

# RELAÇÃO DAS ESPÉCIES COLONIZADORAS COM AS CARACTERÍSTICAS DO SUBSTRATO EM ÁREAS DEGRADADAS NA SERRA DO ESPINHAÇO MERIDIONAL

## *RELATIONSHIP COLONIZING SPECIES WITH THE SUBSTRATE CHARACTERISTICS IN DEGRADED AREAS IN SOUTHERN SIERRA OF ESPINHAÇO*

Wander Gladson AMARAL<sup>1</sup>; Israel Marinho PEREIRA<sup>2</sup>; Evandro Luiz Mendonça MACHADO<sup>2</sup>; Paula Alves OLIVEIRA<sup>3</sup>; Luis Gustavo DIAS<sup>3</sup>; Danielle Piuzana MUCIDA<sup>4</sup>; Cristiany Silva AMARAL<sup>5</sup>

1. Engenheiro Florestal, Mestre em Ciência Florestal, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri - UFVJM, Diamantina, MG, Brasil. wander.amaral@yahoo.com.br; 2. Professor, Doutor, Departamento de Engenharia Florestal - UFVJM, Diamantina, MG, Brasil; 3. Discente do curso de Engenheiro Florestal - UFVJM, Diamantina, MG, Brasil; 4. Geóloga, Professora, Doutora, Departamento de Humanidades - UFVJM, Diamantina, MG, Brasil; 5. Mestre em Ciência Florestal - UFVJM, Diamantina, MG, Brasil.

**RESUMO:** Este trabalho foi realizado em três áreas degradadas em processo de regeneração natural em Diamantina, MG. O objetivo do trabalho foi relacionar a distribuição da abundância das espécies colonizadoras com as variáveis ambientais. As comunidades das áreas degradadas pelo garimpo de diamante (ADGD) e ouro (ADGO), assim como, pelo processo de voçorocamento (ADV) contou com 50 (10 x 10 m), 30 (10 x 10 m) e 36 (5 x 3m) parcelas, respectivamente, nas quais foram mensurados todos os indivíduos arbustivo-arbóreos vivos encontrados nas parcelas com DAS<sub>30</sub> ≥ 3 cm. Da mesma forma, em cada parcela, foi coletada uma amostra composta do substrato superficial (0-20 cm), sendo analisados os parâmetros físicos, químicos e topográficos. Para analisar as correlações entre os gradientes ambientais e vegetacionais foi empregada a Análise de Correspondência Canônica (CCA). No geral foram amostrados 1.152 indivíduos, pertencentes a 16 famílias e 38 espécies, sendo 153 indivíduos, 5 famílias e 9 espécies pertencentes a ADGD; 921 indivíduos, 16 famílias e 36 espécies pertencentes a ADGO e 78 indivíduos, 9 famílias e 11 espécies pertencentes a ADV. Verificou-se que houve relação entre os gradientes ambientais e a abundância e composição florística da vegetação colonizadora, ficando a maioria das espécies mais fortemente correlacionada com as variáveis desnível, M.O, m e umidade.

**PALAVRAS-CHAVE:** Relação solo-planta. Análise multivariada. Substrato. Heterogeneidade espacial.

## INTRODUÇÃO

Atividades antrópicas reforçam o paradoxo estabelecido entre desenvolvimento e conservação. Assim, a demanda por matéria-prima para sustentar os meios de produção tem íntima relação com a exploração dos recursos naturais, que realizada de modo inadequado e insustentável, gera a degradação do meio ambiente. Neste contexto, a humanidade, diante dos desafios que se apresentam para a continuidade da vida, vem buscando alternativas para a recuperação das áreas degradadas; alternativas estas que tenham eficácia no seu propósito com menor custo e o retorno destas áreas às condições próximas das originais.

Para mitigar esses impactos ambientais adversos, técnicas eficazes de recuperação florestal são necessárias e sua implementação bem sucedida requer planejamento cuidadoso e integração das operações de mineração e de recuperação com base nos conhecimentos silviculturais e princípios ecológicos (BRADSHAW, 1987). Além disso, o conhecimento silvicultural deve selecionar espécies

e técnicas adequadas para cada local, pensando sempre na restauração a longo prazo.

A falta de conhecimento científico sobre a fertilidade do solo e sua relação com a vegetação natural constitui um obstáculo à conservação e ao manejo das áreas de campo rupestre, bem como às intervenções para restauração de áreas degradadas neste ecossistema (ALMEIDA; SÁNCHEZ, 2005). O conhecimento da fertilidade dos solos de campo rupestre e sua relação com os níveis encontrados nas áreas degradadas a serem restauradas constituem uma importante etapa no processo de seleção de espécies potencialmente aptas a se estabelecerem e promoverem a efetiva recolonização nestas áreas (NEGREIROS et al., 2009).

Neste contexto, a Análise de Correspondência Canônica (CCA) é a análise multivariada mais indicada quando o objetivo é obter uma relação mais estreita das variáveis ambientais com a abundância de espécies (KENT; COKER, 1992; DIGBY; KEMPTON, 1996). Contudo, trabalhos que visam relacionar a

comunidade vegetal colonizadora em áreas degradadas pela mineração às suas variáveis ambientais são praticamente inexistentes, justificando a importância destes tipos de trabalhos na geração de informações estratégicas para a implantação de programas de recuperação ambiental, quando se utiliza espécies nativas (VILELA et al., 1993), já que só depois disto torna-se possível o manejo apropriado das comunidades estudadas (VAN DEN BERG, 1995).

A região no qual se insere este trabalho está situada na Serra do Espinhaço Meridional e tem sido objeto de estudos de cunho geológico pelo menos desde o início do século XVIII. O acervo bibliográfico existente sobre a região, decorrente da descoberta dos depósitos diamantíferos no século XVIII, é vasto e distribuído em diversas publicações (LOPES et al., 2011). Neste contexto, a região possui inúmeras áreas que já foram garimpadas e que atualmente encontram-se abandonadas, daí a importância dos dados apresentados, que podem fornecer subsídios para estudos futuros, visando à recuperação de suas áreas degradadas e entorno. Assim, a questão investigada neste trabalho é se existe relação entre os gradientes ambientais e a estrutura e composição florística da vegetação colonizadora em três áreas degradadas no Parque Estadual do Biribiri.

O presente estudo teve como objetivo relacionar a distribuição das abundâncias das espécies colonizadoras com as variáveis ambientais, com ênfase nas variações químicas, físicas e topográficas do substrato em três áreas degradadas pelo garimpo em processo de regeneração natural em Diamantina, MG.

