

ANÁLISE DA DIVERSIDADE E SIMILARIDADE DE FRAGMENTOS FLORESTAIS NATIVOS NA BACIA DO RIO SÃO FRANCISCO, EM MINAS GERAIS**DIVERSITY AND SIMILARITY ANALYSIS OF NATIVE FOREST FRAGMENTS IN THE BASIN OF SÃO FRANCISCO RIVER, MINAS GERAIS**Lucas Rezende Gomide¹ Jose Roberto Soares Scolforo² Antônio Donizette de Oliveira³**RESUMO**

Os objetivos deste estudo foram: comparar e aplicar índices que quantifiquem a diversidade, a similaridade e equabilidade das áreas em estudo; identificar possíveis gradientes de diversidade e aplicar técnicas multivariadas para criar dendrogramas de similaridade. A área de estudo compreendeu vinte fragmentos pertencentes às áreas ripárias de preservação permanente na Bacia do Rio São Francisco-MG. Como resultados encontrados, segue que a diversidade dentro da bacia apresentou uma grande variação pelos índices de Shannon: 2,176 a 4,389; Simpson: 0,019 a 0,206; Quociente de mistura de Jentsch: 0,029 a 0,166, Equabilidade 0,625 a 0,875. Ao analisar a similaridade florística entre os fragmentos, pelos quocientes de Jaccard e Sorensen, pode-se observar a formação de cinco e quatro grupos florísticos, respectivamente a um nível de 25% de corte.

Palavra-chave: Brasil; floresta riparia; riqueza.

ABSTRACT

The objectives of this study were: to compare and to apply indices that quantify diversity, equability and similarity in the studied area; to identify possible diversity gradients, and to apply multivariate analysis to create dendrograms of similarity. The studied area was composed of 20 native forest fragments sited in riparian permanent preservation areas along the basin of São Francisco River, in Minas Gerais. The diversity presented a large variation according to all indices: Shannon: 2,176 to 4,389; Simpson: 0,019 to 0,206; Mixture quotient: 0,029 to 0,166, Equability 0,625 to 0,875. The floristic similarity among fragments using the Jaccard and Simpson quotients formed 5 and 4 floristic groups, respectively, with a cut level of 25%.

Keywords: Brazil; riparian forest; richness.

INTRODUÇÃO

A bacia hidrográfica é uma unidade fisiográfica, limitada por divisores topográficos, que recolhe a precipitação, abastecendo o lençol freático e sua calha principal ou rio. Ela produz mudanças na forma da paisagem e desempenha uma série de funções ecológicas de manutenção da qualidade ambiental dos habitats, graças a uma infinidade de canais conectados. Nesses locais, uma grande riqueza de espécies pode ser encontrada, permeada por diferentes tipos fisionômicos relacionados a fatores ambientais e físicos, sobretudo quando se retrata uma unidade composta de 631,133 km² (Gomide, 2003), como é a área da bacia do rio São Francisco, em Minas Gerais.

Esses ambientes criados pela natureza, margeiam os cursos do rio e desempenham um papel importante no ambiente, pois são reguladores de fluxos de água (superficiais e subterrâneos) e de sedimentos, atuam como filtro, abrigo para a fauna silvestre e são fontes reguladoras da diversidade aquática (Reichardt, 1989).

É fato que nesses locais, as áreas ciliares estão sujeitas a distúrbios naturais e humanos, este último ligado a desmatamento, expansão de áreas agrícolas, extração de areia, especulação imobiliária, dentre outros. Nesse ponto, os impactos provocados agem negativamente sobre a riqueza de espécies, pois diminui o potencial de imigração e de recolonização de populações, as quais ficam isoladas e com número insuficiente

1. Engenheiro Florestal, M.Sc., Rua Leon Jofre Avayou, 585, Vera Cruz, CEP 37.200-000, Lavras (MG). lrgomide@hotmail.com

2. Engenheiro Florestal, Dr., Professor do Departamento de Ciências Florestais, Universidade Federal de Lavras, Caixa Postal 3037, CEP 37.200-000, Lavras (MG). scolforo@ufla.br

3. Engenheiro Florestal, Dr., Professor do Departamento de Ciências Florestais, Universidade Federal de Lavras, Caixa Postal 3037, CEP 37.200-000, Lavras (MG). donizete@ufla.br

para manter sua viabilidade genética (Hanson *et al.*, 1990). Viana *et al.* (1992) mencionam que a fragmentação florestal é um dos fenômenos mais marcantes e graves do processo de expansão da fronteira agrícola no Brasil.

Os fragmentos florestais, resultantes de vegetações desgastadas por vários anos de degradação progressiva, constituem hoje um dos maiores desafios para a conservação. A diversidade presente nas vegetações remanescentes ainda constitui um desafio a ser quantificado e mencionado por causa do risco e ameaça sofridos.

Em função do crescente avanço e pressão antrópica sobre a paisagem natural, estudos que levem em consideração o comportamento da diversidade apresentam um grande interesse ecológico, científico e humano. Assim, os objetivos deste trabalho foram: aplicar índices que quantifiquem a diversidade e a equabilidade; determinar possíveis gradientes de diversidade para cada grupo fisionômico formado e aplicar técnicas multivariadas, com o propósito de observar a similaridade florística entre os fragmentos, pelos índices de Sorensen e Jaccard.

MATERIAL E MÉTODOS

Descrição da área de estudo

A área de estudo é a bacia do Rio São Francisco, no estado de Minas Gerais, compreendida entre a Serra da Canastra e o município de Manga. Abrange as regiões do Alto e Médio São Francisco. Nessa área, foram amostrados vinte fragmentos florestais, com o propósito de representar as diferentes fisionomias existentes nas áreas ripárias de preservação permanente. A disposição dessas áreas se encontra ao longo da bacia do rio São Francisco (Figura 1), onde a distância entre fragmentos não foi equidistante, e a distância entre os dois fragmentos mais distantes foi cerca de 651,47 km, em linha reta.

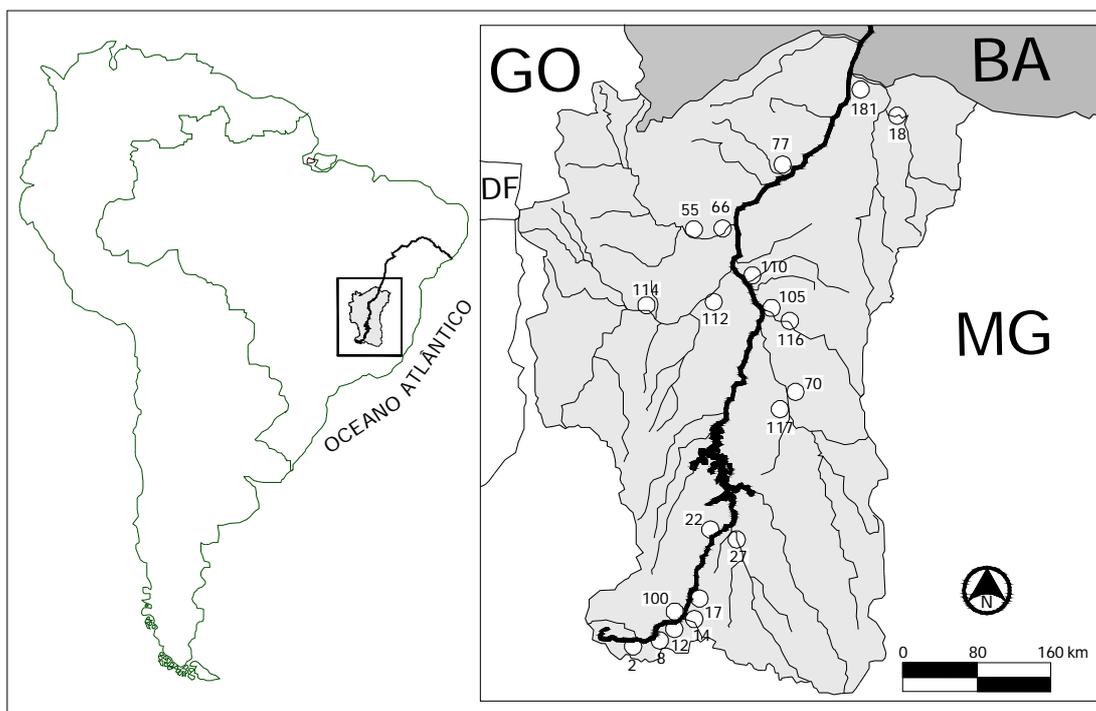


FIGURA 1: Mapa de localização geral dos vinte fragmentos inventariados, inseridos no complexo da Bacia do rio São Francisco, no estado de Minas Gerais.

FIGURE 1: Location of 20 inventoried fragments inside the basin of São Francisco river in Minas Gerais.

A caracterização dos fragmentos indicando a localização e suas descrições ambientais encontram-se na Tabela 1. As regiões classificadas como Awa apresentam um clima quente e úmido com chuvas de verão. O clima é tropical chuvoso típico, com chuvas concentradas no período de outubro a abril, alcançando mais de 90% do total anual. O inverno (junho a agosto) é muito seco, com totais mensais inferiores a 20 mm. A temperatura média do mês mais frio (julho) é superior a 18°C e as maiores temperaturas ocorrem geralmente em setembro, antecedendo o período chuvoso (Nimer, 1979). Para a categoria, Cwa é o clima é mesotérmico, com verões quentes cuja temperatura média supera os 22°C. Já a temperatura média dos meses mais frios é inferior a 18°C. A estação seca é bem-definida no período de inverno (EPAMIG, 1978). Regiões classificadas como Bsh constituem um clima tropical semi-árido, com verões quente e seco (Sano e Almeida, 1998). A evaporação é superior à precipitação, sem excedente hídrico, proporcionando seca no verão, em que a temperatura média anual supera 18°C.

TABELA 1: Caracterização dos fragmentos, ordenados pela latitude ao longo do rio São Francisco, no sentido de sua nascente à divisa dos estados de Minas Gerais e Bahia.

TABLE 1: Description of the inventoried areas ordered by latitude along the basin of São Francisco river from its spring to the boundary between Minas Gerais and Bahia.

| Município | Fragmento | Coordenadas | | Área (ha) | Altitude Média (m) | Clima | Temperatura Média (°C) | Precipitação Annual (mm) | Solo Predominante* |
|----------------------------|-----------|-----------------|------------------|--------------|--------------------------|-------|------------------------------|--------------------------------|----------------------------|
| | | Latitude (S) | Longitude (W) | | | | | | |
| Vargem Bonita | 2 | 20°21,06' | 46°17,47' | 21,83 | 725,5 | Cwa | 21,8 | 1629,6 | Latossolo vermelho-escuro |
| Bambuí | 8 | 20°17,01' | 45°57,54' | 34,95 | 625,5 | Cwa | 23,7 | 1139,1 | Cambissolo |
| Iguatama | 12 | 20°09,72' | 45°46,66' | 45,12 | 575,5 | Cwa | 21,6 | 1254,6 | Cambissolo |
| Iguatama | 14 | 20°08,55' | 45°39,17' | 43,40 | 575,5 | Cwa | 21,6 | 1254,6 | Latossolo vermelho-escuro |
| Iguatama ^a | 100 | 20°09'21" | 45°50,91' | 3,78 | 575,5 | Cwa | 21,6 | 1254,6 | Cambissolo |
| Iguatama ^a | 100 | 20°9'26" | 45°51'7,1" | 1,39 | 575,5 | Cwa | 21,6 | 1254,6 | Cambissolo |
| Lagoa da Prata Martinho | 17 | 20°00,16' | 45°37,76' | 165,26 | 625,5 | Cwa | 22,6 | 1400 | Glei humico |
| Campos | 27 | 19°17,08' | 45°08,33' | 15,31 | 525,5 | Cwa | 21 | 1114 | Solos aluviais |
| Abaeté | 22 | 19°16,07' | 45°15,82' | 2,88 | 525,5 | Cwa | 21 | 1377 | Cambissolo |
| Lassance | 117 | 17°57,01' | 44°33,14' | 17,79 | 475,5 | Awa | 22,8 | 1165,5 | Solos aluviais |
| Lassance | 70 | 17°52,71' | 44°31,09' | 41,08 | 475,5 | Awa | 22,8 | 1165,5 | Litossolo |
| Jequitaiá | 116 | 17°09,45' | 44°37,83' | 107,64 | 425,5 | Awa | 23,2 | 1031,5 | Litossolo |
| Brasilândia | 114 | 17°03,67' | 45°59,02' | 38,25 | 475,5 | Awa | 22,5 | 1441,5 | Solos aluviais |
| Ibiaí | 105 | 17°03,42' | 44°47,57' | 15,15 | 425,5 | Awa | 23,7 | 1139,1 | Solos aluviais |
| Santa Fé de Minas | 112 | 16°54,17' | 45°19,80' | 40,00 | 425,5 | Awa | 23,4 | 1153 | Latossolo vermelho-amarelo |
| Ibiaí ^a | 110 | 16°47,47' | 44°57,56' | 32,62 | 425,5 | Awa | 23,7 | 1139,1 | Latossolo vermelho-amarelo |
| Ibiaí ^a | 110 | 16°46'55,6" | 44°58'26,3" | 14,54 | 425,5 | Awa | 23,7 | 1139,1 | Latossolo vermelho-amarelo |
| Urucuia | 55 | 16°13,66' | 45°32,27' | 9,34 | 425,5 | Awa | 24,3 | 1103 | Podzólico vermelho-amarelo |
| São Romão | 66 | 16°12,19' | 45°10,45' | 40,57 | 425,5 | Awa | 24 | 1006 | Areia quartzosa |
| Januária | 77 | 15°35,92' | 44°42,58' | 4,74 | 425,5 | Awa | 24,4 | 975,81 | Solos aluviais |
| Matias Cardoso | 18 | 14°59,12' | 43°31,32' | 85,83 | 425,5 | Bsh | 24 | 850 | Solos aluviais |
| Manga ^a | 181 | 14°48,80' | 43°55,89' | 17,08 | 375,5 | Bsh | 24,4 | 828 | Solos aluviais |
| Manga ^a | 181 | 14°49'21,4" | 43°55'48,5" | 7,84 | 375,5 | Bsh | 24,4 | 828 | Solos aluviais |

Em que: (a) = mesmo fragmento, porém formado por áreas separadas; (*) = base de classificação: mapa de solo (Fonte: Geominas, 2003).

Caracterização dos grupos fisionômicos

Diante dos distintos ambientes característicos de cada comunidade situada ao longo da bacia hidrográfica, a vegetação dos vinte fragmentos foi classificada com base no IBGE (1992). Porém, em consequência da alta intensidade de fragmentos inseridos em áreas consideradas ecótonas ou de transição, foi necessário à separação dos fragmentos em grupos fisionômicos (Tabela 2). Assim, a estrutura de formação dos grupos seguiu as características fisionômicas mais semelhantes entre áreas. Essa formação dos grupos fisionômicos foi importante para auxiliar nas análises comparativas da diversidade e similaridade.

TABELA 2: Classificação das fisionomias inventariadas na bacia do rio São Francisco, no Estado de Minas Gerais.

TABLE 2: Classification of the inventoried physiognomies in the basin of Rio São Francisco, Minas Gerais.

| Grupo Fisionômico | Município | Fragmento | Vegetação Predominante | Área de Influência |
|-------------------|-------------------|-----------|------------------------|--------------------|
| I | Vargem Bonita | 2 | FES | FES |
| | Bambuí | 8 | FES | FES |
| | Iguatama | 12 | FES | FES |
| | Iguatama | 14 | FES | FES |
| | Iguatama | 100 | FES | FES |
| | Lagoa da Prata | 17 | FES | FES |
| | Abaeté | 22 | FES | FES |
| | Martinho Campos | 27 | FES | FES |
| | Lassance | 70 | FES | FES |
| II | Lassance | 117 | FES | FES + CSS |
| | Santa Fé de Minas | 112 | FES | FES + CSS e C |
| | Brasilândia | 114 | FES | FES + CSS e C |
| III | São Romão | 66 | FES | FES + FED + C |
| | Ibiaí | 105 | FES | FES + FED + C |
| | Ibiaí | 110 | FES | FES + FED + C |
| | Jequitaiá | 116 | FES | FES + FED + C |
| IV | Urucaia | 55 | FES | FED |
| V | Januária | 77 | FED | FED + C |
| | Manga | 181 | FED | FED |
| | Matias Cardoso | 18 | FED | FED |

Em que: FES = Floresta Estacional Semidecidual; FED = Floresta Estacional Decidual; C = Cerradão; CSS = Cerrado *stricto sensu*.

Amostragem e coleta das variáveis dendrométricas

O método de amostragem utilizado foi o conglomerado em estágio único, com sistematização das unidades amostrais na área. Cada conglomerado foi composto por três subunidades de 10 x 25 m (250 m²), distantes 25 metros uma da outra. Ao longo do fragmento, foram estabelecidos transectos, distantes 100 metros entre conglomerados. Já ao longo de um transecto, os conglomerados ficaram a uma distância de 50 metros um do outro (Figura 2). A amostragem foi em função da área de cada fragmento e determinada *a priori*.

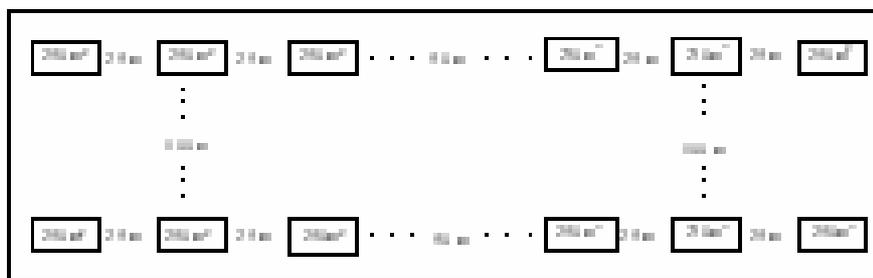


FIGURA 2: Representação da amostragem em conglomerado aplicada aos fragmentos da bacia do rio São Francisco, MG.

FIGURE 2: Cluster sampling scheme applied to each fragments of the basin of São Francisco river, MG.

A Tabela 3 descreve a área dos Fragmentos, número de subunidades lançadas e área amostral para o conjunto total. Além de informar o somatório total dessas variáveis no estudo.

As variáveis dendrométricas quantificadas nestas subunidades foram altura total e a CAP, para árvores que apresentavam a circunferência a 1,30 m de altura (CAP) igual ou superior a 15,7 cm.

TABELA 3: Dados da amostragem no levantamento florístico para cada fragmento.

TABLE 3: Floristic inventory sampling for each fragment.

| Fragmento | Município | Área (ha) | Área Amostral (ha) | Número de Subunidades |
|-----------|-------------------|-----------|--------------------|-----------------------|
| 2 | Vargem Bonita | 21,83 | 0,600 | 24 |
| 8 | BambuÍ | 34,95 | 0,650 | 26 |
| 100 | Iguatama | 5,17 | 0,450 | 18 |
| 12 | Iguatama | 45,12 | 0,750 | 30 |
| 14 | Iguatama | 43,40 | 1,050 | 42 |
| 17 | Lagoa da Prata | 165,26 | 1,500 | 60 |
| 22 | Abaeté | 2,88 | 0,375 | 15 |
| 27 | Martinho Campos | 15,31 | 0,475 | 19 |
| 117 | Lassance | 17,79 | 0,850 | 34 |
| 70 | Lassance | 41,08 | 0,950 | 38 |
| 116 | Jequitaiá | 107,64 | 1,250 | 50 |
| 105 | Ibiaí | 15,15 | 0,750 | 30 |
| 110 | Ibiaí | 47,16 | 0,900 | 36 |
| 112 | Santa Fé de Minas | 40,00 | 0,500 | 20 |
| 114 | Brasilândia | 38,25 | 1,000 | 40 |
| 66 | São Romão | 40,57 | 1,250 | 50 |
| 55 | Urucuia | 9,34 | 0,625 | 25 |
| 77 | Januária | 4,74 | 0,475 | 19 |
| 181 | Manga | 24,93 | 1,050 | 42 |
| 18 | Matias Cardoso | 85,83 | 0,850 | 34 |
| Total | 20 | 806,40 | 16,30 | 652,00 |

Coleta e identificação do material botânico

A identificação botânica das espécies arbóreo-arbustivas foi realizada *in loco* partindo do reconhecimento de suas características dendrológicas (flor, fruto e folhas). Para as espécies não-identificadas a campo, foi feita a coleta do material botânico fértil, quando possível, para identificação junto ao Herbário ESAL da Universidade Federal de Lavras. A classificação dos indivíduos amostrados foi de família, gênero e espécie, tendo como referência *Angiosperm Phylogeny Group* (Judd *et al.*, 1999).

Suficiência amostral

A suficiência amostral foi estimada e avaliada utilizando-se o procedimento da regressão linear com resposta em platô (REGRELRP) do Sistema para Análises Estatísticas SAEG V.5.0. No ajuste do modelo de platô, contou-se ainda com o fundamento da teoria do limite central, para garantir a confiabilidade no conjunto de dados selecionados para o ajuste.

Segundo Ferreira (1988), o método de determinação de área mínima, conhecido como curva espécie-área, produz resultados subjetivos, ao contrário da regressão linear de *plateau*.

Diversidade, equabilidade e similaridade entre comunidades

A variação de espécies existentes entre comunidades pode ser representada e quantificada de diversas maneiras, sendo a mais comum por meio dos índices de diversidade. Assim, para avaliar o comportamento nos vinte fragmentos, utilizaram-se as formulações na Tabela 4.

TABELA 4: Fórmulas dos índices de diversidade, equabilidade e similaridade empregados no estudo.
 TABLE 4: Formulas of the diversity indices, equability and similarity used in this study.

| Índice | Denominação | Fórmula |
|--------------|---------------------------------------|---|
| Diversidade | Quociente de Mistura de Jentsch (QM) | $QM = \frac{S}{N}$ |
| | Índice de Simpson (S') | $S' = \frac{\sum_{i=1}^S n_i \cdot (n_i - 1)}{N \cdot (N - 1)}$ |
| | Índice de Shannon (H') | $H' = -\sum_{i=1}^S \frac{n_i}{N} \cdot \ln \frac{n_i}{N}$ |
| Equabilidade | Índice de Equabilidade de Pielou (J') | $J' = \frac{H'}{H_{\max}}$, em que: $H_{\max} = \ln(S)$ |
| Similaridade | Sörensen (CCs) | $CCs = \frac{2 \cdot c}{a + b}$ |
| | Jaccard (CCj) | $CCj = \frac{c}{a + b - c}$ |

Em que: S = número total de espécies amostradas; N = número total de indivíduos amostrados; n_i = número de indivíduos amostrados para a i-ésima espécie; Ln = logaritmo neperiano; a = número de espécies do fragmento A; b = número de espécies do fragmento B; c = número de espécies comuns em A e B.

A síntese do postulado de cada índice é apresentada a seguir:

Quociente de mistura de Jentsch (QM) – representa o número de indivíduos amostrados em relação às espécies encontradas no povoamento. Segundo Souza e Almeida (1997), quanto maior a mistura, ou seja, menor denominador, maior será a diversidade, podendo assim realizar comparações entre comunidades.

Índice de Simpson (S') – resultado da teoria das probabilidades é utilizado em análises quantitativas de comunidades biológicas. Esse índice fornece a idéia da probabilidade de se coletar aleatoriamente dois indivíduos da comunidade e, obrigatoriamente, pertencerem a mesma espécie. O valor calculado de S' ocorre na escala de 0 a 1, sendo que os valores próximos de 1 indicam menor diversidade.

Índice de Shannon (H') – provém da teoria da informação (Ludwig & Reynolds, 1988) e fornece a idéia do grau de incerteza em prever, qual seria a espécie pertencente a um indivíduo da população, se retirado aleatoriamente (Lamprecht, 1990). Quanto maior o valor de H', maior a diversidade da área em estudo.

Índice de equabilidade de Pielou (J') – é derivado do índice de diversidade de Shannon e permite representar a uniformidade da distribuição dos indivíduos entre as espécies existentes (Pielou, 1966). Seu valor apresenta uma amplitude de 0 (uniformidade mínima) a 1 (uniformidade máxima).

Sörensen (SO) – é um coeficiente binário que compara qualitativamente a semelhança entre espécies ao longo de um gradiente ambiental (Wolda, 1981).

Jaccard (J) – possui a mesma lógica de Sörensen porém com formulação diferente.

Com base nos valores obtidos de cada índice, estabeleceu-se uma ordenação decrescente deles em cada grupo fisionômico, para compreender melhor o comportamento da diversidade entre as áreas. Complementando essa análise, calculou-se o coeficiente de correlação de Spearman, para avaliar se a seqüência de ordenação estabelecia entre os índices apresentavam um mesmo comportamento ou não, pelo teste t. Considerando ainda o índice de Shannon, aplicou-se um teste estatístico proposto por Hutcheson (1970), no qual as amostras foram comparadas duas a duas, a fim de comprovar a semelhança ou não da diversidade, entre fragmentos, pelos valores gerados do índice de Shannon (H').

Análise de agrupamento

Considerando também o método de agrupamento, aplicou-se o algoritmo de médias ponderadas (UPGMA), a partir dos coeficientes de Sorensen e Jaccard, sendo transformados em distância euclidiana quadrada, que nada mais é que a determinação da distância entre dois pontos, indicando que quanto maior esse valor, maior será a dissimilaridade. O resultado desse processamento é representado na forma de um dendrograma. Essa análise foi realizada por meio do programa PC-ORD versão 4.14 (McCune e Mefford, 1999).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Suficiência amostral

A aplicação da regressão linear de platô permitiu compreender o comportamento da amostragem, ao longo de todos os levantamentos realizados. Verificou-se que a quantificação da variável espécie foi suficiente, ocorrendo assim a formação do platô nos vinte fragmentos amostrados. A Tabela 5 mostra os parâmetros calculados e parte da Análise de Variância para os ajustes, bem como o número de dados pertencentes a cada equação (linear e platô) em cada fragmento.

Partindo dos ajustes realizados, percebeu-se a ocorrência de uma amostragem superior à necessidade de cada local. Em alguns casos, como os fragmentos 22 e 27, a suficiência amostral foi ligeiramente superior. Outros casos como o fragmento 105 e 181, o número de subunidades foi o dobro do necessário. De maneira resumida, o número de conglomerados lançados a mais por fragmento foi caracterizado por uma média de 4,1 conglomerados a mais por fragmento, ou 12,3 subunidades, o que representou uma área de 3.075 m² em média.

TABELA 5: Parâmetros calculados dos modelos e parte da Análise de Variância utilizada para a seleção do modelo.

TABLE 5: Results of regression parameters and part of the Analysis of Variance used to select the model.

| Fragmento | Dados | | Parâmetros | | | SQD (reta + platô) | F | R ² (%) |
|-----------|-------|-------|----------------|----------------|----------|-----------------------|--------|-----------------------|
| | Reta | Platô | Reta | | Platô | | | |
| | | | b ₀ | b ₁ | P | | | |
| 2 | 17 | 7 | 32,4264 | 0,0267 | 149,1857 | 1156,0117 | 308,60 | 95,36 |
| 8 | 18 | 8 | 20,6349 | 0,0183 | 104,9650 | 677,8314 | 323,23 | 95,28 |
| 12 | 19 | 11 | 11,4774 | 0,0064 | 43,0091 | 142,6300 | 253,71 | 93,72 |
| 14 | 25 | 17 | 12,5043 | 0,0037 | 36,1000 | 171,5435 | 216,72 | 90,41 |
| 17 | 37 | 23 | 45,7024 | 0,0118 | 155,8696 | 3929,1429 | 424,12 | 92,37 |
| 18 | 21 | 13 | 14,6705 | 0,0062 | 47,6954 | 252,8391 | 175,85 | 90,24 |
| 22 | 11 | 4 | 19,2680 | 0,0167 | 66,8575 | 125,8332 | 168,30 | 94,92 |
| 27 | 13 | 6 | 17,2865 | 0,0182 | 79,2333 | 273,3760 | 204,62 | 94,9 |
| 55 | 18 | 7 | 11,1652 | 0,0087 | 51,8200 | 115,5222 | 433,58 | 96,44 |
| 66 | 29 | 21 | 11,8755 | 0,0040 | 41,1586 | 283,8544 | 265,50 | 90,77 |
| 70 | 24 | 14 | 30,6330 | 0,0123 | 106,4486 | 1109,0750 | 305,30 | 93,27 |
| 77 | 13 | 6 | 10,0065 | 0,0115 | 48,4833 | 86,1479 | 307,36 | 96,55 |
| 100 | 11 | 7 | 12,3764 | 0,0156 | 57,0057 | 166,5837 | 127,14 | 92,92 |
| 105 | 13 | 17 | 11,4262 | 0,0087 | 61,5940 | 146,1816 | 144,45 | 92,92 |
| 110 | 23 | 13 | 13,1841 | 0,0083 | 61,5940 | 345,7745 | 376,64 | 94,72 |
| 112 | 13 | 7 | 6,0150 | 0,0049 | 22,5857 | 26,0734 | 150,72 | 93,20 |
| 114 | 24 | 15 | 7,0041 | 0,0037 | 29,7427 | 102,5828 | 294,48 | 93,05 |
| 116 | 28 | 22 | 24,9550 | 0,0091 | 90,0009 | 1135,7662 | 314,65 | 92,37 |
| 117 | 19 | 15 | 8,3775 | 0,0025 | 20,5787 | 40,2428 | 139,69 | 89,15 |
| 181 | 21 | 21 | 9,4314 | 0,0044 | 32,9352 | 184,3187 | 164,95 | 89,67 |

Em que: Reta = modelo da reta ; Platô = modelo de platô; b₀, b₁ e P = parâmetros dos modelos; SQD (reta + platô) = soma de quadrado do desvio; F = valor do teste F; R² (%) = coeficiente de determinação.

Diversidade e equabilidade

Bacia

Como foi esperado, houve padrões de variação da diversidade dentro da bacia do rio São Francisco. Isto ocorreu por causa da presença de inúmeras fisionomias e fatores ambientais, como o clima e sua localização na bacia (latitude e altitude), que podem contribuir para a distribuição da riqueza das espécies nas comunidades, determinando mudanças consideráveis na diversidade de alguns fragmentos (Tabela 6).

Partindo do cálculo da diversidade e equabilidade nos fragmentos da bacia, constatou-se a seguinte amplitude dos índices: (a) Shannon – 2,176 a 4,389, (b) Simpson – 0,019 a 0,206, (c) Quociente de mistura – 0,166 a 0,029 e (d) Equabilidade – 0,625 a 0,875.

A Floresta Estacional Semidecidual, no conjunto de fragmentos, apresentou a maior diversidade em média, conforme apontam os altos valores dos índices, exceto para o Quociente de mistura, conforme a Tabela 6. Já em relação à equabilidade, que retrata a relação do número de espécies frente ao número de indivíduos, demonstrou que essa fisionomia, quando comparada com as demais, gerou a maior amplitude do índice de equabilidade, caracterizando um descompasso na relação número de indivíduos x espécies, no ambiente de menor valor do índice, ou seja no fragmento 14. Um valor bem próximo foi observado no fragmento 77, inserido na Floresta Estacional Decidual.

TABELA 6: Estimativa da diversidade e equabilidade, nos fragmentos pertencentes à bacia do rio São Francisco com sua respectiva intensidade amostral e área total.

TABLE 6: Diversity and equability estimated for the fragments basin of São Francisco river with their respective sampling intensity and total area.

| Fragmento | Município | AF (ha) | A (ha) | N | H' | S | J' | QM |
|-----------|-------------|---------|--------|-----|-------|-------|-------|-------|
| | Vargem | | | | | | | |
| 2 | Bonita | 21,83 | 0,6 | 158 | 4,389 | 0,019 | 0,867 | 0,166 |
| 8 | Bambuí | 34,95 | 0,65 | 112 | 4,128 | 0,023 | 0,875 | 0,151 |
| 12 | Iguatama | 45,12 | 0,75 | 46 | 2,709 | 0,13 | 0,708 | 0,068 |
| 14 | Iguatama | 43,4 | 1,05 | 39 | 2,291 | 0,161 | 0,625 | 0,029 |
| | Lagoa da | | | | | | | |
| 17 | Prata | 165,26 | 1,5 | 165 | 4,2 | 0,024 | 0,823 | 0,075 |
| | Matias | | | | | | | |
| 18 | Cardoso | 85,83 | 0,85 | 51 | 2,995 | 0,086 | 0,762 | 0,076 |
| 22 | Abaeté | 2,88 | 0,375 | 70 | 3,568 | 0,042 | 0,84 | 0,138 |
| | Martinho | | | | | | | |
| 27 | Campos | 15,31 | 0,475 | 84 | 3,709 | 0,036 | 0,837 | 0,14 |
| 55 | Urucuaia | 9,34 | 0,625 | 55 | 2,977 | 0,113 | 0,743 | 0,113 |
| 66 | São Romão | 40,57 | 1,25 | 44 | 2,721 | 0,118 | 0,719 | 0,069 |
| 70 | Lassance | 41,08 | 0,95 | 114 | 3,667 | 0,046 | 0,774 | 0,08 |
| 77 | Januária | 4,74 | 0,475 | 52 | 2,504 | 0,206 | 0,634 | 0,09 |
| 100 | Iguatama | 5,17 | 0,45 | 61 | 3,125 | 0,101 | 0,76 | 0,131 |
| 105 | Ibiaí | 15,15 | 0,75 | 44 | 2,925 | 0,103 | 0,773 | 0,052 |
| 110 | