perda de água do solo por evaporação por se constituir em uma manta isotérmica de proteção. As rochas expostas sem camadas de vegetação costumam se aquecer de forma diferenciada em relação ao solo coberto. Não havendo proteção do solo a evaporação tende a ser potencializada.

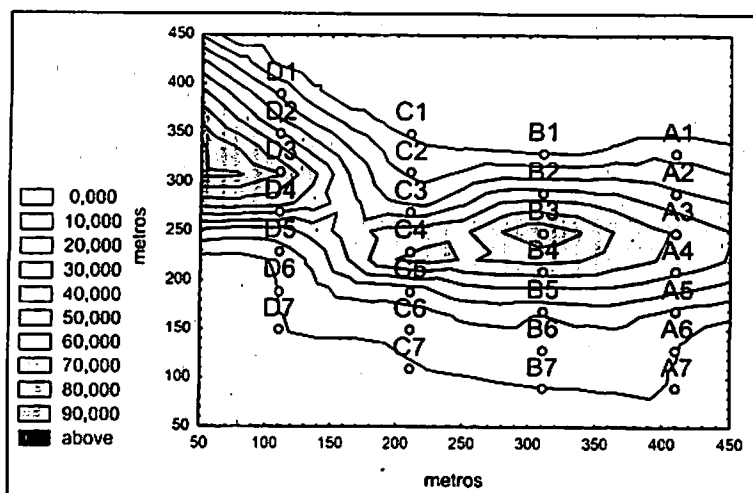


FIGURA 31 Cobertura das parcelas por briófitas em termos de % da área coberta.

Embora a interceptação horizontal e condensação das nuvens não afetem tão diretamente o teor de umidade do solo, indiretamente podem contribuir para acréscimos em suas reservas, pois segundo Hamilton (1995) há um significativo acréscimo nas reservas hídricas no solo devido à redução da evapotranspiração, causando diminuição da radiação solar e pelo déficit de vapor.

4.3 Composição florística e diversidade da Mata da Colina

4.3.1 Composição florística

Nas 28 parcelas foram registrados um total de 1.336 indivíduos, pertencentes a 105 espécies, distribuídas entre 68 gêneros e 42 famílias. Todas as espécies coletadas como florísticas, na Mata da Colina foram, posteriormente, coletadas no interior das parcelas, dada a repetitividade das espécies na área de amostragem. A família Myrtaceae é a que apresentou a maior riqueza de

espécies (18) e gêneros (10), representando essa família 17,14% das espécies registradas. A segunda família com maior riqueza de espécies foi a Lauraceae, com 13 espécies e 5 gêneros, representando 12,38% da amostra. A família Asteraceae apresentou 8 espécies com 5 gêneros, representando 7,61% . A família Myrsinaceae apresentou 5 espécies pertencentes a 1 único gênero, correspondendo a 4,76% das amostras. Fabaceae com 5 espécies e 5 gêneros, correspondendo a 4,76% das amostras. A família Melastomataceae apresentou 5 espécies distribuídas em 3 gêneros, representando 4,76%. Euphorbiaceae, com 3 espécies e 3 gêneros, representando 2,85%. Aquifoliaceae com 3 espécies e 1 gênero, representando 2,85%, Annonaceae com 3 espécies e 3 gêneros, representando 2,85%. Solanaceae com 3 espécies e 1 gênero 2,85% das amostras registradas. Juntas, estas 10 famílias abrigam 66 espécies, correspondendo a 62,87% das espécies registradas. As 32 famílias restantes representam, portanto, 37,13% das espécies coletadas. 31 famílias (73%) foram representadas por só 1 gênero. 23 famílias (21,9%) foram representadas por uma só espécie. 17 espécies com apenas 2 ocorrências e 39 espécies tiveram apenas 1 ocorrência. Os gêneros com maior número de espécies foram: *Ocotea* (6), *Eugenia* (6), *Myrsine* (5), *Calyptanthus* (3), *Miconia* (3), *Baccharis* (3), *Nectandra* (3), *Solanum* (3). (Tabela 6).

Fontes (1997) encontrou resultados semelhantes quanto à importância das famílias botânicas e gêneros com maior número de espécies, nas florestas nebulares altimontanas do Parque Estadual de Ibitipoca, MG. O ecossistema estudado é semelhante em alguns aspectos à Mata da Colina, em Poços de Caldas. O autor denominou o ecossistema por ele estudado de floresta ombrófila densa altimontana (nebular): “Mata Atlântica de altitude” e “floresta de duendes (*elfin forest*)”. Os resultados de Ibitipoca indicaram a família Myrtaceae com o maior número de espécies (21), seguida por Lauraceae (17), Rubiaceae (12), Melastomataceae (12), Solanaceae (10), Fabaceae (10), Euphorbiaceae (9) e

Asteraceae (8). Os gêneros com maior número de espécies em Ibitipoca foram: *Miconia* (10), *Ocotea* (9), *Solanum* (7), *Eugenia* (6).

Tendências semelhantes foram registradas em um fragmento florestal em Bocaina de Minas, MG, em altitudes de 1500 m, em estudos realizados por Carvalho *et al.*, (2003 – no prelo). Nesses estudos a família Myrtaceae apresentou 21 espécies, Melastomataceae 19, Fabaceae 16, Lauraceae 15, Annonaceae 12, Solanaceae 11.

Esses resultados sugerem, portanto, a predominância de algumas famílias botânicas como Myrtaceae, Lauraceae e Melastomataceae nos ambientes de altitude, conforme as constatações de Fontes (1997), Carvalho *et al.*, (2003 no prelo) e agora através deste trabalho.

TABELA 5 Lista das espécies arbóreas encontradas na Mata da Colina. O “X” indica a presença das espécies nos setores do terreno onde foram registradas: (Topo, Meio e Base).

Espécie	Família	Posição na encosta			Inv.	Nº Col.
		Topo	Meio	Base		
Anacardiaceae						
<i>Tapirira obtusa</i> (Benth.) Mitchell		X	X	X		
Annonaceae						
<i>Guatteria australis</i> A.St.-Hil.				X		
<i>Rollinia sylvatica</i> (A.St.-Hil.) Mart.				X		
Apocynaceae						
<i>Aspidosperma parvifolium</i> A.DC.		X	X	X		
Aquifoliaceae						
<i>Ilex brevicuspis</i> Reissek		X	X			
<i>Ilex paraguariensis</i> A.St.-Hil.		X				
<i>Ilex sapotifolia</i> Reissek		X	X	X		
Araliaceae						
<i>Schefflera angustissima</i> (E.Marchal) D.Frodin		X				
<i>Schefflera calva</i>		X	X			

...continua...

TABELA 5, Cont.

Araucariaceae			
<i>Araucaria angustifolia</i> (Bert.) Kuntze			X
Arecaceae			
<i>Geonoma schottiana</i> Mart.	X		X
Asteraceae			
<i>Baccharis</i> sp1.	X	X	
<i>Baccharis</i> sp2.	X		
<i>Baccharis</i> sp3		X	
<i>Eupatorium velutinum</i> Gardner	X		X
<i>Piptocarpha macropoda</i> Baker	X	X	X
<i>Piptocarpha regnelli</i> .	X		
<i>Vernonanthura diffusa</i> (Less.) H.Robinson	X	X	X
<i>Vernonia</i> sp..			X
Bignoniaceae			
<i>Tabebuia alba</i> (Cham.) Sandw.	X		
Cecropiaceae			
<i>Cecropia glaziovii</i> Snethl.			X
<i>Cecropia pachystachya</i> Trécul			X
Celastraceae			
<i>Maytenus salicifolia</i> Reissek		X	
Clethraceae			
<i>Clethra scabra</i> Pers.	X	X	X
Cunoniaceae			
<i>Lamanonia ternata</i> Vell.		X	
<i>Weinmannia paullinifolia</i> Pohl			X
Cyatheaceae			
<i>Alsophila setosa</i> Kaulf	X		
<i>Cyathea corcovadensis</i> (Raddi) Domin	X	X	X
<i>Cyathea delgadii</i> Sternb.			X
Euphorbiaceae			
<i>Alchornea triplinervia</i> (Sprengel)	X	X	X
Müll.Arg.			
<i>Pera glabrata</i> (Schott) Poepp.	X	X	
<i>Sloanea monosperma</i>			X
Fabaceae Caesalpinioideae			
<i>Senna multijuga</i> (L.C.Rich.) Irwin & Barneby			X
Fabaceae Faboideae			
<i>Dalbergia nigra</i> (Vell.) Fr.Allem.	X	X	
<i>Machaerium villosum</i> Vogel	X		

...continua...

TABELA 5, Cont.

Fabaceae Mimosoideae			
<i>Inga striata</i> Benth.			X
<i>Leucochloron incuriale</i> (Vell.) Barneby & Grimes	X	X	
Flacourtiaceae			
<i>Casearia decandra</i> Jacquin	X		
<i>Casearia obliqua</i> Sprengel	X		
Lauraceae			
<i>Cinnamomum glaziovii</i> (Mez) Vattimo		X	
<i>Cryptocarya aschersoniana</i> Mez	X	X	X
<i>Nectandra oppositifolia</i> Nees		X	X
<i>Nectandra</i> sp1.			X
<i>Nectandra</i> sp2.			X
<i>Ocotea brachybotra</i> (Meisner) Mez		X	X
<i>Ocotea corymbosa</i> (Meisner) Mez	X	X	X
<i>Ocotea diospyrifolia</i> (Meisner) Mez		X	X
<i>Ocotea glaziovii</i> Mez			X
<i>Ocotea odorifera</i> (Vell.) Rohwer			X
<i>Ocotea pulchella</i> Mart.	X		
<i>Persea pyrifolia</i> Nees & Mart.	X	X	X
<i>Persea venosa</i> Nees & Mart.	X		
Lythraceae			
<i>Lafoensia pacari</i> A.St.-Hil.		X	
Malpighiaceae			
<i>Byrsonima</i> sp..		X	
Melastomataceae			
<i>Leandra</i> sp.	X		
<i>Miconia latecrenata</i> (DC.) Naudin	X		X
<i>Miconia pepericarpa</i> DC.	X		
<i>Miconia sellowiana</i> Naudin	X		X
<i>Tibouchina</i> sp.	X	X	X
Meliaceae			
<i>Cabralea canjerana</i> (Vell.) Mart.	X	X	X
Monimiaceae			
<i>Mollinedia argyrogyna</i> Perkins	X		X
Moraceae			
<i>Sorocea bonplandii</i> (Baillon) W.Burger		X	X
Myrsinaceae			
<i>Myrsine coriacea</i> (Swartz) R.Br.	X	X	X
<i>Myrsine gardneriana</i> A.DC.	X		

...Continua...

TBELA 5, Cont.

<i>Myrsine guianensis</i> (Aublet) Kuntze		X	
<i>Myrsine lancifolia</i> Mart.			X
<i>Myrsine umbellata</i> Mart.	X	X	X
Myrtaceae			
<i>Blepharocalyx salicifolius</i> (Kunth) O.Berg		X	X
<i>Calypttranthes brasiliensis</i> Sprengel	X	X	X
<i>Calypttranthes lucida</i>	X		
<i>Calypttranthes</i> sp.			X
<i>Eucalyptus</i> sp.	X		
<i>Eugenia florida</i> DC.	X	X	X
<i>Eugenia handroana</i> D.Legrand		X	
<i>Eugenia hyemalis</i> Cambess.		*	
<i>Eugenia involucrata</i> DC.	X	X	
<i>Eugenia</i> sp.	X		
<i>Gomidesia</i> sp.			X
<i>Myrcia rostrata</i> DC.		X	
<i>Myrcia venulosa</i> DC.	X	X	X
<i>Myrciaria floribunda</i> (West) O.Berg	X	X	X
<i>Pimenta pseudocaryophyllus</i> (Gomes)	X	X	X
Landrum			
<i>Psidium guineense</i> Swartz		X	
<i>Psidium</i> sp.			X
<i>Siphoneugena densiflora</i> O.Berg	X	X	X
Nyctaginaceae			
<i>Guapira opposita</i> (Vell.) Reitz		X	
Ochnaceae			
<i>Ouratea semiserrata</i> (Mart. & Ness)	X	X	
Oleaceae			
<i>Heisteria silvianii</i> Schwacke			X
Proteaceae			
<i>Roupala montana</i> Aublet	X	X	X
<i>Roupala</i> sp.			X
Rosaceae			
<i>Prunus myrtifolia</i> (L.) Urban	X	X	X
Rubiaceae			
<i>Simira glaziovii</i> (K.Schum.) Steyererm.		X	
Sabiaceae			
<i>Meliosma sinuata</i> Urban			X
Sapindaceae			
<i>Cupania paniculata</i> Cambess.	X	X	X

...Continua...

TABELA 5, Cont.

Solanaceae			
<i>Solanum erianum</i>		X	X
<i>Solanum paniculatum</i>	X		
<i>Solanum pseudoquina</i> A.St.-Hil.		X	X
Theaceae			
<i>Ternstroemia brasiliensis</i>		X	
Thymelaeaceae			
<i>Daphnopsis fasciculata</i> (Meisner) Nevling	X	X	X
Ulmaceae			
<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume			X
Verbenaceae			
<i>Aegiphila lhotskiana</i> Cham.			X
<i>Aegiphila sellowiana</i> Cham.	X		X
Vochysiaceae			
<i>Vochysia magnifica</i> Warm.	X	X	X
<i>Vochysia tucanorum</i> Mart.	X		

4.3.2 Diversidade da comunidade arbórea na Mata da Colina

Os índices de diversidade de Shannon (H') e a equabilidade de Pielou (J') (Brower & Zar, 1984), quando calculados para o fragmento total, foram de $H' = 3,603$ e com equabilidade de $J' = 0,774$. Esse valor encontrado para H' situa-se na faixa dos valores encontrados para as florestas semidecíduais da região sudeste, que variam de 3,37 a 4,29 nat/ind. (Oliveira-Filho, 1989). Quando as parcelas da base, meio e topo do morro foram analisadas, em separado, foram encontrados os seguintes valores para H' e J' para cada setor do terreno (Tabela 7).

TABELA 6 Índices relacionados à diversidade de espécies nas 28 parcelas utilizadas, para amostrar toda a comunidade (Fragmento) e 24 parcelas utilizadas para representar os setores de Topo, Meio e Base da comunidade arbórea da Mata da Colina em Poços de Caldas, MG.

Índices	Fragmento	Topo	Meio	Base
Núm. de indivíduos nas parcelas	1336	425	295	421
Núm. de espécies nas parcelas	105	58	53	65
Índ. de Shannon, H' (nats.indiv. ⁻¹)	3,603	3.237	3.195	2.845
Equabilidade de Pielou, J	0.774	0.797	0.805	0.681
Estimador "jackknife" de 1ª ordem	142,6	80,7	76,6	89,5
Estimador "jackknife" de 2ª ordem	163,6	93,8	91,7	102.1

Constatou-se que o nível da base é o que apresenta a menor diversidade em comparação com os demais. Através do índice de diversidade de Shannon, H' , foi obtido o valor de 2,845. A base do morro também apresentou o menor valor de equabilidade (0.681), indicando a possível existência de abundância elevada de algumas espécies em relação às demais. Para as parcelas do meio, o valor de H' aumentou em relação ao obtido na base (3.195). O valor de J' seguiu a mesma tendência de aumento (0.805).

As parcelas do topo apresentaram o maior valor de H' (3.237), portanto uma maior diversidade que os demais setores. O valor de J' (equabilidade), no entanto, caiu em relação ao encontrado para as parcelas do meio do morro (0.797). Foi aplicado o teste t para verificação de diferenças entre os índices de diversidade, conforme Hutcheson (1970). Como resultado, não houve diferença

significativa ao nível de significância de 0,05 para os valores de H' entre as parcelas do topo, em relação ao meio do morro. Houve, no entanto, diferença significativa ao nível de significância de 0,01 para os valores de H' entre as parcelas da base e o topo e entre a base e o meio do morro.

TABELA 7 Comparação entre índices de diversidade de Shannon (H') dos três setores da área de estudos através do teste t de Hutcheson (1970): n.s.: não significativo a 0,05; *, **: significativo a 0,01.

	Topo	Meio	Base
Topo	-		
Meio	0,45 n.s.	-	
Base	3,66**	3,05**	-

Essa tendência de redução da equabilidade talvez seja, em parte, decorrente da abundância relativa da *Alchornea triplinervea* na base e *Calypttranthes brasiliensis*, *Siphoneugena densiflora*, *Eugenia florida* e *Myrsine umbellata* no topo do morro. O meio do morro se comportou como um ecótono típico, em relação ao setor do topo, onde atributos dos dois ambientes se combinaram. Segundo Odum (1988), a comunidade de ecótono contém, freqüentemente, muitos organismos de cada uma das comunidades superpostas além desses organismos característicos de ecótono, que muitas vezes estão restritos a ele. Freqüentemente, tanto o número de espécies quanto a densidade populacional de algumas espécies são maiores no ecótono do que nas comunidades que ladeiam.

Entre os setores da base e do meio, no entanto, a transição parece ser mais abrupta.

4.3.2.1 Cálculo da curva espécie área

Para a área total de estudos o cálculo para o traçado da curva espécie área, envolvendo 105 espécies apresentou através do estimador jackknife de primeira e segunda e ordens os valores 142,6 e 163,6 respectivamente. Esses resultados indicam que a área mínima a ser amostrada, para garantir uma aproximação do número de espécies na área, não foi atingida. A área por ser heterogênea interferiu provavelmente nos resultados, a curva espécie área não foi estabilizada. Kent & Coker (1992) afirmam que o ambiente tropical altamente diverso, particularmente nas florestas tropicais, áreas mínimas podem ser impossíveis de se definir ou poderiam ser representadas por áreas de vários quilômetros quadrados. Neste estudo, o procedimento foi aplicado apenas como um elemento complementar de análise dos dados, tendo em vista as limitações de sua aplicação, quando do estudo de comunidades heterogêneas em composição de espécies e de ampla distribuição através de gradientes ambientais diversificados. Para as espécies analisadas nos setores separados (base, meio e topo), as tendências de não atingir a área mínima se repetiram pelas mesmas razões, sendo que as curvas espécie-área que apresentaram os melhores resultados foram às correspondentes aos setores do meio e base. Talvez esse resultado seja em decorrência da maior homogeneidade dos setores da base e meio (Figura 32 C e D).

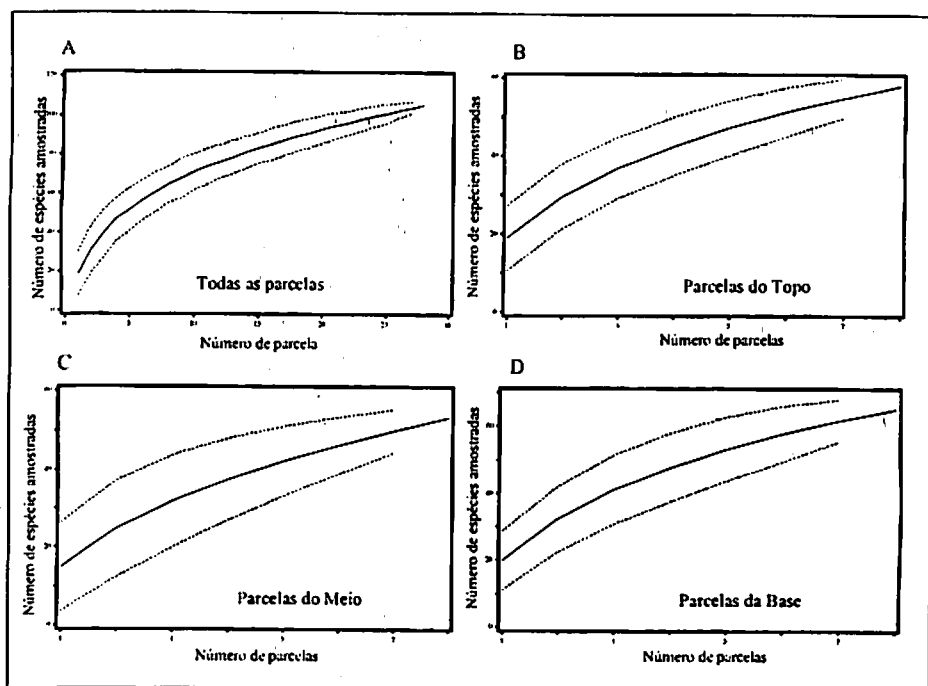


FIGURA 32 Curvas da progressão do número cumulativo médio de espécies com o aumento da área amostral produzidas para a amostra total e para as subamostras das parcelas de Topo, Meio e Base utilizadas no inventário da comunidade arbórea para representar da Mata da Colina em Poços de Caldas, MG.

Nas Tabelas 8, 9, 10, e 11 são apresentados os parâmetros fitossociológicos das espécies encontradas nas 28 parcelas da área estudada .

TABELA 8 Relação das espécies arbóreas amostradas em 28 parcelas de 20 × 20 m na Mata da Colina, Poços de Caldas, MG, com seus parâmetros fitossociológicos: **NI** = número de indivíduos; **P** = número de parcelas com ocorrência da espécie; **AB** = área basal; **VI** = valor de importância. Espécies ordenadas por **VI** decrescente.

Espécie	NI	AB	P	DA	DR	FA	FR	DoA	DoR	VI
<i>Alchornea triplinervia</i>	203	1,9354	17	181,25	15,19	60,71	3,38	1,73	10,16	28,74
<i>Calyptanthus brasiliensis</i>	169	1,3707	17	150,89	12,65	60,71	3,38	1,22	7,20	23,23
<i>Siphoneugena densiflora</i>	85	1,5197	19	75,89	6,36	67,86	3,78	1,36	7,98	18,12
<i>Aspidosperma parvifolium</i>	33	1,4793	15	29,46	2,47	53,57	2,98	1,32	7,77	13,22
<i>Vochysia magnifica</i>	29	1,5459	12	25,89	2,17	42,86	2,39	1,38	8,12	12,67
<i>Myrsine umbellata</i>	51	0,4661	14	45,54	3,82	50,00	2,78	0,42	2,45	9,05
<i>Persea pyrifolia</i>	29	0,7198	14	25,89	2,17	50,00	2,78	0,64	3,78	8,73
<i>Eugenia florida</i>	47	0,4157	14	41,96	3,52	50,00	2,78	0,37	2,18	8,48
<i>Clethra scabra</i>	36	0,5718	14	32,14	2,69	50,00	2,78	0,51	3,00	8,48
<i>Cryptocarya aschersoniana</i>	22	0,6981	14	19,64	1,65	50,00	2,78	0,62	3,67	8,10
<i>Piptocarpha macropoda</i>	48	0,2813	13	42,86	3,59	46,43	2,58	0,25	1,48	7,65
<i>Roupala montana</i>	31	0,4106	15	27,68	2,32	53,57	2,98	0,37	2,16	7,46
<i>Tapirira obtusa</i>	28	0,33284	17	25,00	2,10	60,71	3,38	0,30	1,75	7,22
<i>Schefflera calva</i>	30	0,4309	12	26,79	2,25	42,86	2,39	0,38	2,26	6,89
<i>Cyathea corcovadensis</i>	26	0,4798	11	23,21	1,95	39,29	2,19	0,43	2,52	6,65
<i>Baccharis sp. l</i>	25	0,1470	12	22,32	1,87	42,86	2,39	0,13	0,77	5,03
<i>Tibouchina sp. l</i>	26	0,1176	11	23,21	1,95	39,29	2,19	0,10	0,62	4,75
<i>Ouratea semiserrata</i>	19	0,2981	8	16,96	1,42	28,57	1,59	0,27	1,57	4,58
<i>Myrcia venulosa</i>	16	0,3277	8	14,29	1,20	28,57	1,59	0,29	1,72	4,51
<i>Sloanea monosperma</i>	6	0,5889	4	5,36	0,45	14,29	0,80	0,53	3,09	4,34
<i>Eupatorium velutinum</i>	19	0,1379	11	16,96	1,42	39,29	2,19	0,12	0,72	4,33
<i>Ocotea odorifera</i>	9	0,5500	3	8,04	0,67	10,71	0,60	0,49	2,89	4,16
<i>Myrciaria floribunda</i>	18	0,1528	9	16,07	1,35	32,14	1,79	0,14	0,80	3,94
<i>Cabralea canjerana</i>	8	0,2984	7	7,14	0,60	25,00	1,39	0,27	1,57	3,56
<i>Myrsine coriacea</i>	14	0,1220	8	12,50	1,05	28,57	1,59	0,11	0,64	3,28
<i>Pimenta</i>										
<i>Pseudocaryophyllus</i>	12	0,1486	8	10,71	0,90	28,57	1,59	0,13	0,78	3,27
<i>Aegiphila sellowiana</i>	19	0,1014	6	16,96	1,42	21,43	1,19	0,09	0,53	3,15
<i>Ternstroemia brasiliensis</i>	15	0,0991	7	13,39	1,12	25,00	1,39	0,09	0,52	3,03
<i>Miconia sellowiana</i>	14	0,1079	7	12,50	1,05	25,00	1,39	0,10	0,57	3,01

...Continua...

TABELA 8, Cont.

<i>Ilex sapotifolia</i>	10	0,0706	9	8,93	0,75	32,14	1,79	0,06	0,37	2,91
<i>Miconia latecrenata</i>	13	0,0928	7	11,61	0,97	25,00	1,39	0,08	0,49	2,85
<i>Guatteria australis</i>	12	0,0534	8	10,71	0,90	28,57	1,59	0,05	0,28	2,77
<i>Solanum eriantum</i>	14	0,0774	5	12,50	1,05	17,86	0,99	0,07	0,41	2,45
<i>Gomidesia sp.</i>	2	0,3816	1	1,79	0,15	3,57	0,20	0,34	2,00	2,35
<i>Ocotea diospyrifolia</i>	6	0,1566	5	5,36	0,45	17,86	0,99	0,14	0,82	2,27
<i>Daphnopsis fasciculata</i>	11	0,0834	5	9,82	0,82	17,86	0,99	0,07	0,44	2,26
<i>Sorocea bonplandii</i>	9	0,0728	6	8,04	0,67	21,43	1,19	0,06	0,38	2,25
<i>Vernonanthura diffusa</i>	8	0,0561	6	7,14	0,60	21,43	1,19	0,05	0,29	2,09
<i>Piptocurpha sp1.</i>	14	0,0572	3	12,50	1,05	10,71	0,60	0,05	0,30	1,94
<i>Prunus myrtifolia</i>	6	0,0550	6	5,36	0,45	21,43	1,19	0,05	0,29	1,93
<i>Cupania paniculata</i>	6	0,0921	5	5,36	0,45	17,86	0,99	0,08	0,48	1,93
<i>Ocotea brachybotra</i>	6	0,0526	6	5,36	0,45	21,43	1,19	0,05	0,28	1,92
<i>Ilex brevicuspis</i>	5	0,0928	5	4,46	0,37	17,86	0,99	0,08	0,49	1,86
<i>Geonoma schottiana</i>	7	0,0239	6	6,25	0,52	21,43	1,19	0,02	0,13	1,84
<i>Solanum pseudoquina</i>	8	0,0375	5	7,14	0,60	17,86	0,99	0,03	0,20	1,79
<i>Blepharocalyx salicifolius</i>	2	0,2052	2	1,79	0,15	7,14	0,40	0,18	1,08	1,62
<i>Calyptanthus sp</i>	1	0,2550	1	0,89	0,07	3,57	0,20	0,23	1,34	1,61
<i>Lamanonia ternata</i>	7	0,0914	3	5,36	0,45	10,71	0,60	0,08	0,48	1,53
<i>Ocotea corymbosa</i>	4	0,0378	4	3,57	0,30	14,29	0,80	0,03	0,20	1,29
<i>Eucalyptus sp.</i>	2	0,1345	2	1,79	0,15	7,14	0,40	0,12	0,71	1,25
<i>Cecropia glaziovii</i>	5	0,0408	3	4,46	0,37	10,71	0,60	0,04	0,21	1,18
<i>Ilex paraguariensis</i>	2	0,1065	2	1,79	0,15	7,14	0,40	0,10	0,56	1,11
<i>Dalbergia nigra</i>	6	0,0383	2	5,36	0,45	7,14	0,40	0,03	0,20	1,05
<i>Trema micrantha</i>	3	0,0233	3	2,68	0,22	10,71	0,60	0,02	0,12	0,94
<i>Nectandra sp1.</i>	3	0,0135	3	2,68	0,22	10,71	0,60	0,01	0,07	0,89
<i>Nectandra oppositifolia</i>	3	0,0491	2	2,68	0,22	7,14	0,40	0,04	0,26	0,88
<i>Vochysia tucanorum</i>	4	0,0269	2	3,57	0,30	7,14	0,40	0,02	0,14	0,84
<i>Lafoensia pacari</i>	4	0,0621	1	3,57	0,30	3,57	0,20	0,06	0,33	0,82
<i>Mollinedia argyrogyna</i>	4	0,0228	2	3,57	0,30	7,14	0,40	0,02	0,12	0,82
<i>Ingá striata</i>	2	0,0426	2	1,79	0,15	7,14	0,40	0,04	0,22	0,77
<i>Guapira opposita</i>	3	0,0268	2	2,68	0,22	7,14	0,40	0,02	0,14	0,76
<i>Byrsonima sp.</i>	2	0,0314	2	1,79	0,15	7,14	0,40	0,03	0,17	0,71
<i>Pêra glabrata</i>	2	0,0293	2	1,79	0,15	7,14	0,40	0,03	0,15	0,70
<i>Psidium sp.</i>	2	0,0280	2	1,79	0,15	7,14	0,40	0,03	0,15	0,69
<i>Baccharis sp3.</i>	3	0,0117	2	2,68	0,22	7,14	0,40	0,01	0,06	0,68
<i>Leucochloron incuriale</i>	2	0,0224	2	1,79	0,15	7,14	0,40	0,02	0,12	0,66
<i>Heisteria silvianii</i>	3	0,0376	1	2,68	0,22	3,57	0,20	0,03	0,20	0,62

...Continua...

TABELA 8, Cont.

<i>Meliosma sinuata</i>	2	0,0109	2	1,79	0,15	7,14	0,40	0,01	0,06	0,60
<i>Eugenia involucrata</i>	2	0,0091	2	1,79	0,15	7,14	0,40	0,01	0,05	0,60
<i>Ocotea glaziovii</i>	2	0,0087	2	1,79	0,15	7,14	0,40	0,01	0,05	0,59
<i>Araucaria angustifolia</i>	1	0,0490	1	0,89	0,07	3,57	0,20	0,04	0,26	0,53
<i>Rollinia sylvatica</i>	1	0,0373	1	0,89	0,07	3,57	0,20	0,03	0,20	0,47
<i>Psidium guineense</i>	1	0,0368	1	0,89	0,07	3,57	0,20	0,03	0,19	0,47
<i>Schefflera angustissima</i>	1	0,0316	1	0,89	0,07	3,57	0,20	0,03	0,17	0,44
<i>Alsophila setosa</i>	2	0,0154	1	1,79	0,15	3,57	0,20	0,01	0,08	0,43
<i>Calyptranthes lucida</i>	1	0,0236	1	0,89	0,07	3,57	0,20	0,02	0,12	0,40
<i>Aegiphila lhotskiana</i>	2	0,0084	1	1,79	0,15	3,57	0,20	0,01	0,04	0,39
<i>Cyathea delgadii</i>	1	0,0215	1	0,89	0,07	3,57	0,20	0,02	0,11	0,39
<i>Lamanonia ternata</i>	1	0,0203	1	0,89	0,07	3,57	0,20	0,02	0,11	0,38
<i>Myrcia rostrata</i>	2	0,0042	1	1,79	0,15	3,57	0,20	0,00	0,02	0,37
<i>Myrsine gardneriana</i>	1	0,0134	1	0,89	0,07	3,57	0,20	0,01	0,07	0,34
<i>Eugenia handroana</i>	1	0,0096	1	0,89	0,07	3,57	0,20	0,01	0,05	0,32
<i>Casearia decandra</i>	1	0,0095	1	0,89	0,07	3,57	0,20	0,01	0,05	0,32
<i>Eugenia hyemalis</i>	1	0,0087	1	0,89	0,07	3,57	0,20	0,01	0,05	0,32
<i>Simira glaziovii</i>	1	0,0084	1	0,89	0,07	3,57	0,20	0,01	0,04	0,32
<i>Ocotea pulchella</i>	1	0,0062	1	0,89	0,07	3,57	0,20	0,01	0,03	0,31
<i>Cinnamomum glaziovii</i>	1	0,0060	1	0,89	0,07	3,57	0,20	0,01	0,03	0,31
<i>Cecropia pachystachya</i>	1	0,0058	1	0,89	0,07	3,57	0,20	0,01	0,03	0,30
<i>Senna multijuga</i>	1	0,0058	1	0,89	0,07	3,57	0,20	0,01	0,03	0,30
<i>Persea venosa</i> Nees	1	0,0056	1	0,89	0,07	3,57	0,20	0,00	0,03	0,30
<i>Tabebuia alba</i>	1	0,0052	1	0,89	0,07	3,57	0,20	0,00	0,03	0,30
<i>Maytenus salicifolia</i>	1	0,0032	1	0,89	0,07	3,57	0,20	0,00	0,02	0,29
<i>Roupala</i> sp1.	1	0,0032	1	0,89	0,07	3,57	0,20	0,00	0,02	0,29
<i>Machaerium villosum</i>	1	0,0030	1	0,89	0,07	3,57	0,20	0,00	0,02	0,29
<i>Eugenia</i> sp1.	1	0,0030	1	0,89	0,07	3,57	0,20	0,00	0,02	0,29
<i>Baccharis</i> sp2.	1	0,0029	1	0,89	0,07	3,57	0,20	0,00	0,02	0,29
<i>Casearia obliqua</i>	1	0,0029	1	0,89	0,07	3,57	0,20	0,00	0,02	0,29
<i>Vernonea</i> sp.1	1	0,0028	1	0,89	0,07	3,57	0,20	0,00	0,01	0,29
<i>Weinmannia paulliniifolia</i>	1	0,0027	1	0,89	0,07	3,57	0,20	0,00	0,01	0,29
<i>Myrsine guianensis</i>	1	0,0026	1	0,89	0,07	3,57	0,20	0,00	0,01	0,29
<i>Nectandra</i> sp2.	1	0,0026	1	0,89	0,07	3,57	0,20	0,00	0,01	0,29
<i>Myrsine lancifolia</i>	1	0,0025	1	0,89	0,07	3,57	0,20	0,00	0,01	0,29
<i>Solanum paniculatum</i>	1	0,0024	1	0,89	0,07	3,57	0,20	0,00	0,01	0,29
<i>Miconia pepericarpa</i>	1	0,0022	1	0,89	0,07	3,57	0,20	0,00	0,01	0,29
<i>Leandra</i> sp.	1	0,0020	1	0,89	0,07	3,57	0,20	0,00	0,01	0,28

TABELA 9 Relação das espécies arbóreas amostradas em 28 parcelas de 20 × 20 m do setor topo do morro da Mata da Colina, Poços de Caldas, MG, com seus parâmetros fitossociológicos: NI = número de indivíduos; P = número de parcelas com ocorrência da espécie; AB = área basal; VI = valor de importância. Espécies ordenadas por VI decrescente.

Espécie	NI	AB	P	DA	DR	FA	FR	DoA	DoR	VI
<i>Calypttranthes brasiliensis</i>	88	0,7340	6	275,00	20,71	75,00	4,48	2,29	17,28	42,46
<i>Siphoneugena densiflora</i>	31	0,5937	1	96,88	7,29	12,50	0,75	1,86	13,97	22,01
<i>Roupala montana</i>	18	0,2232	6	56,25	4,24	75,00	4,48	0,70	5,25	13,97
<i>Piptocarpha macropoda</i>	35	0,1446	2	109,38	8,24	25,00	1,49	0,45	3,40	13,13
<i>Eugenia florida</i>	24	0,1519	5	75,00	5,65	62,50	3,73	0,47	3,57	12,95
<i>Clethra scabra</i>	19	0,1762	5	59,38	4,47	62,50	3,73	0,55	4,15	12,35
<i>Persea pyrifolia</i>	12	0,2528	2	37,50	2,82	25,00	1,49	0,79	5,95	10,26
<i>Ouratea semiserrata</i>	8	0,1907	4	25,00	1,88	50,00	2,99	0,60	4,49	9,36
<i>Aspidosperma parvifolium</i>	6	0,1687	4	18,75	1,41	50,00	2,99	0,53	3,97	8,37
<i>Baccharis</i> sp.	10	0,0589	6	31,25	2,35	75,00	4,48	0,18	1,39	8,22
<i>Myrsine umbellata</i>	17	0,1101	2	53,13	4,00	25,00	1,49	0,34	2,59	8,08
<i>Piptocarpha</i> sp.	13	0,0531	5	40,63	3,06	62,50	3,73	0,17	1,25	8,04
<i>Tapirira obtusa</i>	10	0,1107	4	31,25	2,35	50,00	2,99	0,35	2,60	7,94
<i>Tibochina</i> sp.	17	0,0642	1	53,13	4,00	12,50	0,75	0,20	1,51	6,26
<i>Schefflera calva</i>	7	0,1621	1	21,88	1,65	12,50	0,75	0,51	3,82	6,21
<i>Alchornea triplinervia</i>	7	0,0862	3	21,88	1,65	37,50	2,24	0,27	2,03	5,91
<i>Daphnopsis fasciculata</i>	8	0,0669	3	25,00	1,88	37,50	2,24	0,21	1,58	5,70
<i>Eucalyptus</i> sp.	2	0,1345	2	6,25	0,47	25,00	1,49	0,42	3,17	5,13
<i>Eupatorium velutinum</i>	8	0,0362	3	25,00	1,88	37,50	2,24	0,11	0,85	4,97
<i>Ternstroemia oratiens</i>	10	0,0670	1	31,25	2,35	12,50	0,75	0,21	1,58	4,68
<i>Vochysia tucanorum</i>	4	0,0269	4	12,50	0,94	50,00	2,99	0,08	0,63	4,56
<i>Persea venosa</i>	1	0,0056	5	3,13	0,24	62,50	3,73	0,02	0,13	4,10
<i>Myrcia venulosa</i>	7	0,0696	1	21,88	1,65	12,50	0,75	0,22	1,64	4,03
<i>Ilex brevicauspis</i>	3	0,0457	3	9,38	0,71	37,50	2,24	0,14	1,08	4,02
<i>Prunus myrtifolia</i>	3	0,0097	4	9,38	0,71	50,00	2,99	0,03	0,23	3,92
<i>Myrsine gardneriana</i>	1	0,0134	4	3,13	0,24	50,00	2,99	0,04	0,32	3,54
<i>Lamanonia ternata</i>	5	0,0738	1	12,50	0,94	12,50	0,75	0,23	1,74	3,42
<i>Ocotea corymbosa</i>	2	0,0269	3	6,25	0,47	37,50	2,24	0,08	0,63	3,34
<i>Tabebuia alba</i>	1	0,0052	4	3,13	0,24	50,00	2,99	0,02	0,12	3,34

...Continua...

TABELA 9, Cont.

<i>Solanum</i>										
<i>paniculatum</i>	1	0,0024	4	3,13	0,24	50,00	2,99	0,01	0,06	3,28
<i>Myrsine coriacea</i>	7	0,0342	1	21,88	1,65	12,50	0,75	0,11	0,80	3,20
<i>Dalbergia nigra</i>	5	0,0337	1	15,63	1,18	12,50	0,75	0,11	0,79	2,71
<i>Guatteria australis</i>	3	0,0141	2	9,38	0,71	25,00	1,49	0,04	0,33	2,53
<i>Pimenta</i>										
<i>pseudocaryophyllus</i>	2	0,0216	2	6,25	0,47	25,00	1,49	0,07	0,51	2,47
<i>Ilex sapotifolia</i>	2	0,0119	2	6,25	0,47	25,00	1,49	0,04	0,28	2,24
<i>Vochysia magnifica</i>	1	0,0497	1	3,13	0,24	12,50	0,75	0,16	1,17	2,15
<i>Cyathea</i>										
<i>corcovadensis</i>	2	0,0352	1	6,25	0,47	12,50	0,75	0,11	0,83	2,04
<i>Myrciaria</i>										
<i>floribunda</i>	1	0,0037	2	3,13	0,24	25,00	1,49	0,01	0,09	1,81
<i>Vernonanthura</i>										
<i>diffusa</i>	1	0,0035	2	3,13	0,24	25,00	1,49	0,01	0,08	1,81
<i>Miconia</i>										
<i>pepericarpa</i>	1	0,0022	2	3,13	0,24	25,00	1,49	0,01	0,05	1,78
<i>Cryptocarya</i>										
<i>aschersoniana</i>	2	0,0238	1	6,25	0,47	12,50	0,75	0,07	0,56	1,78
<i>Mollinedia</i>										
<i>argyrogyna</i>	1	0,0020	2	3,13	0,24	25,00	1,49	0,01	0,05	1,78
<i>Cabralea canjerana</i>	2	0,0227	1	6,25	0,47	12,50	0,75	0,07	0,53	1,75
<i>Miconia sellowiana</i>	3	0,0104	1	9,38	0,71	12,50	0,75	0,03	0,24	1,70
<i>Calyptranthes</i>										
<i>lucida</i>	1	0,0236	1	3,13	0,24	12,50	0,75	0,07	0,56	1,54
<i>Miconia luteocrenata</i>	2	0,0136	1	6,25	0,47	12,50	0,75	0,04	0,32	1,54
<i>Lamanonia ternata</i>	1	0,0203	1	3,13	0,24	12,50	0,75	0,06	0,48	1,46
<i>Cupania paniculata</i>	1	0,0166	1	3,13	0,24	12,50	0,75	0,05	0,39	1,37
<i>Leucochloron</i>										
<i>incuriale</i>	1	0,0087	1	3,13	0,24	12,50	0,75	0,03	0,20	1,19
<i>Aegiphila</i>										
<i>sellowiana</i>	1	0,0072	1	3,13	0,24	12,50	0,75	0,02	0,17	1,15
<i>Eugenia involucrata</i>	1	0,0062	1	3,13	0,24	12,50	0,75	0,02	0,15	1,13
<i>Pera glabrata</i>	1	0,0039	1	3,13	0,24	12,50	0,75	0,01	0,09	1,07
<i>Machaerium</i>										
<i>villosum</i>	1	0,0030	1	3,13	0,24	12,50	0,75	0,01	0,07	1,05
<i>Baccharis</i> sp2.	1	0,0029	1	3,13	0,24	12,50	0,75	0,01	0,07	1,05
<i>Casearia obliqua</i>	1	0,0029	1	3,13	0,24	12,50	0,75	0,01	0,07	1,05
<i>Geonoma</i>										
<i>schottiana</i>	1	0,0026	1	3,13	0,24	12,50	0,75	0,01	0,06	1,04
<i>Ilex paraguariensis</i>	1	0,0020	1	3,13	0,24	12,50	0,75	0,01	0,05	1,03
<i>Leandra</i> sp.	1	0,0020	1	3,13	0,24	12,50	0,75	0,01	0,05	1,03
TOTAL	425	4,2489		1328,13	100,00	1675,00	100,00		100,00	300,00

TABELA 10 Relação das espécies arbóreas amostradas em 28 parcelas de 20 × 20 m no setor do meio da Mata da Colina, Poços de Caldas, MG, com seus parâmetros fitossociológicos: NI = número de indivíduos; P = número de parcelas com ocorrência da espécie; AB = área basal; VI = valor de importância. Espécies ordenadas por VI decrescente.

Espécie	N	AB	P	DA	DR	FA	FR	DoA	DoR	VI
<i>Calyptranthes brasiliensis</i>	62	0,3201	4	193,75	21,02	50,00	3,39	1,00	9,38	33,78
<i>Siphoneugena densiflora</i>	37	0,4883	7	115,63	12,54	87,50	5,93	1,53	14,30	32,78
<i>Vochysia magnifica</i>	7	0,3810	3	21,88	2,37	37,50	2,54	1,19	11,16	16,07
<i>Cyathea corcovadensis</i>	12	0,2215	5	37,50	4,07	62,50	4,24	0,69	6,49	14,79
<i>Tapirira obtusa</i>	13	0,1321	7	40,63	4,41	87,50	5,93	0,41	3,87	14,21
<i>Eugenia florida</i>	17	0,1371	5	53,13	5,76	62,50	4,24	0,43	4,01	14,01
<i>Alchornea triplinervia</i>	6	0,2436	3	18,75	2,03	37,50	2,54	0,76	7,13	11,71
<i>Clethra scabra</i>	11	0,1018	5	34,38	3,73	62,50	4,24	0,32	2,98	10,95
<i>Ouratea semiserrata</i>	11	0,1074	4	34,38	3,73	50,00	3,39	0,34	3,15	10,26
<i>Persea pyriformis</i>	9	0,1254	4	28,13	3,05	50,00	3,39	0,39	3,67	10,11
<i>Cryptocarya aschersoniana</i>	6	0,1689	3	18,75	2,03	37,50	2,54	0,53	4,95	9,52
<i>Myrsine umbellata</i>	8	0,1139	3	25,00	2,71	37,50	2,54	0,36	3,34	8,59
<i>Roupala montana</i>	7	0,0509	5	21,88	2,37	62,50	4,24	0,16	1,49	8,10
<i>Aspidosperma parvifolium</i>	6	0,1071	3	18,75	2,03	37,50	2,54	0,33	3,14	7,71
<i>Baccharis</i> sp1.	8	0,0529	4	25,00	2,71	50,00	3,39	0,17	1,55	7,65
<i>Piptocarpha macropoda</i>	9	0,0342	4	28,13	3,05	50,00	3,39	0,11	1,00	7,44

...Continua...

TABELA 10, Cont.

<i>Pimenta pseudocaryophyllus</i>	5	0,0485	3	15,63	1,69	37,50	2,54	0,15	1,42	5,66
<i>Ternstroemia oratiens</i>	5	0,0320	3	15,63	1,69	37,50	2,54	0,10	0,94	5,18
<i>Cupania paniculata</i>	3	0,0582	2	9,38	1,02	25,00	1,69	0,18	1,70	4,42
<i>Myrcia venulosa</i>	4	0,0354	2	12,50	1,36	25,00	1,69	0,11	1,04	4,09
<i>Guapira opposita</i>	3	0,0268	2	9,38	1,02	25,00	1,69	0,08	0,79	3,50
<i>Ocotea diospyrifolia</i>	3	0,0258	2	9,38	1,02	25,00	1,69	0,08	0,75	3,47
<i>Myrsine coriacea</i>	3	0,0202	2	9,38	1,02	25,00	1,69	0,06	0,59	3,30
<i>Ilex sapotifolia</i>	3	0,0142	2	9,38	1,02	25,00	1,69	0,04	0,42	3,13
<i>Lamanonia ternata</i>	2	0,0176	2	6,25	0,68	25,00	1,69	0,05	0,52	2,89
<i>Eupatorium velutinum</i>	2	0,0157	2	6,25	0,68	25,00	1,69	0,05	0,46	2,83
<i>Cabralea canjerana</i>	1	0,0460	1	3,13	0,34	12,50	0,85	0,14	1,35	2,53
<i>Psidium guineense</i>	1	0,0368	1	3,13	0,34	12,50	0,85	0,11	1,08	2,26
<i>Blepharocalyx salicifolius</i>	1	0,0321	1	3,13	0,34	12,50	0,85	0,10	0,94	2,13
<i>Nectandra oppositifolia</i>	1	0,0268	1	3,13	0,34	12,50	0,85	0,08	0,78	1,97
<i>Daphnopsis fasciculata</i>	2	0,0144	1	6,25	0,68	12,50	0,85	0,05	0,42	1,95
<i>Myrciaria floribunda</i>	2	0,0138	1	6,25	0,68	12,50	0,85	0,04	0,40	1,93
<i>Tibouchina sp.</i>	2	0,0122	1	6,25	0,68	12,50	0,85	0,04	0,36	1,88
<i>Sorocea bonplandii</i>	2	0,0079	1	6,25	0,68	12,50	0,85	0,02	0,23	1,76
<i>Solanum erianthum</i>	2	0,0067	1	6,25	0,68	12,50	0,85	0,02	0,20	1,72
<i>Cecropia glaziovii</i>	1	0,0168	1	3,13	0,34	12,50	0,85	0,05	0,49	1,68
<i>Myrcia rostrata</i>	2	0,0042	1	6,25	0,68	12,50	0,85	0,01	0,12	1,65
<i>Schefflera calva</i>	1	0,0154	1	3,13	0,34	12,50	0,85	0,05	0,45	1,64

...Continua...

TABELA 10, Cont.

<i>Leucochloron incuriale</i>	1	0,0137	1	3,13	0,34	12,50	0,85	0,04	0,40	1,59
<i>Ocotea brachybotra</i>	1	0,0121	1	3,13	0,34	12,50	0,85	0,04	0,35	1,54
<i>Geonoma schottiana</i>	1	0,0097	1	3,13	0,34	12,50	0,85	0,03	0,29	1,47
<i>Simira glaziovii</i>	1	0,0084	1	3,13	0,34	12,50	0,85	0,03	0,25	1,43
<i>Prunus myrtifolia</i>	1	0,0079	1	3,13	0,34	12,50	0,85	0,02	0,23	1,42
<i>Byrsonima sp.</i>	1	0,0069	1	3,13	0,34	12,50	0,85	0,02	0,20	1,39
<i>Baccharis sp3.</i>	1	0,0067	1	3,13	0,34	12,50	0,85	0,02	0,20	1,38
<i>Ocotea corymbosa</i>	1	0,0067	1	3,13	0,34	12,50	0,85	0,02	0,19	1,38
<i>Cinnamomum glaziovii</i>	1	0,0060	1	3,13	0,34	12,50	0,85	0,02	0,18	1,36
<i>Solanum pseudoquina</i>	1	0,0056	1	3,13	0,34	12,50	0,85	0,02	0,16	1,35
<i>Dalbergia nigra</i>	1	0,0046	1	3,13	0,34	12,50	0,85	0,01	0,14	1,32
<i>Ilex brevicuspis</i>	1	0,0035	1	3,13	0,34	12,50	0,85	0,01	0,10	1,29
<i>Maytenus salicifolia</i>	1	0,0032	1	3,13	0,34	12,50	0,85	0,01	0,09	1,28
<i>Eugenia involucrata</i>	1	0,0029	1	3,13	0,34	12,50	0,85	0,01	0,08	1,27
<i>Myrsine guianensis</i>	1	0,0026	1	3,13	0,34	12,50	0,85	0,01	0,08	1,26
	295	3,4142			100,00	1475,00	100,00		100,00	300,00

TABELA 11 Relação das espécies arbóreas amostradas em 28 parcelas de 20 × 20 m no setor da base da Mata da Colina, Poços de Caldas, MG, com seus parâmetros fitossociológicos: NI = número de indivíduos; P = número de parcelas com ocorrência da espécie; AB = área basal; VI = valor de importância. Espécies ordenadas por VI decrescente.

Espécie	N	AB	P	DA	DR	FA	FR	DoA	DoR	VI
<i>Alchornea triplinervia</i>	179	1,45327	7	559,38	42,52	87,50	4,49	4,5415	17,22	64,23
<i>Aspidosperma parvifolium</i>	19	1,18627	7	59,38	4,51	87,50	4,49	3,7071	14,06	23,06
<i>Vochysia magnifica</i>	14	0,98694	6	43,75	3,33	75,00	3,85	3,0842	11,70	18,87
<i>Sloanea monosperma</i>	6	0,58891	4	18,75	1,43	50,00	2,56	1,8403	6,98	10,97
<i>Ocotea odorifera</i>	9	0,55000	3	28,13	2,14	37,50	1,92	1,7187	6,52	10,58
<i>Cryptocarya aschersoniana</i>	10	0,33627	6	31,25	2,38	75,00	3,85	1,0508	3,98	10,21
<i>Aegiphila sellowiana</i>	18	0,09427	5	56,25	4,28	62,50	3,21	0,2946	1,12	8,60
<i>olanum eriantum</i>	12	0,07070	4	37,50	2,85	50,00	2,56	0,2209	0,84	6,25
<i>Myrciaria floribunda</i>	8	0,08498	5	25,00	1,90	62,50	3,21	0,2656	1,01	6,11
<i>Gomidesia</i> sp.	2	0,38159	1	6,25	0,48	12,50	0,64	1,1925	4,52	5,64
<i>Soroea bonplandii</i>	7	0,06487	5	21,88	1,66	62,50	3,21	0,2027	0,77	5,64
<i>Guatteria australis</i>	8	0,03643	5	25,00	1,90	62,50	3,21	0,1138	0,43	5,54
<i>Miconia latecrenata</i>	6	0,03275	5	18,75	1,43	62,50	3,21	0,1023	0,39	5,02
<i>Cabralea canjerana</i>	3	0,19677	3	9,38	0,71	37,50	1,92	0,6149	2,33	4,97
<i>Cyathia corcovadensis</i>	6	0,13167	3	18,75	1,43	37,50	1,92	0,4115	1,56	4,91
<i>Miconia sellowiana</i>	6	0,06980	4	18,75	1,43	50,00	2,56	0,2181	0,83	4,82
<i>Eupatorium velutinum</i>	6	0,06082	4	18,75	1,43	50,00	2,56	0,1901	0,72	4,71
<i>Solanum pseudoquina</i>	7	0,03193	4	21,88	1,66	50,00	2,56	0,0998	0,38	4,61
<i>Calyptranthes brasiliensis</i>	4	0,18889	2	12,50	0,95	25,00	1,28	0,5903	2,24	4,47
<i>Calyptranthes</i> sp.	1	0,25497	1	3,13	0,24	12,50	0,64	0,7968	3,02	3,90
<i>Geonoma schottiana</i>	5	0,01157	4	15,63	1,19	50,00	2,56	0,0362	0,14	3,89
<i>Myrsine umbellata</i>	5	0,06524	3	15,63	1,19	37,50	1,92	0,2039	0,77	3,88
<i>Myrcia venulosa</i>	2	0,17695	2	6,25	0,48	25,00	1,28	0,5530	2,10	3,85
<i>Tibouchina</i> sp.	5	0,02535	3	15,63	1,19	37,50	1,92	0,0792	0,30	3,41
<i>Persea pyrifolia</i>	2	0,12206	2	6,25	0,48	25,00	1,28	0,3814	1,45	3,20
<i>Piptocarpha macropoda</i>	3	0,09845	2	9,38	0,71	25,00	1,28	0,3077	1,17	3,16
<i>Vernonanthura diffusa</i>	3	0,04160	3	9,38	0,71	37,50	1,92	0,1300	0,49	3,13
<i>Schefflera calva</i>	4	0,01686	3	12,50	0,95	37,50	1,92	0,0527	0,20	3,07
<i>Blepharocalyx salicifolius</i>	1	0,17313	1	3,13	0,24	12,50	0,64	0,5410	2,05	2,93
<i>Ocotea brachybotra</i>	3	0,02404	3	9,38	0,71	37,50	1,92	0,0751	0,28	2,92
<i>Clethra scabra</i>	2	0,15156	1	6,25	0,48	12,50	0,64	0,4736	1,80	2,91
<i>Trema micrantha</i>	3	0,02326	3	9,38	0,71	37,50	1,92	0,0727	0,28	2,91
<i>Tapirira obtusa</i>	2	0,07275	2	6,25	0,48	25,00	1,28	0,2273	0,86	2,62
<i>Cecropia glaziovii</i>	4	0,02392	2	12,50	0,95	25,00	1,28	0,0747	0,28	2,52
<i>Inga striata</i>	2	0,04259	2	6,25	0,48	25,00	1,28	0,1331	0,50	2,26
<i>Ilex sapotifolia</i>	2	0,03377	2	6,25	0,48	25,00	1,28	0,1055	0,40	2,16
<i>Psidium</i> sp.	2	0,02804	2	6,25	0,48	25,00	1,28	0,0876	0,33	2,09
<i>Meliosma sinuata</i>	2	0,01088	2	6,25	0,48	25,00	1,28	0,0340	0,13	1,89

...Continua...

TABELA 11, Cont.

<i>Ocotea diospyrifolia</i>	2	0,00993	2	6,25	0,48	25,00	1,28	0,0310	0,12	1,87
<i>Ocotea glaziovii</i>	2	0,00873	2	6,25	0,48	25,00	1,28	0,0273	0,10	1,86
<i>Nectandra spl.</i>	2	0,00727	2	6,25	0,48	25,00	1,28	0,0227	0,09	1,84
<i>Heisteria silvianii</i>	3	0,03756	1	9,38	0,71	12,50	0,64	0,1174	0,45	1,80
<i>Mollinedia urugvayana</i>	3	0,02077	1	9,38	0,71	12,50	0,64	0,0649	0,25	1,60
<i>Roupala montana</i>	1	0,06023	1	3,13	0,24	12,50	0,64	0,1882	0,71	1,59
<i>Eugenia florida</i>	1	0,04966	1	3,13	0,24	12,50	0,64	0,1552	0,59	1,47
<i>Araucaria angustifolia</i>	1	0,04904	1	3,13	0,24	12,50	0,64	0,1532	0,58	1,46
<i>Nectandra oppositifolia</i>	2	0,02229	1	6,25	0,48	12,50	0,64	0,0697	0,26	1,38
<i>Pimenta pseudocaryophyllus</i>	2	0,02153	1	6,25	0,48	12,50	0,64	0,0673	0,26	1,37
<i>Rollinia sylvatica</i>	1	0,03734	1	3,13	0,24	12,50	0,64	0,1167	0,44	1,32
<i>Alsophila setosa</i>	2	0,01544	1	6,25	0,48	12,50	0,64	0,0482	0,18	1,30
<i>Prunus myrtifolia</i>	1	0,03263	1	3,13	0,24	12,50	0,64	0,1020	0,39	1,27
<i>Schefflera angustissima</i>	1	0,03158	1	3,13	0,24	12,50	0,64	0,0987	0,37	1,25
<i>Aegiphila lhotskiana</i>	2	0,00841	1	6,25	0,48	12,50	0,64	0,0263	0,10	1,22
<i>Myrsine coriacea</i>	1	0,02540	1	3,13	0,24	12,50	0,64	0,0794	0,30	1,18
<i>Cyathaea delgadii</i>	1	0,02152	1	3,13	0,24	12,50	0,64	0,0672	0,25	1,13
<i>Cecropia pachystachya</i>	1	0,00580	1	3,13	0,24	12,50	0,64	0,0181	0,07	0,95
<i>Senna multijuga</i>	1	0,00580	1	3,13	0,24	12,50	0,64	0,0181	0,07	0,95
<i>Ocotea corymbosa</i>	1	0,00423	1	3,13	0,24	12,50	0,64	0,0132	0,05	0,93
<i>Roupala spl.</i>	1	0,00318	1	3,13	0,24	12,50	0,64	0,0099	0,04	0,92
<i>Siphoneugena densiflora</i>	1	0,00318	1	3,13	0,24	12,50	0,64	0,0099	0,04	0,92
<i>Cupania paniculata</i>	1	0,00303	1	3,13	0,24	12,50	0,64	0,0095	0,04	0,91
<i>Vernonia sp.1</i>	1	0,00280	1	3,13	0,24	12,50	0,64	0,0088	0,03	0,91
<i>Nectandra sp.2</i>	1	0,00258	1	3,13	0,24	12,50	0,64	0,0081	0,03	0,91
<i>Myrsine lancifolia</i>	1	0,00249	1	3,13	0,24	12,50	0,64	0,0078	0,03	0,91
<i>Duphropsis fasciculata</i>	1	0,00204	1	3,13	0,24	12,50	0,64	0,0064	0,02	0,90
	421	8,43858			100	1950,00	100		100	300,00

4.4 Análise de correspondência canônica (CCA)

4.4.1 CCA para as parcelas e as variáveis ambientais

O diagrama de ordenação (CCA) apresentado na (Figura 33) indica um nítido agrupamento das parcelas, segundo suas similaridades florísticas e interações com as variáveis ambientais. Ficaram evidenciados os agrupamentos das parcelas do setor da base, meio e topo, indicando existirem peculiaridades para cada setor, as quais devem influenciar na distribuição das espécies ao longo dos gradientes altitudinais. Ao longo do primeiro eixo, do lado esquerdo

do diagrama, a ocorrência de solos com pH mais altos apresenta-se fortemente correlacionada às cotas mais elevadas do terreno.

Briófitas e *Pteridium aquilinum* estão fortemente correlacionados às cotas mais elevadas. Kent & Coker (1992), conforme já mencionado, comentam a ocorrência de *P. aquilinum*, em solos muito drenados, em áreas escarpadas, concluindo que esses são os habitats preferenciais para essa espécie. De qualquer forma, o diagrama é válido no sentido de apontar as áreas elevadas, como preferenciais para as briófitas e *P. aquilinum*. As parcelas com as espécies que se apresentam mais correlacionadas com briófitas e *P. aquilinum* são D3, B2, B3, C4, A4, A3, B4, C3, D4, C1. Tal agrupamento demonstra a preferência desses elementos pelo terço superior do morro, formando um agrupamento de parcelas com composição de espécies distintas em relação ao setor da base. As parcelas B1, D2, A2 parecem formar um agrupamento distinto de espécies, pouco correlacionadas com briófitas e *Pteridium*, embora estejam fortemente correlacionadas às cotas mais elevadas do setor do topo. Na antípoda do vetor “cota” encontram-se os espécimes com maior altura máxima e presença de bambus. Essas tendências foram amplamente debatidas neste trabalho, indicando que a parte baixa do terreno, por ser diferenciada em termos de profundidade de solo, declividade, umidade, etc., abriga condições propícias para o estabelecimento de espécies de maior porte, tanto quanto para o estabelecimento do bambu em condições especiais de formação de clareiras. Em posição oblíqua ao vetor da cota (ângulo de 175°), apresentam-se elementos ligados à fertilidade do solo como soma de bases e magnésio. Esses elementos estão de certa forma altamente correlacionados negativamente à cota devido aos aspectos catenários envolvidos. Através das outras análises, partindo de gráficos de tendências superficiais, ficou demonstrado que há uma convergência de nutrientes para o fundo das grotas e, conseqüentemente, o acúmulo desses nutrientes nesses sítios nas cotas inferiores. Tendo o diagrama da CCA como

referência, podem ser agrupadas as parcelas mais fortemente correlacionadas às cotas mais baixas e mais ricas em somas de bases, magnésio e associadas à taquara.

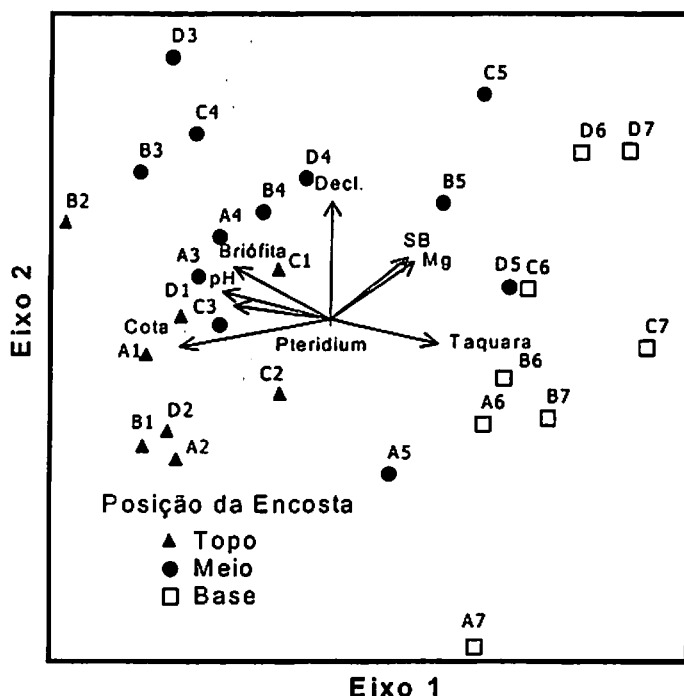


FIGURA 33 Análise de correspondência canônica (CCA): diagrama de ordenação das parcelas baseada na distribuição de indivíduos de 38 espécies em 28 parcelas de floresta semidecidual, Mata da Colina, Poços de caldas, MG, sua correlação com as 8 variáveis ambientais utilizadas (vetores) e respectivas classes texturais. Os habitats das parcelas de acordo com a posição na encosta (Topo, Meio e Base) são indicados por símbolos diferentes e as parcelas são identificadas pelos seus nomes.

As parcelas mais correlacionadas à taquara foram as parcelas C7, D7, B7, A7, D6, C6, B6, A6, D5, A5, B5, C5. As parcelas A5, B5, C5 e D5 são pertencentes ao setor do meio o que indica uma interface entre a base e o meio, em termos de composição de espécies, interagindo com as variáveis ambientais atuantes nesses setores limítrofes. As parcelas mais correlacionadas à soma de bases e magnésio foram as D7, D6, C5, B5, D5, C6, C7, B7, B6, A6. A maioria dessas parcelas encontra-se no fundo da grota localizada entre os transectos "C" e "D" ou numa faixa transversal ao terreno, na base do morro, onde as concentrações de nutrientes parecem estar relacionadas aos efeitos catenários. Embora a distribuição dessas parcelas, segundo sua composição de espécies, esteja correlacionada aos fatores ambientais atuantes nessas áreas, a correlação da taquara com soma de bases e magnésio foi muito baixa, indicando a necessidade de outras explicações para a presença maciça de taquara nesses sítios, sem que se considerem a soma de bases e magnésio como os elementos preponderantes. A tabela 10 expõe os coeficientes canônicos e correlações internas (*intraset*) com o primeiro e segundo eixos de ordenação e matriz de correlações ponderadas para as oito variáveis ambientais utilizadas na análise.

4.4.2 Análise da vegetação arbórea com o emprego da CCA

Os dados das análises de correlação entre a abundância das espécies e as variáveis pH, Mg, SB, cota, declividade, taquara, *Pteridium*, briófitas encontram-se resumidos na tabela 9. Os Dois primeiros eixos explicaram 23,20 e 6,7% da variância global dos dados (total acumulado de 29.9%), indicando muito ruído ou variância inexplicada. No entanto, baixos valores de variância percentual, para abundância de espécies são comuns em dados de vegetação e não prejudicam a significância das relações espécie-ambiente (Ter Braak, 1988). No caso em estudo o ruído que impossibilitou maior nível de explicação pode

ser relacionado a variáveis de difícil identificação e mensuração, que não foram trabalhadas no levantamento. Não se pôde avaliar a influência do fogo, luminosidade, radiações de amplo espectro, umidade do solo, vento, frio e outros fatores atuantes na área. No entanto, a CCA produziu valores muito altos para as correlações espécie ambiente nos três eixos (0,943, 0,890, 0,835). Os testes de permutação de Monte Carlo indicaram que os gradientes expressos nos 2 primeiros eixos foram significativos (teste para autovalores). Nos 1.º e 2.º eixos, as correlações espécie-ambiente foram significativas para o 1.º eixo (teste para correlações espécie-ambiente). As variáveis ambientais que foram mais fortemente correlacionadas com o primeiro eixo de ordenação foram: Cota (-0,936), Taquara (0,674), pH (-0,672), Briófitas (-0,603), Pteridium (-0,598), Mg (0,524), SB (0,488). As mais fortemente correlacionadas com o segundo eixo foram Decl. (0,905), SB (0,488), Mg (0,456) (Tabelas 13 e 14).

TABELA 12 Resumo dos resultados da análise de correspondência canônica (CCA) da distribuição do número de indivíduos de 38 espécies arbóreas, em 28 parcelas de 20 × 20 m utilizadas para amostrar a Mata da Colina, Poços de Caldas, MG.

	Eixo1	Eixo2	Eixo3
Autovalores	0,471	0,136	0,095
Variância dos dados das espécie (%)	23,20	6,7	4,7
Variância explicada cumulativa (%)	23,20	29,9	34,6
Correlações espécie-ambiente (Pearson)	0,943	0,890	0,835
Significância dos testes de Monte Carlo:			
Para os autovalores ¹	0,01	0,03	0,12
Para as correlações espécie-ambiente ²	0,01	0,10	0,27

1: Proporção de análises aleatórias com autovalores ≥ autovalor observado.

2: Proporção de análises aleatórias com correlações espécie-ambiente ≥ à observada

TABELA 13 Análise de correspondência canônica (CCA): coeficientes canônicos e correlações internas (*intraset*) com o primeiro e segundo eixo de ordenação e matriz de correlações ponderadas para as oito variáveis ambientais utilizadas na análise.

Variáveis Ambientais	Eixo 1	Eixo 2	pH	Mg	SB	Cota	Decl.	Taquara	Pterídium	Bríófitas
pH	-0,672	0,216	1,000							
Mg	0,524	0,456	-0,213	1,000						
SB	0,488	0,488	-0,009	0,877	1,000					
Cota	-0,936	-0,201	0,551	-0,510	-0,511	1,000				
Decl.	0,011	0,905	0,201	0,119	0,262	-0,189	1,000			
Taquara	0,674	-0,187	-0,591	0,030	-0,001	-0,571	-0,154	1,000		
Pterídium	-0,598	0,110	0,535	-0,291	-0,283	0,534	0,057	-0,633	1,000	
Bríófitas	-0,603	0,402	0,513	-0,261	-0,162	0,353	0,449	-0,604	0,447	1,000

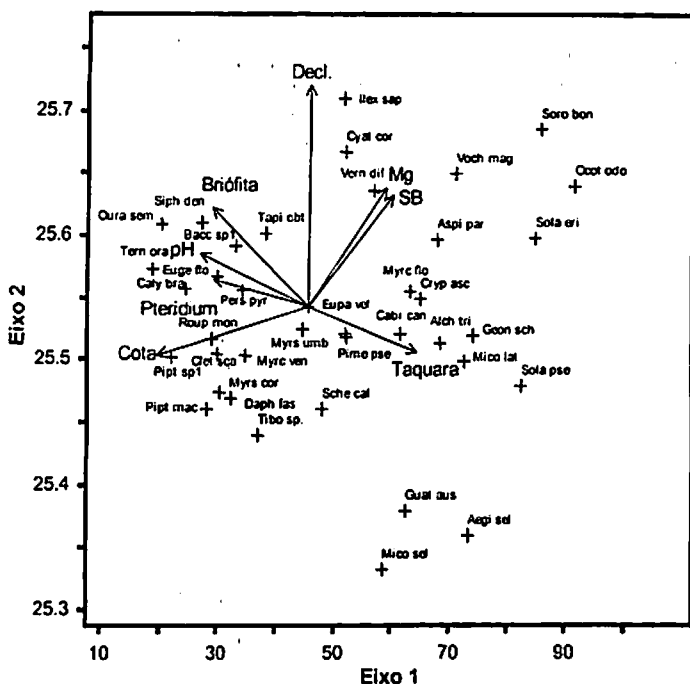


FIGURA 34 Análise de correspondência canônica (CCA): diagrama de ordenação das espécies baseada na distribuição do número de indivíduos de 38 espécies, em 28 na Mata da Colina em Poços de Caldas, MG, e sua correlação com as 8 variáveis ambientais utilizadas (setas). As espécies são indicadas pelos seus nomes abreviados.

As espécies mais correlacionadas com o eixo 1, em especial, com as cotas mais elevadas são apresentadas a seguir em ordem decrescente de correlação: *Piptocarpha* sp. *Ternstroemia brasiliensis*, *Piptocarpha*

macropoda, *Calypttranthes brasiliensis*, *Myrsine coriacea*, *Roupala Montana*, *Clethra scabra*, *Siphoneugena densiflora*, *Ouratea semiserrata*, *Eugenia florida*, *Daphnopsis fasciculata*, *Myrcia venulosa*, *Tibouchina* sp., *Persea pyrifolia*, *Baccharis* sp1, *Tapirira obtusa*

Para a variável cota, as espécies mais correlacionadas às altitudes mais baixas foram as seguintes, em ordem decrescente de correlação: *Ocotea corymbosa*, *Sorocea bonplandii*, *Solanum eriantum*, *Vochysia magnifica*, *Solanum pseudoquina*, *Aspidosperma parvifolium*, *Geonoma schottiana*, *Miconia latecrenata*, *Alchornea triplinervea*, *Cryptocarya aschersoniana*, *Myrciaria floribunda*, *Aegiphila selowiana*, *Vernonanthura diffusa*, *Ilex sapotifolia*, *Cyatheo corcovadensis*,

As espécies mais correlacionadas com solos mais férteis foram *Sorocea bonplandii*, *Ocotea odorifera*, *Vochysia magnifica*, *Ilex sapotifolia*, *Cyatheo corcovadensis*, *Vernonanthura diffusa*, *Aspidosperma parvifolium*,

As espécies mais correlacionadas com o 2.º eixo, em especial com o vetor declividade, foram as seguintes: *Ilex sapotifolia*, *Sorocea bonplandii*, *Cyatheo corcovadensis*, *Vochysia magnifica*, *Ocotea odorifera*, *Vernonanthura diffusa*, *Siphoneugena densiflora*, *Ouratea semiserrata*, *Tapirira obtusa*, *Baccharis* sp1, *Aspidosperma parvifolium*,

As espécies mais correlacionadas com as declividades menores foram as seguintes: *Guateria australis*, *Aegiphila selloviana*, *Miconia selowiana*.

4.5 Distribuição das espécies com os maiores valores de importância

Das 10 espécies de maior valor de importância sociológica na comunidade (Tabela 5), 2 espécies mais se destacam: *Alchornea triplinervea* e *Calypttranthes brasiliensis*.

Alchornea triplinervia apresenta sua maior manifestação em número de indivíduos na base do morro, conforme se segue, onde se indicam os n°s das parcelas e os números de ocorrências correspondentes: A6 (9), A7 (38), B6 (8), B7 (61), C6 (19), C7 (0), D6 (1), D7 (43).

Calyptanthus brasiliensis, por sua vez, se concentra predominantemente nas parcelas do topo: A1 (35), A2 (13), B1 (12), B2 (7), C2 (4), D1 (14), D2 (3). *Siphoneugena densiflora*, a terceira colocada em termos de importância sociológica na comunidade, apresenta uma tendência semelhante à *Calyptanthus brasiliensis*.

Alchornea triplinervia é, portanto, de grande abundância na base do morro. Nesse setor 179 indivíduos de um total de 421 espécimes registrados pertenciam a essa espécie, correspondendo a 42,5% desse montante.

Calyptanthus brasiliensis apresentou uma ocorrência de 88 espécimes dos 425 registrados (20,7%).

Ao se analisar o n° de ocorrências dessa espécie nas parcelas do topo e compará-lo com o número total de ocorrência de *Calyptanthus brasiliensis* (169) amostrados em todas as parcelas (Tabela 5), constatou-se que 52% dos espécimes de *Calyptanthus brasiliensis* encontram-se distribuídos no topo.

Em termos de frequência relativa, essa espécie é a segunda mais significativa, mostrando que ela ocorre de forma bem distribuída pelo terreno. Observa-se, no entanto, que essa espécie deve ser pouco frequente na base do morro; apenas 4 exemplares foram registrados nas parcelas da base, prevalecendo sua distribuição na meia encosta e no topo do morro. *Alchornea triplinervia* e a *Calyptanthus brasiliensis* apresentam o mesmo valor de frequência relativa, porém, ocorrendo com maiores concentrações em situações inversas. *Alchornea triplinervia* predomina na base (Figura 35) e *Calyptanthus brasiliensis* no topo (Figura 36).

Outras espécies apresentam número elevado de ocorrências no topo; *Siphoneugena densiflora* (31) (Figura 37), *Eugenia florida* (24) (Figura 42), *Myrsine umbellata* (17) (Figura 40).

A seguir são apresentados os gráficos das demais espécies de valor de importância sociológica na comunidade Mata da Colina.

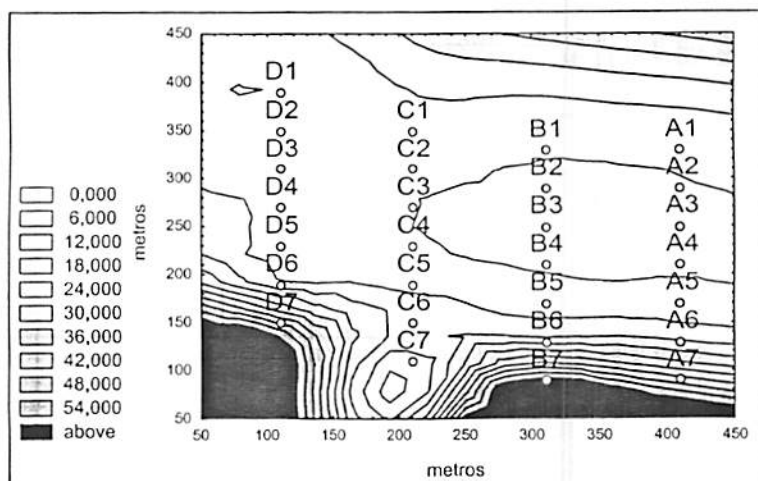


FIGURA 35 Número de ocorrências de *Alchornea triplinervia* VI= 28.74

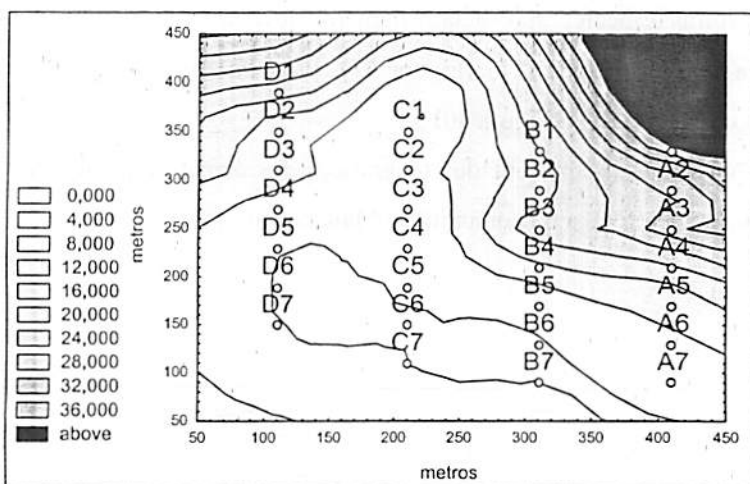


FIGURA 36 Variação do número de ocorrências de *Calyptrantes brasiliensis*
VI= 23,23

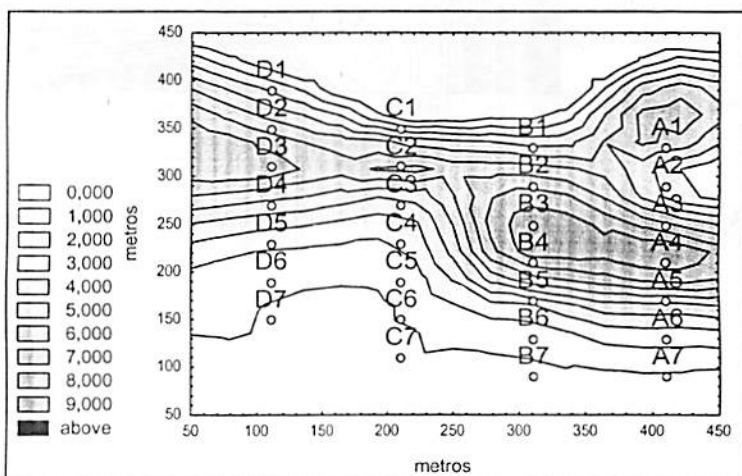


FIGURA 37 Distribuição de espécimes de *Siphoneugena densiflora*, VI = 18,12

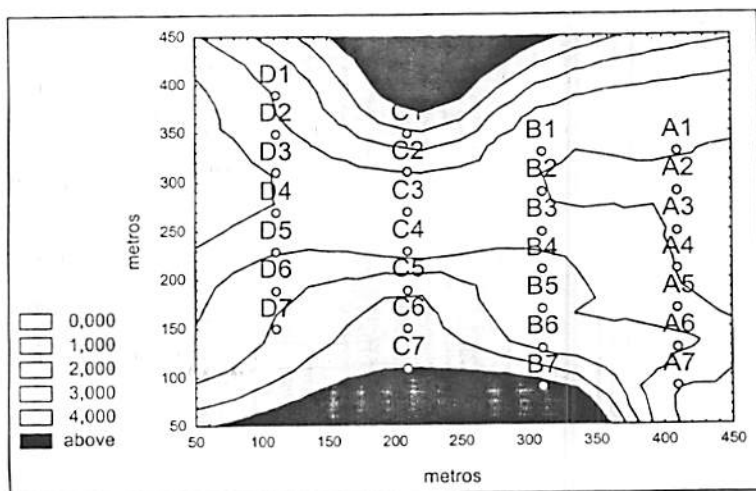


FIGURA 38 Distribuição de espécimes de *Aspidosperma parvifolium*, VI = 13,22

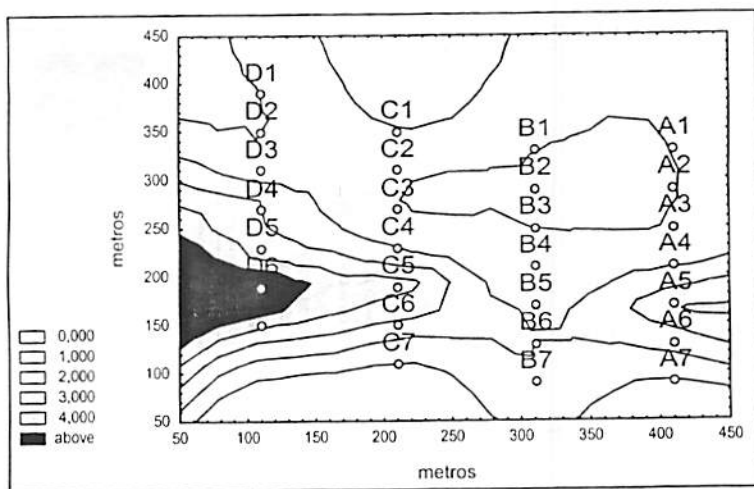


FIGURA 39 Distribuição de espécimes de *Vochysia magnifica*, VI = 12, 67

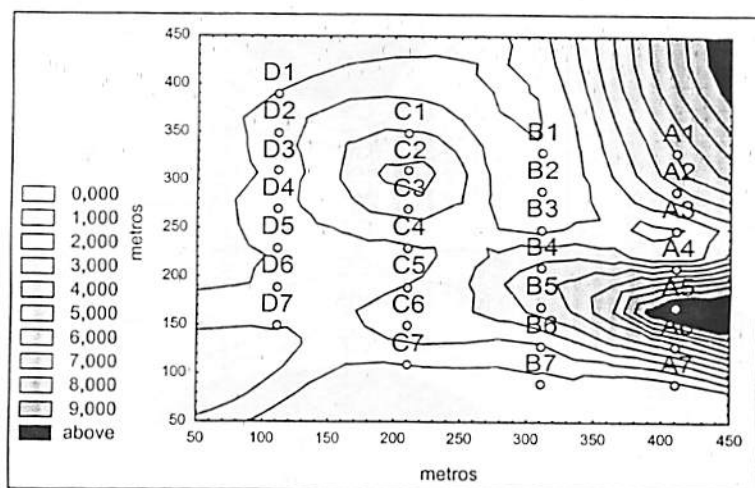


FIGURA 40 Distribuição de espécimes de *Myrsine umbelata*, VI = 9,05

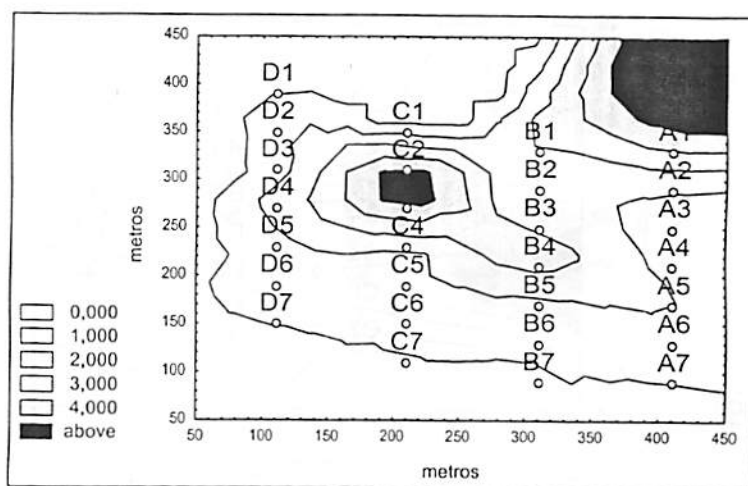


FIGURA 41 Distribuição de espécimes de *Persea pyrifolia*, VI = 8,73

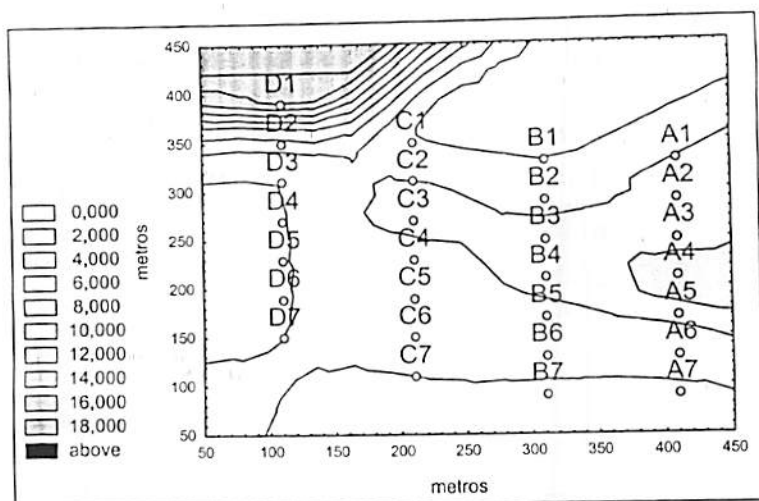


FIGURA 42 Distribuição espécimes de *Eugenia florida*, VI = 8,48

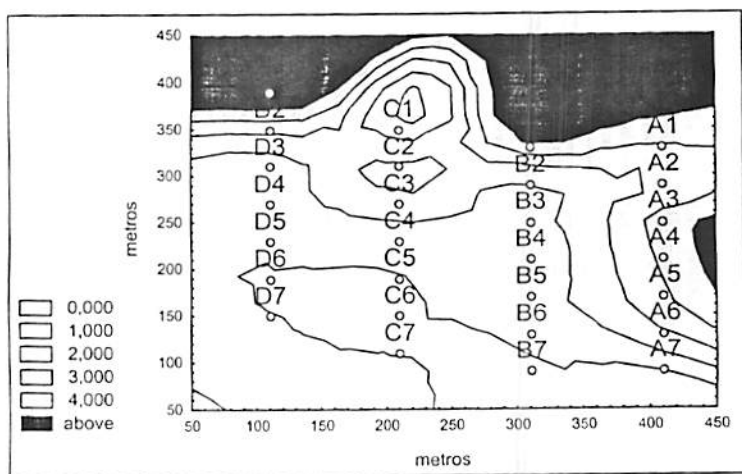


FIGURA 43 Distribuição de espécimes de *Clethra scabra*, VI = 8,48

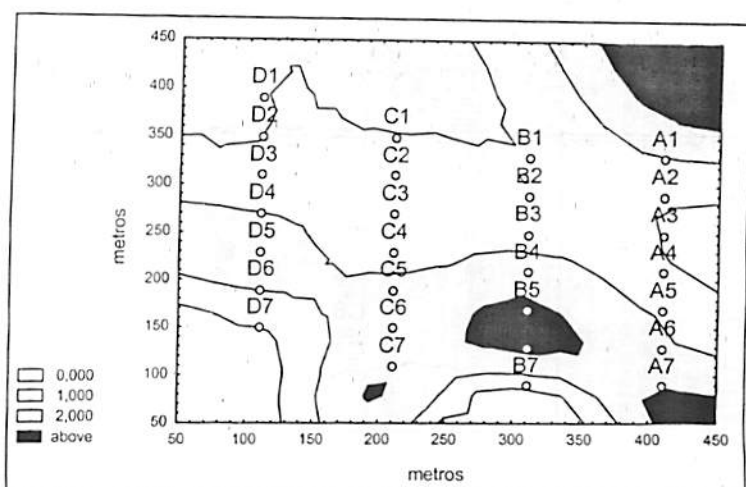


FIGURA 44 Distribuição de espécimes de *Cryptocarya aschersoniana*, VI=8,10

4.6 Discussão dos resultados com enfoque na recuperação de áreas degradadas

Os resultados dos estudos indicaram que o ecossistema da Mata da Colina é de grande complexidade em termos ecológicos, fato este que o coloca numa posição de fragilidade frente aos mínimos impactos decorrentes das intervenções antrópicas.

A distribuição dos elementos da comunidade pela paisagem está condicionada por uma intrincada rede de fatores ambientais de difícil interpretação, de como interagem ao estabelecerem os padrões emergentes detectados. As evidências indicam, no entanto, que os padrões catenários são cruciais na determinação dos mosaicos de textura, fertilidade e umidade do solo e estes, em parte, refletem os padrões vegetacionais identificados. Quaisquer intervenções mal planejadas nesse tipo de ecossistema alterariam as tendências naturais de fluxos superficiais de água e sedimento, impondo impactos

imprevisíveis à comunidade vegetal. Quando se trata de atividade minerária as intervenções inevitavelmente alteram sobremaneira as feições do terreno e, conseqüentemente, os padrões catenários. Os resultados dessas alterações sobre a vegetação seriam imprevisíveis a longo prazo. A remoção da cobertura vegetal durante a extração do minério geraria grande instabilidade do material terrígeno frente aos processos erosivos, dada a acentuada declividade do terreno. Os trabalhos de revegetação tornar-se-iam limitados devido às condições edáficas desfavoráveis na seqüência pós-mineração. Ficou constatado que a camada de solo é pouco espessa, o que dificultaria os procedimentos de separação e posterior recobrimento do terreno minerado com a camada de solo reservada. Esse material seria facilmente removido através de processos erosivos, empobrecendo a área em termos nutricionais e implicando na perda de material sólido para as áreas mais baixas do terreno. Por esse motivo, a remodelagem do terreno deve ser, criteriosamente, conduzida concomitantemente aos processos de extração do minério, de forma a expor o mínimo possível o material desagregado aos processos erosivos. Os terraceamentos e bacias de acumulação deveriam ser cuidadosamente planejados de forma a garantir o máximo acúmulo de sedimentos ao longo do tempo. Ficou constatado que, nos locais onde o solo é mais profundo a vegetação se apresenta mais vigorosa e de porte diferenciado. O reafeiçoamento do terreno deveria ser encarado, portanto, como ponto chave do processo de recuperação das áreas degradadas nesse tipo de ecossistema. Os cortes escarpados do terreno deveriam ser abolidos e caso sejam inevitáveis, mecanismos especiais de contenção de solo deveriam ser adotados. As áreas de preservação permanente representadas pelo terço superior dos morros deveriam ser intocáveis, não apenas pelas limitações expressas pela lei, mas pela importância ecológica que representam, como zonas de recargas de aquíferos, possíveis fontes de sementes para as áreas mais baixas do terreno, etc. Os processos pedogenéticos e catenários detectados na área de estudos indicam que

Poços de Caldas, detectou que as áreas recuperadas foram invadidas por pioneiras representadas em 55,0%, por indivíduos pertencentes ao gênero *Vernonia*, 22,5% ao *Baccharis*, impondo (ambos) dominância de 96,0%. Lorenzo (1991) ao estudar a regeneração natural de áreas minerada de bauxita, em Poços de Caldas, constatou que as famílias botânicas Asteraceae e Myrtaceae foram as que apresentaram o maior número de espécies em sua área de estudo. As Asteraceae com maior espectro de ocorrência foram *Baccharis brevifolia*, *Eupatorium vauterianum* e *Vernonia westiniana*.

De posse dessas informações, propõe-se que experimentos sejam conduzidos no sentido de se empregar algumas destas espécies de pioneiras em associações com algumas das espécies identificadas na Mata da Colina, para os trabalhos de revegetação de áreas degradadas no Planalto de Poços de Caldas.

Constatou-se que os estratos inferiores participam de forma significativa na cobertura do terreno. Essa propriedade da vegetação traz implicações sobre a eficácia dos trabalhos de recomposição sob vários aspectos. Em primeira instância a utilização de espécies herbáceo-arbustivas pode ser uma estratégia eficiente de recobrimento rápido das áreas mineradas, reduzindo os riscos de erosão. Não se pode desprezar o fato de que, em termos fisionômicos, o estrato herbáceo-arbustivo é um dos traços marcantes do ecossistema estudado. A utilização desses elementos da vegetação estaria, portanto, contribuindo para a restituição das feições originais das áreas atingidas. Pelos elementos colhidos sobre a vegetação do Planalto de Poços de Caldas, as fitofisionomias predominantes nesse tipo de ecossistema de topo de montanha são de vegetação de baixo porte. Insistir em processos de recomposição de áreas degradadas nesses locais, esperando a formação de florestas com elementos de grande porte resultaria, provavelmente, em insucesso. Sob outro ângulo, a abundância de vegetação herbáceo-arbustiva, se constitui em sério risco à vegetação arbórea (natural

demonstrado comportamento diferencial quanto à susceptibilidade à toxidez ocasionada pelo alumínio.

O ideal seria programar o reflorestamento das áreas mineradas de forma a coletar as sementes desses sítios anteriormente aos trabalhos de exploração. Dessa forma, as mudas produzidas seriam, geneticamente, semelhantes àquelas populações específicas. A escolha das espécies, também, é fator essencial para o sucesso da revegetação. Os estudos apontaram um alto grau de correlação das espécies com as variáveis ambientais, indicando tendências de preferências por sítios determinados.

O elemento fogo parece desempenhar considerável pressão seletiva no ecossistema estudado. Tendo em vista os vários depoimentos colhidos, esses eventos além de serem relativamente freqüentes, costumam, também, ser intensos atingindo os vários setores do Morro da Colina . Disso resulta que as espécies que hoje ocupam a Mata da Colina são aquelas que parecem apresentar a melhor resposta a todas essas pressões ecológicas nesse tipo de ecossistema..

Por todas essas razões, as espécies registradas na Mata da Colina são úteis como ponto de partida para estudos, que busquem espécies indicadas para os trabalhos de recomposição de áreas degradadas no Planalto de Poços de Caldas.

Embora estas espécies sejam úteis como ponto de partida para programas de recomposição de áreas degradadas, a escolha daquelas que melhor resposta trariam aos tratos silviculturais da revegetação e efeito de cobertura da área não é tão simples. Não menos complexa é a tarefa de se escolherem as espécies de cada grupo ecológico, que comporiam os grupos de mudas a serem plantadas no campo.

Buscando informações sobre as espécies, que se sucedem naturalmente nas áreas mineradas de Poços de Caldas, Souza (1997) ao avaliar as estratégias de recuperação de áreas degradadas pela mineração de bauxita, em

Poços de Caldas, detectou que as áreas recuperadas foram invadidas por pioneiras representadas em 55,0%, por indivíduos pertencentes ao gênero *Vernonia*, 22,5% ao *Baccharis*, impondo (ambos) dominância de 96,0%. Lorenzo (1991) ao estudar a regeneração natural de áreas minerada de bauxita, em Poços de Caldas, constatou que as famílias botânicas Asteraceae e Myrtaceae foram as que apresentaram o maior número de espécies em sua área de estudo. As Asteraceae com maior espectro de ocorrência foram *Baccharis brevifolia*, *Eupatorium vauterianum* e *Vernonia westiniana*.

De posse dessas informações, propõe-se que experimentos sejam conduzidos no sentido de se empregar algumas destas espécies de pioneiras em associações com algumas das espécies identificadas na Mata da Colina, para os trabalhos de revegetação de áreas degradadas no Planalto de Poços de Caldas.

Constatou-se que os estratos inferiores participam de forma significativa na cobertura do terreno. Essa propriedade da vegetação traz implicações sobre a eficácia dos trabalhos de recomposição sob vários aspectos. Em primeira instância a utilização de espécies herbáceo-arbustivas pode ser uma estratégia eficiente de recobrimento rápido das áreas mineradas, reduzindo os riscos de erosão. Não se pode desprezar o fato de que, em termos fisionômicos, o estrato herbáceo-arbustivo é um dos traços marcantes do ecossistema estudado. A utilização desses elementos da vegetação estaria, portanto, contribuindo para a restituição das feições originais das áreas atingidas. Pelos elementos colhidos sobre a vegetação do Planalto de Poços de Caldas, as fitofisionomias predominantes nesse tipo de ecossistema de topo de montanha são de vegetação de baixo porte. Insistir em processos de recomposição de áreas degradadas nesses locais, esperando a formação de florestas com elementos de grande porte resultaria, provavelmente, em insucesso. Sob outro ângulo, a abundância de vegetação herbáceo-arbustiva, se constitui em sério risco à vegetação arbórea (natural

ou plantada) frente aos episódios de incêndios por se constituir de material altamente combustível. Nesse contexto, sugere-se que maiores estudos sejam dedicados a esse seguimento da vegetação, no Planalto de Poços de Caldas, para que se conheçam melhor os elementos florísticos envolvidos, bem como das suas aplicabilidades com uma estratégia de recomposição.

Pouco se conhece a respeito da fenologia das espécies relacionadas neste estudo, razão pela qual sugerem-se, também, estudos fenológicos com vistas à implantação de campos de coletas de sementes selecionadas, para atendimento da demanda de mudas, nos processos de recuperação de áreas degradadas no planalto de Poços de Caldas.

5 CONCLUSÕES

- As fitofisionomias e composições de espécies, que se sucedem ao longo dos gradientes altitudinais na Mata da Colina, são o resultado de fatores muito variados e que extrapolam uma explicação puramente relacionada à nutrição, umidade e características texturais dos solos.

- Os padrões de distribuição de nutrientes, sedimentos e umidade na Mata da Colina estão, provavelmente, intimamente correlacionados a aspectos catenários, os quais estabeleceram um padrão de sedimentação, no sentido oblíquo no terreno e em direção ao fundo do vale;

- Formações nebulares de origem orográfica devem influenciar no balanço hídrico e distribuição da vegetação da Mata da Colina.

- Foi verificado que a diversidade de espécies tendeu a aumentar em direção ao topo do morro e houve uma tendência de redução dos valores da equabilidade na base e no topo. Essa tendência de redução da equabilidade talvez seja, em parte, decorrente da abundância relativa da *Alchornea triplinervea* na base e *Calyptranthes brasiliensis*, *Siphoneugena densiflora*, *Eugenia florida* e *Myrsine umbellata* no topo e meia encosta do morro.

- O meio do morro se comportou como um ecótono típico, em relação ao setor do topo, onde atributos dos dois ambientes se combinaram. Entre os setores da base e do meio, no entanto, a transição pareceu ser mais abrupta.

Comentários finais e sugestões

As afirmações levantadas neste trabalho não trazem muita novidade, tendo em vista que Carl von Linné e Alexander von Humboldt, dentre outros estudiosos, no Século XVIII, já haviam formulado a hipótese de que a vegetação varia em relação aos gradientes altitudinais. Talvez o maior mérito

deste trabalho seja trazer novos conhecimentos sobre os ecossistemas montanhosos no Brasil e, sobretudo, chamar à atenção do quanto esses ecossistemas são sensíveis às mínimas intervenções antrópicas. Sob este prisma, o atual estágio das ciências de recuperação de áreas degradadas, envolvendo esse tipo de ecossistema estão muito aquém de proporcionar as respostas imediatas na atenuação dos impactos causados pela atividade minerária. Vias de regra, os trabalhos de recuperação de áreas degradadas, em ecossistemas montanhosos, não atingem seus objetivos por não se conhecerem, realisticamente, as variáveis ecológicas envolvidas no processo.

Os subsídios aqui apresentados podem servir de ponto de partida para novos enfoques nos trabalhos de recuperação de áreas degradadas, já que indicam aspectos ecológicos das áreas potencialmente interessantes à mineração de bauxita no Planalto de Poços de Caldas.

Como sugestão de estudos futuros, indicam-se: realização de pesquisas sobre a dinâmica dessas comunidades, pesquisas florísticas das espécies herbáceo-arbustivas, estudos do potencial das espécies registradas em termos de seus potenciais silviculturais, estudos sobre o potencial de algumas dessas espécies como atradoras de fauna dispersora de sementes, estudos fenológicos com vistas à instalação de campos de coletas de sementes.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCOA ALUMÍNIO. Mineração. [S.l.: s.n.].Circulação interna.

ALMEIDA, D. S. de. Recuperação ambiental da mata atlântica. Ilhéus: Editus, 2000. 130 p.

ALMEIDA, F. F. M. Origem e evolução da plataforma brasileira. Boletim da Divisão de Geologia e Mineralogia do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, n.241, p.1-36, 1967.

ALVARENGA, M. I. N.; SOUZA, J. A. de. Atributos do solo e o impacto ambiental. Lavras: UFLA/FAEPE, 1998. 205p. Curso de Pós-graduação Lato Sensu (Especialização a distância) – Solos e Meio ambiente.

ANTAS, L. M. Meteorologia para pilotos. Rio de Janeiro: Ministério da Aeronáutica, 1966. 151 p.

ANGIOSPERM PHYLOGENY GROUP. Na ordinal classification for the families of flowering plants. Annals of the Missouri Botanical Garden, Saint Louis, v. 85, n. 4, p. 531-553, Sept. 1998.

BAIDER, C.; TABARELLI, M. ; MANTOVANI, W. The soil seed bank during Atlantic Forest regeneration in southeast Brazil. Revista Brasileira de Biologia, São Paulo, v. 61, n. 1, p. 35-44, 2001.

BALDASSARI, I. B. Flora de Poços de Caldas: família melastomataceae. 1988. 225 p. Dissertação (Mestrado em Biologia) – Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP.

BERG, E. Van Den. Variáveis ambientais e a dinâmica estrutural e populacional de uma floresta de galeria em Itutinga. 2001. 115 p. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) – Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP.

BERG, E. Van Den; OLIVEIRA FILHO, A. T. Spatial partitioning among tree species within an area of tropical montane gallery forest in south-eastern Brazil. *Flora*, Jena, v.194, p.249-266, 1999.

BOTELHO, S. A.; FARIA, J. M. R.; FURTINI NETO, " E.; RESENDE, A. V. de. *Implantação de florestas de proteção*. Lavras; UFLA/FAEPE, 2001. 81 p.

BRAAK, C. J. F. Ter. The analysis of vegetation-environment by canonical correspondence analysis. *Vegetatio*, The Hague, v.69-77, 1987.

BRAAK, C. J. F. Ter. CANOCO, a FORTRAN program for canonical community ordination by (partial) (detrended) (canonical) correspondence analysis: version 2.1. Technical Report LWA-88-2, Wageningen: TNO Institute of Applied Computer Science, 1988. 95 p.

BRASIL. Constituição (1988). *Constituição da República Federativa do Brasil*: promulgada em 5 de outubro de 1988. Brasília, DF: Senado, 1988.

BROWER, J. E.; ZAR, J. H. *Field and laboratory methods for general ecology*. Dudaque; W. M. C. Brow, 1984. 226 p.

CARVALHO, D. A.; OLIVEIRA-FILHO, A. T. de; VILELA, E. de A.; BERG, E. Van Den; FONTES, M. A. L.; MARQUES, J. J. G. de SÁ e MELO. Variações na florística e estrutura da comunidade arbórea em um gradiente de solos e topografia de uma floresta ombrófila densa altimontana na região da nascente do Rio Grande, em Bocaina de Minas, Minas Gerais. *Acta Botanica Brasilica* (no prelo).

CONACHER, A. J. ; DALRYMPLE, J. B. The nine unit ladsurface model, an approach to pedogeomorphic research. *Geoderma*, Amsterdam, v. 18, n. 1/2, p. 1-154, 1977.

CORREA, M. P. *Dicionário de plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas*. Rio de Janeiro: Imprensa Nacional, 1926-1978. 6 v.

CRAWLEY, M. J. *Plant Ecology*. Oxford: Blackwell Scientific.

DAUBENMEIRE, R. *Plant communities: a textbook of plant synecology*. New York: Haper Row, 1968.

DAVIDE, A. C. Seleção de espécies vegetais para recuperação de áreas degradadas. In: SIMPÓSIO SUL-AMERICANO, 1., SIMPÓSIO NACIONAL, 2., 1994, Foz do Iguaçu. *Recuperação de áreas degradadas: anais...* Curitiba: FUPEF, 1994. p. 111-122.

DIAS, A. C. Reabilitação de áreas mineradas de bauxita em Poços de Cal das. In: SEMINÁRIO NACIONAL SOBRE LAVRA À CÉU ABERTO, 1., Belo Horizonte. *Anais...* Belo Horizonte: Instituto Brasileiro de Mineração, 1982. p. D2.1 - D2.11.

EGLER, F. E. Vegetation science concepts: initial floristic composition, a factor in old-field vegetation development. *Vegetation*, Dordrecht, v. 4, p. 412-417, 1954.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. *Manual de métodos de análise de solo*. 2ª ed., Rio de Janeiro: Embrapa, 1997, 212p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. 2ª ed., Rio de Janeiro: Embrapa, 1997, 412p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de solos. Sistema Brasileiro de classificação de solos. Brasília: EMBRAPA Produção de Informação, 2000.

FERREIRA, M. M. ; DIAS JUNIOR, M. S. Física do solo. Lavras: UFLA/FAEPE, 1997. 63 p. Curso de Pós-graduação Lato Sensu (Especialização à Distância) Solos e Meio Ambiente.

FONTES, M. A. L. Análise da composição florística das florestas nebulares do Parque Estadual de Ibitipoca, Minas Gerais. 1997. 50 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

FRANCO, A. A.; CAMPELLO, E. F.; DIAS, L. E.; FARIA, S. M. Revegetação de áreas de mineração de bauxita em Porto Trombetas – PA com leguminosas arbóreas noduladas e micorrizadas. In: SIMPÓSIO SUL-AMERICANO, 1., SIMPÓSIO NACIONAL, 2., 1994, FOZ DE Iguaçu. Recuperação de áreas degradadas: anais... Curitiba: FUPEF, 1994. p. 145-153..

GATTO, L. C. S. et al. Geomorfologia. In: Brasil. Ministério das Minas e energia. Projeto Radambrasil: levantamento dos recursos naturais. Rio de Janeiro, 1983. v. 32, p. 385-535. Folhas SF 23/24.

GISLER, C. V. T. O uso da serapilheira na recomposição da cobertura vegetal em áreas mineradas de bauxita, Poços de Caldas, MG. 1995. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Universidade de São Paulo, São Paulo.

GRIFFITH, J. J.; DIAS, L. E.; JUCKSCH, I. Novas estratégias ecológicas para a revegetação de áreas mineradas no Brasil. In: SIMPÓSIO SUL-AMERICANO, 1., SIMPÓSIO NACIONAL, 2., 1994, Foz do Iguaçu. Recuperação de áreas degradadas: anais... Curitiba: FUPEF, 1994. p. 31- 43.

GROMBONE, M. T.; BERNACCI, L. C.; MEIRA NETO, J. A.; TAMASHIRO, J. Y.; LEITÃO FILHO, H. F. Estrutura fitossociológica da floresta semidecídua de altitude do Parque Municipal da Grota Funda (Atibaia – Estado de São Paulo). *Acta Botânica Brasilica*, Rio de Janeiro, v. 4, p. 47-64, 1990.

GUARIGUATA, M. R.; DUPUY, J. M. Forest regeneration in abandoned logging roads in lowland Costa Rica. *Biotropica*, Washington, v. 29, n. 1, p. 15-28, Mar. 1997.

HAMILTON, L. S. Mountain cloud forest conservation and research: a synopsis. *Mountain Research and Development*, Berkeley, v. 15, n. 3, p. 259-266, Aug. 1995.

HELTSCHKE, J. F.; FORRESTER, N. E. Estimating species richness using the jackknife procedure. *Biometrics*, Washington, v. 39, n. 1, p. 1-12, Feb. 1983.

HOWE, H. F.; SCHUPP, E. W.; WESTLEY, L. C. Early consequences of seed dispersal for a neotropical tree (*Visola surinamensis*). *Ecology*, v. 66, p. 781-791, 1985.

HUTCHESON, K. A. A. A teste for comparing diversities based on the shannon formula. *Journal Theoret. Biology*, v. 29, p. 151-154, 1970.

HUGGET, R. J. *Geocology: na evolutionary approach*. New York: Routledge, 1995.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Geografia do Brasil : região sudeste*. Rio de Janeiro: IBGE, 1977.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Mapa da vegetação do Brasil*. Rio de Janeiro: 1993.

INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. *Sul de Minas: informações básicas para investidores*. Belo Horizonte, 1977. p. 79.

KAGEYAMA, P. Y., CARPANEZZI, A. A. ; COSTA, L. G. S. **Diretrizes para a reconstituição da vegetação florestal ripária de uma área piloto da Bacia de Guarapiranga: relatório apresentado à Coordenadoria de Planejamento Ambiental da Secretaria de Estado do Meio Ambiente de Piracicaba.** Piracicaba: SEMA, 1991. p. 34.

KAPPELLE, M.; GEUSE, T.; LEAL, M.; CLEF, M. Sucessional age and forest structure in a Costa Rica upper montane Quercus forest . **Journal Tropical Ecology**, Cambridge, v. 12, n. 5, p. 681-698, Sept. 1996.

KENT, M.; COKER, P. **Vegetation description and analysis: a practical approach.** London: Belhaven Press, 1992. 263 p.

KLEIN, R. M. Ecologia da flora e vegetação do vale do Itajaí. **Sellowia**, Itajaí, v. 32, p. 165-389, nov. 1980.

LIMA, M. P. M. de.; GUEDES-BRUNI, R. R. (Org.). **Reserva ecológica de Macaé de Cima - Nova Friburgo - RJ: aspectos florísticos das espécies vasculares.** Rio de Janeiro: Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 1994. v. 1, 404 p.

LORENZO, J. S. **Regeneração Natural de uma área minerada de bauxita em Poços de Caldas - MG.** 1991. 151 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

McCOOK, L. J. Understanding ecological community succession: casual models and theories: a review. **Vegetation**, Dordrecht, v. 110, n. 2, p. 115-147, Feb. 1994.

MCCUNE, B.; MEFFORD, M. J. **Multivariate analysis of ecological data: version 3.12.** Oregon: MjM Software, 1997.

MEIRA NETO, J. A. A.; BERNACCI, L. C.; GROMBONE, M. T.; TAMASHIRO, J. Y.; LEITÃO-FILHO, H. F. Composição florística da floresta semidecídua de altitude do Parque Municipal da Grotta Funda (Atibaia, Estado de São Paulo). *Acta Botânica Brasilica*, Rio de Janeiro, v. 3, n. 2, p. 51-74, dez. 1989.

MORAES, C. A. F. de. Controle ambiental na mineração de bauxita. *Brasil Mineral*, n. 98, p. 58-61, 1982.

MULLER-DOMBOIS, D.; ELLENBERG, H. *Aims and of vegetation ecology*. New York: Wiley & Sons, 1974.

NAPPO, M. E. Inventário florístico e estrutural da regeneração natural no sub-bosque de povoamentos homogêneos de *Mimosa scabrella* Benthham, implantados em áreas mineradas em Poços de Caldas, Minas Gerais. 1999. 87 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

NEGREIROS, J. H. C. Bauxita em Poços de Caldas. Poços de Caldas: ALCOMINAS, 1979. 24 p.

ODUM, E. P. *Ecologia*. Rio de Janeiro: Guanabara, 1988.

OLIVEIRA FILHO, A. T. Composição florística e estrutura comunitária da floresta de galeria do córrego da Paciência, Cuiabá (MT). *Acta Botanica Brasilica*, Rio de Janeiro, v.3, p.91-112, 1989.

OLIVEIRA FILHO, A. T. *Estudo Florístico e Fitossociológico em um Cerrado na Chapada dos Guimarães, Mato Grosso: uma análise de gradientes*. 1984. 133 f. Dissertação (Mestrado em Biologia) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

OLIVEIRA FILHO, A. T.; ALMEIDA, R. J.; MELLO, J. M. ; GAVILANES, M. L. Estrutura fitossociológica e variáveis ambientais em um trecho da mata ciliar do córrego dos Vilas Boas, Reserva Biológica do Poço Bonito, Lavras (MG). *Revista Brasileira de Botânica*, São Paulo, v. 17, n. 1, p.67-85, 1994a.

OLIVEIRA FILHO, A. T.; CURI, N.; VILELA, E. A.; CARVALHO, D. A. Effects of canopy gaps, topography and soils on the distribution of woody species in a central Brazilian deciduous dry forest. *Biotropica*, Washington, v. 30, n. 3, p. 362-375, Sept. 1998.

OLIVEIRA FILHO, A. T.; CURI, N.; VILELA, E. A. ; CARVALHO, D. A. Tree species distribution along soil catenas in a riverside semideciduous forest in southeastern Brazil. *Flora*, Jena, v. 192, n. 1, p. 47-64, Jan. 1997a.

OLIVEIRA FILHO, A. T.; CURI, N.; VILELA, E. A.; CARVALHO, D. A. Variation in tree community composition and structure with changes in soil properties within a fragment of semideciduous forest in south-eastern Brazil. *Edinburgh*, v. 58, n. 1, p. 139-158, Jan. 2001.

OLIVEIRA FILHO, A. T.; FONTES, M. A. L. Patterns of floristic differentiation among Atlantic forest in south-eastern Brazil, and the influence of climate. *Biotropica*, Saint louis, v. 32, n. 4, p. 793-810, Dec. 2000.

OLIVEIRA FILHO ; A. T.; MARTINS, F. R. Distribuição, caracterização e composição florística das formações vegetais da região da Salgadeira, na Chapada Guimarães (MT). *Revista Brasileira de Botânica*, São Paulo, v. 22, n.1, 3, p. 69-77, 1997.

OLIVEIRA FILHO, A. T.; RATTER, J. A.; SHEPHERD, G. J. Floristic composition and community structure of a central Brazilian gallery forest. *Flora*, Jena, v. 184, p. 103-117, 1990.

OLIVEIRA FILHO, A. T.; VILELA, E. A.; CARVALHO, D. A. ; GAVILANES, M. L. Differentiation of streamside and upland vegetation in an area of montane semideciduous forest in southeastern Brazil. *Flora*, London, v. 189, p. 1-19, 1994a.

OLIVEIRA FILHO, A. T.; VILELA, E. A.; GAVILANES, M. L. ; CARVALHO, D. Effect of flooding regime and understory bamboos on the physiognomy and tree species composition of a tropical semideciduous forest in southeastern Brazil. *Vegetatio*, Dordrecht, v. 113, n. 2, p. 99-124, Aug. 1994c.

OLIVEIRA FILHO, A. T.; VILELA, E. A.; CARVALHO, D. A. ; GAVILANES, M. L. Effects of soils and topography on the distribution of tree species in tropical riverine forest in south-eastern Brazil. *Journal Tropical Ecology*, Cambridge, v. 10, part. 4, p. 483-508, Nov. 1994b.

ORLOCI, L. Geometric models in ecology I. the theory and application of some ordination methods. *Journal of Ecology*, v. 54, p. 193-215, 1966.

PEREIRA, S. Contribuição ao conhecimento das gramíneas do município de Poços de Caldas, MG. 1986. 516 p. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

REICHARDT, K. A água: absorção e translocação. In: FERRI, M. G. (Coord.). *Fisiologia vegetal 1*. São Paulo: EDUSP, 1979. 350 p.

RESCK, D. V. S.; FIGUEIREDO, M. de S.; FERNANDES, B.; RESENDE, M.; SILVA, T. C. A. da. Intensidade de perdas de nutrientes em um Podzólico Vermelho-Amarelo,

utilizando-se simulados de chuva. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 4, p. 188-192, 1980.

RESENDE, M. Aplicação de conhecimentos pedológicos à conservação de solos. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 11, n. 128, p. 3-18, ago. 1985.

RICKLEFS, R. E. **A economia da natureza: um livro texto em ecologia básica**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1993. 470p

ROBIM, M. de J.; PASTORE, J. A.; AGUIAR, T. de; BAITELLO, J. B. Flora arbóreo arbustiva e herbácea do Parque Estadual de Campos do Jordão (SP). **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 2, n. 1, p. 31-53, jul. 1990.

RODRIGUES, T. E. **Caracterização e gênese de solos brunos do maciço alcalino de Poços de Caldas (MG)**. 1984. 255 p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

ROSTANGO, L. da S. C. **Caracterização de uma paisagem na área de influência do reservatório da Usina Hidrelétrica do Funil, Ijaci - MG**. 1999. 66p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

SCOLFORO, J. R. S.; MELLO, J. M. de. **Inventário Florestal**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1997. 341 p.

SIQUEIRA, J. O. **Biologia do solo**. Lavras: UFLA/FAEPE. 1997. 239 p. Curso de Pós-Graduação Lato Sensu (Especialização à distância) em Solos e Meio Ambiente).

SOUZA, J. A. **Avaliação das estratégias de recuperação de áreas degradadas pela mineração de bauxita em Poços de Caldas**. 1997. 103 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

TABARELLI, M.; MANTOVANI, W. A regeneração de uma floresta tropical montana após corte e queima. *Revista Brasileira de Biologia*, São Paulo, v. 59, n. 2, p. 239 – 250, maio 1999.

ULBRICK, H. H. G. J. A petrografia, a estrutura e o quimismo de nefelina sienitos do maciço alcalino de Poços de Caldas, MG-SP. 1984. *Dissertação (Livre Docência)* – Universidade de São Paulo, São Paulo.

VALE, F. R. do.; GUILHERME, L. R. G.; GUEDES, G. A. de A.; FURTINI NETO, A. E. Fertilidade do solo: dinâmica e disponibilidade dos nutrientes de plantas. Lavras: UFLA/FAEPE, 1997. 171p. Curso de Pós-graduação Lato Sensu (Especialização à Distância) em Solos e Meio Ambiente.

VELOSO, H. P.; RANGEL FILHO, A. L. R.; LIMA, J. C. A. *Classificação da vegetação brasileira adaptada a um sistema universal*. Rio de Janeiro: IBGE, 1991. 123 p.

VILELA, E. A.; OLIVEIRA FILHO, A. T.; GAVILANES, M. L.; CARVALHO, D. A. Espécies de matas com potencial para estudos de revegetação no Alto Rio Grande, Sul de Minas. *Revista Árvore*, v. 17, n. 2, p. 117-128, 1993.

WEAVER, P. L. The colorado and Dwarf Forests of Puerto Rico's Luquillo Mountains. In: LUGO, A. E.; LOWE, C. (Eds.). *Tropical forests: management and ecology*. New York: Springer-Verlag, 1995. p. 109-141. (Ecological Studies, v. 112).

WEBSTER, G. L. The panorama of Neotropical Cloud Forests. In: NEOTROPICAL MONTANE FOREST BIODIVERSITY AND CONSERVATION SYMPOSIUM, 1993, New York. *Proceedings...* New York: The New York Botanical Garden, 1995. p. 53-77.

WHITMORE, T. C. Canopy gaps and the two major groups of forest tree. *Ecology*, Washington, v. 70, n. 3, p. 536-538, June 1883.

WILLIAMS, D. (Coord.). *Memorial da Companhia Geral de Minas seus 65 anos (1935-2000) e apontamentos da história da mineração no planalto de Poços de Caldas*. Poços de Caldas: ALCOA, 2001.

WILLIAMS, D. D.; BUGIN, A. ; REIS, J. L. B. C. *Manual de recuperação de áreas degradadas pela mineração: técnicas de revegetação*. Brasília: IBAMA, 1990. 96 p.

ZANZINI, A. C. S. *Princípios de Ecologia e Manejo da Paisagem para a Conservação da Fauna Silvestre*. Lavras: UFLA/FAEPE, 2001. 117 p.

ZAR, J. H. *Biostatistical analysis*. New Jersey: Prentice-Hall, 1984.

ANEXO

	Página
TABELA 1A Características químicas e físicas de três horizontes de um Cambissolo Húmico Distrófico Léptico de Poços de Caldas-MG. No horizonte A, não foram efetuadas algumas análises. Análises realizadas de acordo com métodos padrão estabelecidos por Embrapa (1997)	157

TABELA 1A Características químicas e físicas de três horizontes de um Cambissolo Húmico Distrófico Léptico de Poços de Caldas-MG. No horizonte A, não foram efetuadas algumas análises. Análises realizadas de acordo com métodos padrão estabelecidos por Embrapa (1997).

Análises	Horizontes		
	A (0-0,2 m)	Bi (0,25-0,35 m)	C (0,4-0,5 m)
Fertilidade do Solo			
pH H ₂ O	4,5	5,1	5,4
P disponível (mg kg ⁻¹)	2,3	0,6	0,4
K trocável (mg kg ⁻¹)	94	36	13
Ca trocável (mmol _c kg ⁻¹)	5	3	2
Mg trocável (mmol _c kg ⁻¹)	2	1	1
Al trocável (mmol _c kg ⁻¹)	36	13	6
H + Al (mmol _c kg ⁻¹)	267	98	56
†CTC efetiva (mmol _c kg ⁻¹)	45	18	9
CTC a pH 7 (mmol _c kg ⁻¹)	276	103	59
Saturação por bases (%)	3	5	6
Saturação por Al (%)	79	73	65
Matéria orgânica (g kg ⁻¹)	250	37	24
Zn disponível (mg kg ⁻¹)	6	2	1
Mn disponível (mg kg ⁻¹)	53	9	25
Cu disponível (mg kg ⁻¹)	0,2	0,2	0,3
Ataque sulfúrico			
SiO ₂ (g kg ⁻¹)		88	86
Al ₂ O ₃ (g kg ⁻¹)		423	449
Fe ₂ O ₃ (g kg ⁻¹)		97	102
TiO ₂ (g kg ⁻¹)		20	19
P ₂ O ₅ (g kg ⁻¹)		0,1	0,1
Granulometria			
Areia (g kg ⁻¹)		150	160
Silte (g kg ⁻¹)		290	340
Argila (g kg ⁻¹)		560	500

†Capacidade de troca de cátions.