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no Parque Estadual do Biribiri (PEB), no município de Diamantina, Minas Gerais, na região do Alto Jequitinhonha, na Serra do Espinhaço Meridional, em três áreas sob diferentes tipos pretéritos de degradação assim descritos (Figura 1): Área 1 (ADGD): Garimpo de diamante desativado (0,97 ha), em formação de campo rupestre, com solos pouco desenvolvidos e constantes afloramentos de rocha (arenito e quartzito) situada nas coordenadas 649039.72, 649065.89 E e 7987046.96, 7986917.00 S (UTM), zona 23K. Área 2 (ADGO): Corresponde a um garimpo de ouro desativado (2,57 ha), sendo sua vegetação original uma transição entre cerrado ralo, candeial e floresta estacional semidecídua, situada nas coordenadas 649390.39, 649352.30 E e 7987270.13, 7987310.25 S (UTM), zona 23K.

Estas duas áreas apresentadas encontram-se dentro dos limites do referido parque. Área 3 (ADV): Área degradada por mineração de diamante/cristais que resultou em voçorocamento com 1,72 ha, substratos com baixa compactação, onde sua cobertura original típica de cerrado ralo situado nas coordenadas 649176.34, 649377.97 E e 7986211.14, 7986098.64 S (UTM), zona 23K. Atualmente está circundado por uma matriz de baixa biomassa, confrontando-se com pastagem degradada e áreas de empréstimo em seu entorno. Segundo comunicação oral (moradores de Diamantina que eram ligados à atividade garimpeira nas décadas de 1960 a 1990), estas áreas foram mineradas há aproximadamente 200 anos, não havendo relatos de atividades antrópicas posteriores a este período.

O clima na região de estudo é do tipo Cwb, segundo a classificação de Köppen, com altitude em torno de 1.390 m, temperatura média anual na faixa de 18° a 19°C e precipitação média anual que varia de 1.250 a 1.550 mm. A umidade relativa do ar é quase sempre elevada, com médias anuais de 75,6% (NEVES et al., (2005).

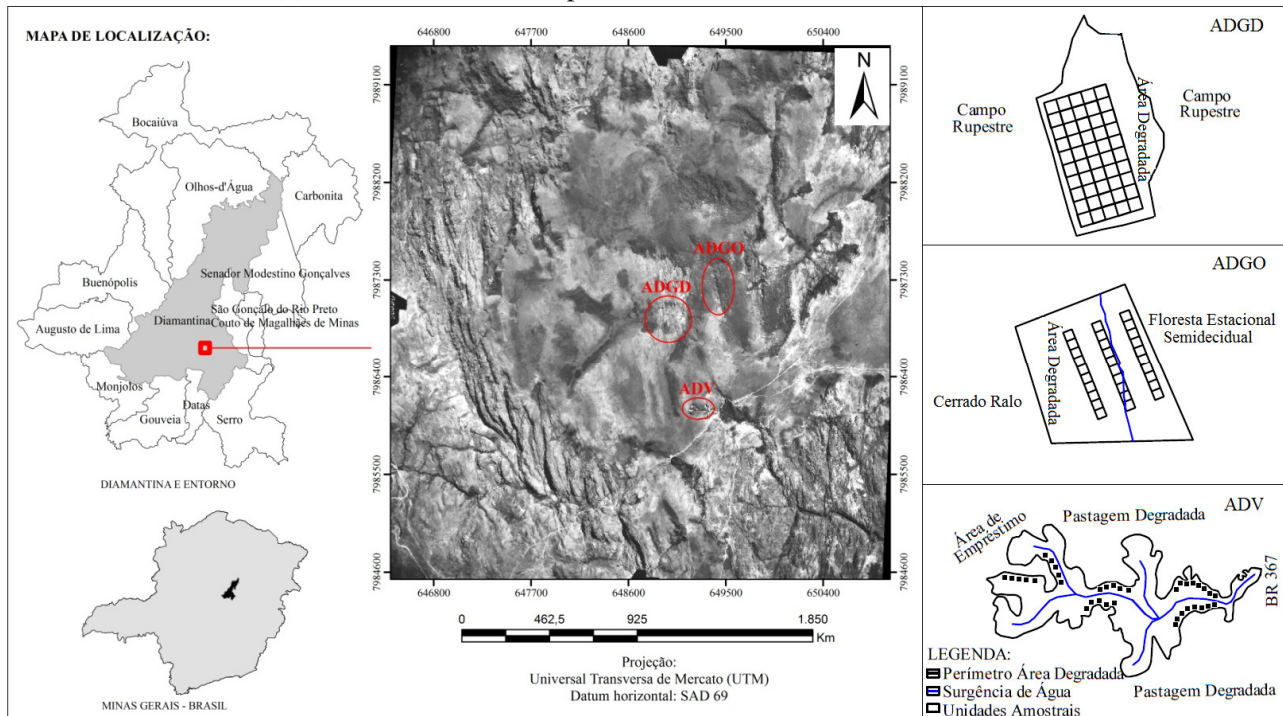
Para a definição da amostragem considerou-se a existência de manchas homogêneas e a peculiaridade de cada ambiente estudado. Considerou-se ainda, as dimensões, forma e relevo de cada área. Sendo alocadas 50 (10 x 10 m), 30 (10 x 10 m) e 36 (5 x 3 m) parcelas respectivamente nas áreas ADGD, ADGO e ADV onde foram mensurados todos os indivíduos arbustivo-arbóreos vivos encontrados nas parcelas com  $DAS_{30} \geq 3$  cm. O sistema de classificação utilizado foi o APG III (2009).

Para analisar as correlações entre os gradientes ambientais e vegetacionais foi empregada a Análise de Correspondência Canônica (CCA) (TER BRAAK, 1987) com o uso do programa PC-ORD for Windows versão 6.0 (MCCUNE; MEFFORD, 2011). Com o intuito de testar a significância da correlação entre as duas matrizes, identificar a probabilidade de acerto da relação encontrada entre as matrizes originais aplicou-se o teste de Monte Carlo (TER BRAAK, 1988).

A matriz de abundância das espécies foi constituída do número de indivíduos por parcela da i-ésima espécie, com o uso apenas as espécies que apresentaram cinco ou mais indivíduos na amostragem. Esse procedimento é considerado conveniente nas técnicas de ordenação, uma vez que indivíduos menos abundantes contribuem muito pouco ou nada para a ordenação e só aumentam o volume de cálculos e erros de

interpretação (CAUSTON et al., 1998). De acordo com as recomendações de ter Braak (1995), os valores de abundância (a) foram transformados pela

expressão  $\ln(x + 1)$  para compensar os desvios causados por alguns poucos valores muito elevados.



**Figura 1.** Área de estudo e croqui com a distribuição espacial das parcelas das três áreas estudadas. Em que: ADGD = área degradada pelo garimpo de diamante; ADGO = área degradada pelo garimpo de ouro; ADV = área degradada pelo processo de voçorocamento.

Nos diagramas das CCAs as parcelas e as espécies são representadas por pontos. As variáveis ambientais, por sua vez, são representadas por setas que indica a direção do seu gradiente máximo, sendo o comprimento da seta proporcional à correlação da variável com os eixos (TER BRAAK, 1988). Para melhorar a compreensão, o gráfico de ordenação foi separado em dois diagramas de ordenação, um com a ordenação das parcelas e outro com a das espécies, sendo que, em ambos, as posições das variáveis ambientais foram idênticas.

A matriz de variáveis ambientais incluiu, a princípio, todas as variáveis Químicas: pH em água; teores de P, K, Ca, Mg e Al; complexo sortivo (acidez potencial (H +Al), saturação por bases (V%), soma de bases (SB), CTC a pH 7 (T), CTC efetiva (t) e saturação por alumínio (m%) e matéria orgânica (M.O); Físicas: areia, silte e argila mensurados segundo o método da pipeta (EMBRAPA, 1997), cobertura de cascalho e rocha exposta (método visual), resistência mecânica à penetração na camada de 0-30 cm (RP\_0-10, RP\_10-20, RP\_20-30 cm), com o uso do Penetrographer modelo PAT SC-60, umidade, luminosidade; e Topográficas do solo: cota média, obtida da média das quatro cotas dos vértices, e

desnível, obtido da diferença entre a cota máxima e mínima. Após realizar uma CCA preliminar, com as 23 variáveis estabelecidas inicialmente, foram eliminadas aquelas variáveis ambientais fracamente correlacionadas ( $< 0,5$  com eixos 1 e 2) ou altamente redundantes entre si. Na CCA final as variáveis mais representativas e mais fortemente correlacionadas com os eixos de ordenação: m%, V, M.O, areia, RP\_0-10, RP\_10-20, RP\_20-30, umidade, desnível e cascalho exposto.

Para comparar os diferentes setores das áreas estudadas quanto ao perfil de estratégias ecológicas de suas espécies arbóreas, estas foram classificadas em três sistemas de guildas de acordo com as estratégias de regeneração, estratificação e dispersão.

As espécies foram classificadas nas guildas de regeneração definidas por Swaine; Whitmore (1988). Quanto às guildas de dispersão, as espécies foram classificadas, de acordo com Van der Pijl (1982). Para verificar se a distribuição das frequências de indivíduos arbustivo-arbóreos nas guildas de regeneração, estratificação e dispersão era independente da área, foi aplicado o teste de qui-quadrado ( $X^2$ ) para Tabelas de contingência (ZAR, 1996).

**RESULTADOS E DISCUSSÃO**

No geral foram amostrados 1.152 indivíduos, pertencentes a 16 famílias e 38 espécies, sendo, 153 indivíduos, cinco famílias e nove espécies pertencentes a ADGD; 921

indivíduos, 16 famílias e 36 espécies pertencentes a ADGO e 78 indivíduos, nove famílias e 11 espécies pertencentes a ADV (Tabela 1), os quais seus valores de abundância ( $\geq 5$ ) foram submetidas a uma Análise de Correspondência Canônica.

**Tabela 1.** Relação das espécies arbustivo-arbóreas com número de indivíduos  $\geq$  cinco registrados nas áreas de estudo no Parque Estadual do Biribiri, Diamantina, MG, dispostas em ordem alfabética de família, seguidas de seus respectivos números de indivíduos (NI.) e suas guildas.

FAMÍLIA/ ESPÉCIES	NI.			G. D	G. R	HÁB.
	ADGD	ADGO	ADV			
<b>ANNONACEAE</b>						
<i>Xylopia sericea</i> A.St.Hil.	-	20	-	Zoo	SI	Arb
<b>ASTERACEAE</b>						
<i>Baccharis brachylaenoides</i> DC.	1	18	-	Ane	P	Arbu
<i>Baccharis dentata</i> (Vell.) G.M.Barroso	-	24	-	Ane	P	Arbu
<i>Eremanthus erythropappus</i> (DC.) MacLeish	61	1	5	Ane	P	Arb
<i>Eremanthus incanus</i> (Less.) Less.	-	180	-	Ane	P	Arb
<i>Lychnophora pohlii</i> Mart.	-	14	9	Ane	P	Arbu
<i>Pseudobrickellia angustissima</i> R.M.King.	9	12	-	Ane	P	Arbu
<b>BURSERACEAE</b>						
<i>Protium spruceanum</i> (Benth.) Engl.	-	6	-	Zoo	ST	Arb
<b>CLUSIACEAE</b>						
<i>Kielmeyera lathrophyton</i> Saddi	1	2	2	Ane	C	Arb
<b>LAURACEAE</b>						
<i>Ocotea lancifolia</i> (Schott) Mez	-	6	-	Zoo	C	Arb
<b>FABACEAE</b>						
<i>Senna aristeguietae</i> H.S.Irwin; Barneby	-	16	-	Zoo	P	Arb
<i>Swartzia myrtifolia</i> J.E.Sm.	-	5	-	Zoo	SI	Arb
<i>Tachigali rugosa</i> (Mart. ex Benth.)	-	11	-	Ane	C	Arb
<b>MALPIGHIACEAE</b>						
<i>Byrsonima coccolobifolia</i> Kunth	-	5	-	Zoo	P	Arb
<i>Byrsonima variabilis</i> A. Juss.	-		9	Zoo	ST	Arbu
<i>Coccoloba brasiliensis</i> Nees; Mart.	-	96	-	Zoo	P	Arb
<b>MELASTOMATACEAE</b>						
<i>Lavoisiera montana</i> Cogn.	72	12	-	Ane	P	Arbu
<i>Lavoisiera pectinata</i> Cogn.	-	4	10	Ane	P	Arbu
<i>Miconia pepericarpa</i> DC.	-	10	-	Zoo	P	Arb
<i>Tibouchina candolleana</i> (Mart. ex DC.)	2	56	-	Ane	P	Arb
<i>Tibouchina mutabilis</i> (Vell.) Cong.	-	10	-	Ane	P	Arb
<i>Trembleya laniflora</i> (D. Don) Cogn.	-	124	-	Ane	P	Arb
<i>Trembleya parviflora</i> (D. Don) Cogn.	1	36	28	Ane	P	Arb
<b>MYRSINACEAE</b>						
<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) Roem.; Schult.	-	17	-	Zoo	P	Arb
<i>Myrsine guianensis</i> (Aubl.) Kuntze	2	3	1	Zoo	C	Arb

FAMÍLIA/ ESPÉCIES	NL			G. D	G. R	HÁB.
	ADGD	ADGO	ADV			
<b>MYRTACEAE</b>						
<i>Marlierea laevigata</i> (DC.) Kiaersk.	-	11	1	Zoo	ST	Arb
<i>Myrcia guianensis</i> (Aubl.) DC.	-	7	-	Zoo	C	Arb
<i>Myrcia mutabilis</i> (O. Berg) N.Silveira	-	11	-	Zoo	C	Arb
Sp1	-	13	-	-	-	-
<b>NYCTAGINACEAE</b>						
<i>Guapira graciliflora</i> (Schmidt) Lundell	-	5	-	Zoo	SI	Arb
<i>Guapira opposita</i> (Vell.) Reitz	-	56	2	Zoo	SI	Arb
<b>PROTEACEAE</b>						
<i>Roupala montana</i> Aubl.	-	72	6	Zoo	C	Arb
<b>RUBIACEAE</b>						
<i>Cordia sessilis</i> (Vell.) Kuntze	-	24	-	Zoo	P	Arb
<i>Ladenbergia cuyabensis</i> Klotzsch	-	7	-	Zoo	SI	Arbu
<i>Palicourea rigida</i> Kunth	4	-	5	Zoo	P	Arbu
<b>SAPINDACEAE</b>						
<i>Averrhoidium gardnerianum</i> Baill.	-	5	-	Zoo	P	Arb
<b>SIMAROUBACEAE</b>						
<i>Simarouba versicolor</i> A.St.-Hil.	-	17	-	Zoo	C	Arb
<b>THEACEAE</b>						
<i>Laplacea tomentosa</i> (Mart.; Zucc.) G.Don	-	5	-	Zoo	ST	Arb

Em que: G.R = guilda de regeneração (P = pioneira; SI = secundária inicial; ST = secundária tardia; C = clímax); G. D = guildas de dispersão (Ane = anecórica; Zoo = zoocórica; Auto = autocórica); HÁB = hábito (Arb = árvore; Arbu = arbustivo); ADGD = área degradada pelo garimpo de diamante; ADGO = área degradada pelo garimpo de ouro; ADV = área degradada pelo processo de voçorocamento.

A maior concentração de indivíduos e espécies nos estádios iniciais de sucessão indica que a comunidade estudada se encontra em uma etapa seral pioneira. Esse fato é também comprovado pela presença das famílias Asteraceae e Melastomataceae, que ocuparam as primeiras posições no ranking das famílias mais importantes na área (ARAÚO et al., 2006).

A distribuição da abundância de indivíduos arbustivo-arbóreos nas guildas de regeneração sugere que o passado de distúrbios e o substrato podem ter interferido na abundância e proporção de espécies pioneiras, secundária inicial, secundária tardia e clímax (NUNES et al., 2003). Indivíduos das espécies pioneiras foram mais frequentes que o esperado nas ADGD e ADGO, e menos frequentes que o esperado na ADV. O oposto ocorreu com os indivíduos clímax, sendo menos frequentes que o esperado na ADGD e ADV e mais frequentes que o esperado na ADGO. Já as espécies pertencentes aos grupos funcionais das secundárias iniciais a tardias apresentaram praticamente o mesmo comportamento, onde o número de indivíduos esperado foi maior que o observado com exceção

da ADGO. Estes resultados sugerem que a ADGO esteja em estágio mais avançado de sucessão, por possuir maior número de espécies características de florestas maduras. Por outro lado, as proporções significativamente maiores de indivíduos de espécies exigentes de luz nas outras duas áreas reforçam a hipótese de fases mais iniciais de regeneração. Na ADGD tal evento parece ter sido favorecido pela maior intensidade luminosa, juntamente com a grande porcentagem de rocha e cascalho exposto que contribuiu para o número reduzido de espécies e indivíduos na área. Já a grande presença de espécies pioneiras na ADV pode ter sido influenciada pela baixa fertilidade natural do substrato, além de algumas parcelas estarem sofrendo diretamente com a colonização de samambaias, o que interfere de forma negativa os processos sucessionais.

Autores como (TABARELLI et al. 1993b; FERRETTI et al. 1995; ALMEIDA; SOUZA 1997; DIAS et al. 1998; PAULA et al. 2003), não concordam em classificar as espécies por grupos ecológicos, uma vez que esta classificação foi concebida para o estudo de espécies de

ecossistemas florestais (SWAINE; WHITMORE, 1988), onde o fator luz é considerado limitante. Embora essa seja a base da classificação, os limites que definem os grupos são muito tênues, fazendo com que algumas espécies possam ser incluídas em mais de um grupo. Mesmo em relação ao número de grupos, não há uma só definição, podendo ser três ou quatro, o que depende do critério utilizado (PAULA et al., 2003).

A regeneração de uma floresta caminha, geralmente, em direção à maior complexidade de formas, sendo influenciada diretamente pelo tempo decorrente desde a perturbação e pelo tipo de distúrbio (RONDON-NETO et al., 2000). Desta forma, espera-se que a estratificação da floresta se torne mais complexa com a contribuição crescente de espécies de maior porte para o perfil da floresta. De fato, houve diferenças significativas entre as três áreas estudadas com relação ao hábito das espécies colonizadoras. Na ADGD e ADV a frequência de indivíduos de porte arbóreo foi menor que o esperado. O contrário foi constatado na ADGO, onde a frequência observada foi maior que a esperada, correspondendo a um estágio seral mais avançado, em que as características do

substrato começam a possibilitar o desenvolvimento de plantas de porte arbóreo.

Também foram encontradas diferenças significativas entre as áreas nas proporções de indivíduos para diferentes guildas de dispersão, embora isto tenha se verificado apenas para as categorias anemocóricas e zoocóricas. As espécies autocóricas não diferiram entre eles em suas proporções. As espécies anemocóricas foram mais frequentes que o esperado na ADGD, o que confirma mais uma vez a importância desta síndrome de dispersão na colonização de áreas abertas em processo de colonização inicial (WILLIAMS-LINERA, 1990). Estes resultados são apresentados no trabalho de Marangon et al. (2010), em estudo da dispersão de sementes em um remanescente de Mata Atlântica em PE, onde as pioneiras representaram 75% do total das espécies. Já na ADGO a anemocoria foi menos frequente que o esperado, enquanto que a zoocoria assume valores mais expressivos, o que pode estar associado ao aparecimento de um número maior de plantas em estágio mais avançado de sucessão. Os resultados da Tabela de contingência são apresentados na Tabela 2.

**Tabela 2.** Tabela de contingência com as frequências observadas e esperadas (entre parênteses) de indivíduos arbustivo-arbóreos por guilda de regeneração, dispersão e hábito para as três áreas degradadas. Os resultados dos testes de qui-quadrado são fornecidos para cada Tabela como um todo e para suas linhas e colunas em separado.

Guilda de regeneração		ADGD	ADGO	ADV	Qui-quadrado	
					$X^2$	$P$
Pioneiras		187 (143,9)	737 (770,8)	84 (93,3)	14,88	<0,001
Secundária Inicial		0 (22,4)	142 (120,1)	15 (14,5)	25,25	<0,134
Secundária Tardia		6 (8,6)	35 (45,9)	19 (5,6)	33,04	<0,001
Clímax		6 (24,1)	152 (129,2)	11 (15,6)	17,81	<0,001
	$X^2$					
Qui-quadrado	$P$	710,86	6876,21	1147,73		
		<0,001	<0,007	<0,001		
<b>Guilda de dispersão</b>						
Anemocórica		180 (116,3)	564 (623,2)	71 (75,4)	40,02	<0,001
Autocórica		0 (0,7)	4 (3,8)	1 (0,5)	0,09	<0,7
Zoocórica		19 (81,9)	498 (438,9)	57 (53,1)	55,61	<0,001
	$X^2$					
Qui-quadrado	$P$	718,21	6896,27	1145,48		
		<0,001	<0,001	<0,5		
<b>Hábito</b>						
Arbóreo		90 (143,6)	833 (769,3)	83 (93,1)	25,82	<0,001
Arbustivo		109 (199,6)	233 (296,7)	46 (35,9)	56,69	<0,001
	$X^2$					
Qui-quadrado	$P$	717,06	6949,16	1289,19		
		<0,001	<0,001	<0,047		

Em que: ADGD = área degradada pelo garimpo de diamante; ADGO = área degradada pelo garimpo de ouro; ADV = área degradada

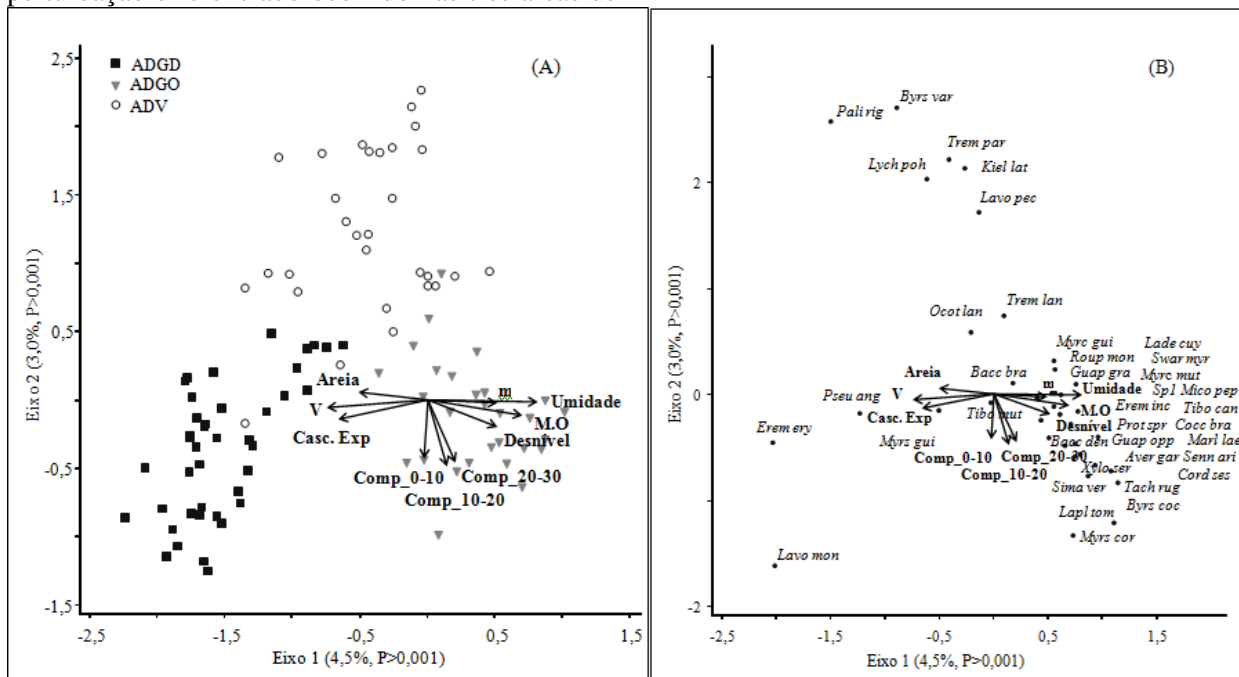
pelo processo de voçorocamento.

Os autovalores da CCA para os dois primeiros eixos de ordenação foram de 0,731 (eixo 1) e 0,493 (eixo 2). O primeiro autovalor pode ser considerado alto ( $> 0,5$  *sensu* TER BRAAK, 1995), o que indica a existência de um gradiente longo, ou seja, com muitas substituições de espécies entre os dois extremos. O segundo autovalor, mais baixo, indica gradiente curto no qual a maioria das espécies distribui-se entre os dois extremos, com algumas delas variando apenas a abundância relativa (TER BRAAK, 1988, 1995). Os dois primeiros eixos explicaram apenas 4,5% (eixo 1) e 3,0% (eixo 2) da variância global dos dados (total acumulado: 7,5%), que indicou muito 'ruído' ou variância remanescente não explicada. Apesar disso, a significância das relações espécie-ambiente não foi prejudicada, pois a CCA produziu altas correlações espécie-ambiente nos dois primeiros eixos, 0,942 (eixo 1) e 0,860 (eixo 2). O teste de permutação de Monte Carlo indicou que as abundâncias das espécies e as variáveis ambientais foram significativamente correlacionadas nos dois primeiros eixos de ordenação ( $P=0,001$ ). Ou seja, as variáveis ambientais mensuradas foram aparentemente suficientes para explicar a maior parte da variação da abundância das espécies relacionada ao ambiente, embora reste uma quantidade de variação não explicada bastante expressiva. Neste contexto, o histórico de perturbação diferenciado ocorrido nas três áreas de

estudo é uma possível variável não considerada e de difícil controle. Assim, se perturbações naturais promovidas pelo processo de silvigenese podem criar um mosaico de eco-unidades de variada composição e estrutura (OLDEMAN, 1983), aquelas promovidas pelo homem constituem um fator adicional a ser considerado na área de estudos (TONIATO; OLIVEIRA FILHO, 2004). Desta forma, é necessário ter em mente que correlações detectadas entre a distribuição de espécies e variáveis do substrato, ainda que verdadeiras, sempre refletem um pequeno fragmento da realidade.

As variáveis ambientais mais fortemente correlacionadas com o primeiro eixo foram, em ordem decrescente, m, V, M.O, cascalho exposto, areia, umidade e desnível. Para o segundo eixo, destacaram-se RP\_20-30, RP\_10-20 e RP\_0-10. Para a ADGD, as variáveis mais representativas e mais fortemente correlacionadas com os eixos de ordenação foram areia, V e cascalho exposto. Na ADGO, foram umidade, m, desnível e M.O. Já a ADV foi fortemente correlacionada com substratos menos compactados.

A variável drenagem demonstrou forte influência na distribuição da abundância das espécies, o que está positivamente correlacionada com o teor de M.O, m e desnível. Os resultados da CCA são mostrados nos diagramas da Figura 2.



**Figura 2.** Diagrama de ordenação das parcelas (A) e espécies (B) produzidos pela análise de correspondência canônica (CCA) da distribuição do número de indivíduos de 38 espécies arbustiva-arbórea em três áreas sob diferentes tipos pretéritos de degradação em Diamantina, MG. Em que: ADGD = área degradada pelo garimpo de diamante; ADGO = área degradada pelo



garimpo de ouro; ADV = área degradada pelo processo de voçorocamento.

A restauração inicia-se com a criação de condições que impulsionem a sucessão ecológica (ANAND; DESROCHERS, 2004), e a escolha correta das espécies que iniciarão esse processo é essencial para o sucesso em áreas degradadas. As correlações entre parcelas e ambiente retratam a formação de três grupos distintos (Figura 1A). O primeiro, formado na sua maioria de parcelas da ADGD, sendo fortemente influenciado com areia, V e cascalho exposto, composto das seguintes espécies correlacionadas: *Pseudobrickellia angustissima*, *Eremanthus erythropappus*, *Myrsine guianensis* e *Lavoisiera montana*. No caso da espécie *Myrsine guianensis*, a tendência de preferir solos mais arenosos já havia sido registrada por Loschi et al. (2011) em estudos de ambiente de voçoroca em Itumirim. Da mesma forma o comportamento de *Eremanthus erythropappus* já havia sido retratado por Lorenzi (2009), em que apresentou seletividade a ambientes secos, sendo característica de campos rupestres.

O segundo grupo foi formado pelas parcelas da ADGO sendo fortemente influenciado pela umidade, m, M.O e desnível, tendo como plantas correlacionadas *Myrcia guianensis*, *Ladenbergia cuyabensis*, *Roupala montana*, *Swartzia myrtifolia*, *Guapira graciliflora*, *Myrcia mutabilis*, *Protium spruceanum*, *Miconia pepericarpa*, *Eremanthus incanus*, *Tibouchina candolleana*, *Sp 1*, *Coccoloba brasiliensis*, *Guapira opposita*, *Baccharis dentata*, *Averrhoidium gardnerianum*, *Marlierea laevigata*, *Senna aristeguietae*, *Xylopia sericea*, *Cordia sessilis*, *Simarouba versicolor*, *Tachigali rugosa*, *Byrsonima coccolobifolia*, *Laplacea tomentosa* e *Myrcia coreacea*. A espécie *Tibouchina candolleana* apresentou comportamento bastante semelhante ao encontrado por Loschi et al. (2011) o que comprovou os resultados do presente trabalho, mostrando-se preferenciais em ambientes com maior umidade (LORENZI, 2002). *Protium spruceanum* apresentou preferência por ambientes mais úmidos e com maior fertilidade como já havia sido descrito por Lorenzi (2002). Ademais, *Guapira graciliflora* apresentou comportamento distinto do apresentado por Lorenzi (2002), mostrando-se preferencial de *habitat* mais úmido e menos arenoso. Da mesma forma, os *habitat* preferenciais de *Xylopia sericea* e *Simarouba versicolor* diferiram dos encontrado por Lorenzi (2000) em que ambas as espécies eram preferenciais de solos bem drenados.

O terceiro grupo ADV sofre influência da baixa resistência mecânica à penetração nas

profundidades de RP\_0-10, RP\_10-20 e RP\_20-30, tendo como plantas correlacionadas *Palicourea rigida*, *Byrsonima variabilis*, *Lychnophora pohlii*, *Trembleya parviflora*, *Kielmeyera lathrophyton*, *Lavoisiera pectinata*, *Trembleya laniflora*, *Ocotea lancifolia* e *Baccharis brachylaenoides*. No caso da espécie *Lychnophora pohlii*, a tendência de preferir substratos com baixa compactação já havia sido registrada por Loschi et al. (2011). Contudo, *Trembleya parviflora* apresentou maior preferência por substratos menos compactados, porém indiferentes com relação à umidade, o que foi contrário aos resultados encontrados por Munhoz et al. (2011) em estudos de áreas de Vereda em MG.

Devido à grande heterogeneidade ambiental das áreas estudadas, as espécies que apresentaram maior plasticidade foram *Eremanthus erythropappus* que esteve presente em 39 parcelas, *Eremanthus incanus* (23), *Roupala montana* (22), *Trembleya parviflora* (20), *Lavoisiera montana* (18), *Tibouchina candolleana* (17) e *Coccoloba brasiliensis* (16). Estes valores de frequência relativamente baixos podem ser explicados pela grande heterogeneidade ambiental entre as áreas de estudo, o que pode vir a afetar a distribuição e abundância das espécies.

Cada espécie tem um intervalo de tolerância em relação às variáveis ambientais, sendo que quase sempre os limites dessa tolerância não são bruscos em um gradiente ambiental, existindo um ponto ótimo a partir do qual a abundância da espécie vai diminuir em direção aos extremos desse gradiente, que pode ser um recurso (luz, nutrientes) ou condições de habitat (pH, altitude e etopografia). Provavelmente, as espécies que distanciaram dos centros dos diagramas de ordenação tenham menor tolerância em relação a algumas variáveis ambientais utilizadas e, por isso, apresentaram um padrão de distribuição mais evidente. No entanto, para caracterizar as espécies em relação ao seu habitat preferencial, é necessário que as tendências apresentadas pelas espécies em um estudo sejam observadas em outros locais (ROCHA, 2005; RODRIGUES et al., 2007).

A clara separação das parcelas de acordo com as três áreas e as variáveis ambientais a eles associados, tais como parâmetros físicos, topográficos e status nutricional, indicam que tais fatores afetam a distribuição das espécies nas áreas, não tanto em termos de substituição de espécies, mas principalmente em termos de variações nas suas abundâncias relativas (FAGUNDES et al., 2007). Losch et al. (2011), com trabalhos em áreas degradadas pelo processo de voçorocamento em



Itumirim, encontraram para o braço “A” da voçoroca resultados claramente concordantes com os do presente trabalho, onde a distribuição das espécies variaram em função do gradiente topográfico, vinculando-se a diferenças de drenagem, fertilidade e declividade. Também Oliveira Filho et al. (1998) mostraram que a distribuição de espécies em uma floresta decidual da bacia do Rio Paranaíba, Minas Gerais, estava fortemente associada à drenagem da água do solo e esta associada à declividade. A topografia da área e sua associação à drenagem e, secundariamente, às variações de fertilidade estão entre os principais fatores ligados à variação da distribuição de espécies em florestas decíduais (OLIVEIRA FILHO et al., 1990).

Observa-se também que apenas uma pequena parte da distribuição das espécies mostrou-se sem correlação com as principais variáveis ambientais utilizadas na CCA, ficando claro que a maioria das espécies possuem habitat preferenciais para seu estabelecimento e colonização. Resultados não concordantes com o do presente estudo foi relatado por Loschi et al. (2011) em que de maneira geral, a grande maioria das espécies não apresentou importantes correlações com as principais variáveis.

Nas ADGD e ADV as modificações causadas nas características físicas, químicas e ou microbiológicas favoreceram a colonização de espécies resistentes à baixa umidade, altos teores de areia, além de alta cobertura por cascalho exposto, a exemplo de *Eremanthus erythropappus*, *Lavoisiero pectinata* e *Trembleya parviflora*, que são frequentemente encontrados em áreas em processo inicial de sucessão. Uma vez

estabelecidas, parecem melhorar e estabilizar o micro-ambiente local e à medida que os solos se desenvolvem, aumenta a densidade de plantas (STODDART; SMITH 1955). No entanto, com a melhoria parcial das características do substrato, as espécies *Eremanthus incanus* e *Trembleya laniflora* presentes na ADGO passam a colonizar o espaço. Com o declínio da disponibilidade de luz, espécies exigentes de maior fertilidade e umidade constituintes de etapas serais mais avançadas, como *Protium sprucianum*, *Simarouba versicolor*, *Ocotea lancifolia*, *Tachigali rugosa* e *Roupala montana* passam a fazer parte da composição da floresta aproximando do modelo de facilitação (CONNEL; SLATYER, 1977).

De forma geral podemos inferir que a ADGO encontra-se em estágio sucessional mais avançado, seguido da ADV e ADGD, respectivamente. Isso pode ser resultado de diferentes fases sucessionais, aliada à intensidade de perturbação, uma vez que ambas as áreas encontram-se próximas uma das outras e sob as mesmas condições climáticas.

## CONCLUSÕES

A abundância e distribuição das espécies colonizadoras correlacionam-se com as variáveis ambientais, com o tipo e intensidade de degradação, bem como a cobertura original de cada área.

A distribuição da maioria das espécies é fortemente correlacionada com as variáveis topográficas (desnível), químicas (M.O e m) e físicas (umidade).

---

**ABSTRACT:** This study was conducted in three areas degraded in the process of natural regeneration in Diamantina, MG. The aimed of work was to relate the abundance distribution of the colonizing species with environmental variables. The communities of areas degraded by mining diamond (ADGD) and gold (ADGO), as well as the process of voçorocamento (ADV) had 50 (10 x 10 m), 30 (10 x 10 m) and 36 (5 x 3m) plots respectively were measured all individuals shrubs and trees living found in plots with  $DAS_{30} \geq 3$  cm. Likewise, in each plot, a composite sample was collected from the substrate surface (0-20 cm) were analyzed the physical and chemical parameters. To analyze the correlations between environmental gradients and vegetation was used Canonical Correspondence Analysis (CCA). Overall 1152 individuals were sampled, belonging to 16 families and 38 species, and, 153 individuals, families 5 and 9 species of ADGD, 921 individuals, 16 families and 36 species belonging to ADGO and 78 individuals, 9 families and 11 species belonging ADV. There was a relationship between environmental gradients and floristic composition and abundance of colonizing vegetation, most species being more strongly correlated with the variables elevation M.O, m and moisture.

**KEYWORDS:** Soil-plant. Multivariate analysis. Substrate. Spatial heterogeneity.

---

---

**REFERÊNCIAS**

- ALMEIDA, R. O. P. O.; SÁNCHEZ, L. E. Revegetação de áreas de mineração: critérios de monitoramento e avaliação do desempenho. **Revista Árvore**, Viçosa. v. 29, n. 1, p. 47-54, 2005.
- ANAND, M.; DESROCHERS, R. E. Quantification of restoration success using complex systems concepts and models. **Restoration Ecology**, Cambridge University Press, Cambridge [S.l.], v. 12, n. 1, p. 117-123, 2004.
- APG III. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. **Botanical Journal of the Linnean Society**, London, v. 161, p. 105–121, 2009.
- ARAÚJO, F. S.; MARTINS, S. V.; NETO, J. A. A. M.; LANI, J. L.; PIRES, I. E. Estrutura da vegetação arbustivo-arbórea colonizadora de uma área degradada por mineração de caulim, Brás Pires- MG. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 30, n. 1, p. 107-116, 2006.
- BRADSHAW, A. D. The reclamation of derelict land and the ecology of ecosystems. W. R. JORDAN, M. E. GILPIN, and J. D. ABER. **Restoration ecology: a synthetic approach to ecological research**. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom, p. 53-74, 1987.
- CAUSTON, D. R. **An introduction to vegetation analysis, principles and interpretation**. 1 ed. London: Unwin Hyman, 1988. 342 p.
- CONNELL, J. H.; SLATYER, R. O. Mechanisms of succession in natural communities and their role in community stability and organization. **The American Naturalist**, University of Chicago, v. 111, n. 982, p. 1119- 1144, 1977.
- DYGBY, P. G. N.; KEMPTON, R. A. **Multivariate analysis of ecology communities**. 3 ed. London: Chapman e Hall, Population in Community Biology Series, 1996. 206 p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Ciências do Solo. **Manual de métodos e análises de solo**. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.
- FAGUNDES, L. M.; CARVALHO, D. A.; van den BERG.; MARQUES, J. J. G. S. M.; MACHADO, E. L. M. Florística e estrutura do estrato arbóreo de dois fragmentos de florestas decíduas às margens do rio Grande, em Alpinópolis e Passos, MG, Brasil. **Acta botanica brasílica**, São Paulo, v. 21, n. 21, p. 65-78, 2007.
- KENT, M.; COKER, P. **Vegetation description and analysis: a practical approach**. London: Belhaven, 1992. 363 p.
- LOPES, F. A.; MILAGRES, A. R.; PIUZANA, D.; MORAIS, M. S. Viajantes e Naturalistas do Século XIX: A Reconstrução do Antigo Distrito Diamantino na Literatura de Viagem. **Caderno de Geografia**, PUC Minas, v. 21, n. 36, p. 66-84, 2011.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. (3. ed.) Nova Odessa: Plantarum, v. 1, 2000. 368 p.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil**. (2. ed.) Nova Odessa: Instituto Plantarum, v. 2, 2002. 384 p.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil**. (1. ed.) Nova Odessa: Instituto Plantarum, v. 1, 2009. 381 p.
- LOSCHI, R. A.; PEREIRA, J. A. A.; MACHADO, E. L. M.; CARLOS, L.; SÁ, G. J. J. Interação espécies-ambiente na colonização de uma voçoroca em Itumirim, MG. **Revista Cerne**, Lavras, v. 17, n. 2, p. 161-180, 2011.

- MARANGON, G. P.; CRUZ, A. F.; BARBOSA, W. B.; LOUREIRO, G. H.; HOLANDA, A. C. Dispersão de sementes de uma comunidade arbórea em um remanescente de Mata Atlântica, município de Bonito, PE. **Revista Verde**, Mossoró, RN, Brasil, v.5, n.5, p. 80-87, 2010.
- MCCUNE, B.; MEFFORD, M. J. **PC-ORD. Multivariate Analysis of Ecological Data, version 6.** MjM Software, Gleneden Beach, Oregon, U.S.A. 2011.
- MUNHOZ, C. B. R.; EUGÊNIO, C. U. O.; OLIVEIRA, R. C. **Vereda: Guia de campo**, Brasília: Rede de sementes do Cerrado, 2011. 224 p.
- NEGREIROS, D.; FERNANDES, G.W.; SILVEIRA, F.A.O.; CHALUB, C. Seedling growth and biomass allocation of endemic and threatened shrubs of rupestrian fields. **Acta Oecologica**, Espanha, v. 35, p. 301-310, 2009.
- NEVES, S. C.; ALMEIDA-ABREU, P. A.; FRAGA, L. M. S. Fisiografia. In: SILVA, A. C.; PEDREIRA, L. C. S. F.; ALMEIDA-ABREU, P. A. **Serra do Espinhaço Meridional - Paisagens e Ambientes**. 1 ed. Diamantina: UFVJM - Faculdade de Ciências Agrárias, 2005. p. 45-58.
- NUNES, Y. R. F.; MENDONÇA, A. V. R.; BOTEZELLI, L.; MACHADO, E. L. M.; OLIVEIRA-FILHO, A. T. Variações da fisionomia, diversidade e composição de guildas da comunidade arbórea em um fragmento de Floresta Semidecidual em Lavras, MG. **Acta botânica brasileira**, São Paulo, v. 17, n. 2, p. 213-229, 2003.
- OLDEMAN, R. A. A. Tropical rain forest: architecture, sylvigeneis and diversity. In: S.L. Sutton; T. C. Whitmore e A. C. Chadwick (eds.). **Tropical rain forest: ecology and management**. Oxford, Blackwell, 1983. p. 139-150.
- OLIVEIRA FILHO, A. T.; CURTI, 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, p. 362-372, 1998.
- OLIVEIRA FILHO, A. T.; RATTER, J. A.; SHEPHERD, G. J. Floristic composition and community structure of a central Brazilian gallery forest. **Flora**, Parizzi, MG, v. 184, p. 103-117, 1990.
- ALMEIDA, D. S.; SOUZA, A. L. Florística e estrutura de um fragmento de Floresta Atlântica, no município de Juiz de Fora, Minas Gerais. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 21, n. 2, p. 221- 230, 1997.
- FERRETTI, A. R.; ALMEIDA, D. S.; SOUZA, A. L. Classificação das espécies arbóreas em grupos ecofisiológicos para revegetação com nativas no estado de São Paulo. **Florestar Estatístico**, São Paulo, v. 3, n. 7, p. 73- 77, 1995.
- TABARELLI, M.; MANTOVANI, W. Colonização de clareiras naturais na floresta atlântica no sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 20, n. 1, p. 57-66, 1997.
- DIAS, M. C.; VIEIRA, A. O. S.; NAKAJIMA, J. N.; PIMENTA, J. A.; LOBO, P. C. Composição florística do componente arbóreo das florestas ciliares do rio Iapó, na bacia do rio Tibagi, Tibagi, PR. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 21, p.183-195, 1998.
- PAULA, A.; SILVA, A. F.; SOUZA, A. L. Alterações florísticas ocorridas num período de quatorze anos na vegetação arbórea de uma floresta estacional semidecidual em Viçosa-MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 26, n. 6, p. 743-749, 2003.
- ROCHA, C. T. V. Comunidade arbórea de um continuum entre floresta paludosa e de encosta em Coqueiral, Minas Gerais, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 28, n. 2, p. 203-218, 2005.

RODRIGUÊS, L. A.; CARVALHO, D. A.; OLIVEIRA-FILHO, A. T.; CURI, N. Efeitos de solos e topografia sobre a distribuição de espécies arbóreas em um fragmento de floresta Estacional Semidecidual, em Luminárias, MG. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 31, n. 1, p. 25-35, 2007.

RONDON-NETO, R. M.; BOTELHO, S. A.; FONTES, M. A. L.; DAVIDE, A. C.; FARIA, J. M. R. Estrutura e composição florística da comunidade arbustivo arbórea de uma clareira de formação antrópica, em uma floresta estacional semidecídua montana. **Revista Cerne**, Lavras, v. 6, n. 2, p. 79-94, 2000.

STODDART, L.A.; SMITH, A.D. **Range management**. 2.ed. New York : Mc Graw-Hill, 1955. p. 258-276.

SWAINE, M. D.; WHITMORE, T. C. On the definition of ecological species groups in tropical rain forests. **Vegetatio**, Chubut, Argentina, v. 75, n. 1, p. 81-86, 1988.

TER BRAAK, C. J. F. In: JONGMAN, R. H. G.; TER BRAAK, C. J. F.; VAN TONGEREN, O. F. R. **Data analysis in community and landscape ecology**. Cambridge: Cambridge University, 1995. p. 91-173.

TER BRAAK, C. J. F. The analysis of vegetation-environment relationships by canonical correspondence analysis. **Vegetatio**, Chubut, Argentina, v. 69, p. 69-77, 1987.

Ter Braak, C.J.F. **Partial canonical correspondence analysis**. In: Classification Methods and Related Methods of Data Analysis (Ed. H.H. Bock), North-Holland, Amsterdam, 1988. p. 551-558.

TONIATO, M. T. Z.; OLIVEIRA FILHO, A. T. Variations in tree community composition and structure in a fragment of tropical semideciduous forest in southeastern Brazil related to different human disturbance histories. **Forest Ecology and Management**, Oxford, Blackwell, v. 198, p. 319-339, 2004.

VAN DEN BERG, E. **Estudo florístico e fitossociológico de uma floresta ripária em Itutinga, MG, e análise das correlações entre variáveis ambientais e a distribuição das espécies de porte arbóreo-arbustivo**. Lavras: UFLA, Dissertação - Mestrado em Engenharia Florestal, 1995. 73p.

VAN DER PIJL, L. **Principles of dispersal in higher plants**. 3rd ed. Springer-Verlag, Berlin, 1982.

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

WILLIAMS-LINERA, G. Origin and early development of forest edge vegetation in Panama. **Biotropica**, Washington, v. 22, n. 3, p. 235-241, 1990.

ZAR, J. H. 1996. **Biostatistical analysis**. 3rd ed. Prentice Hall, New Jersey.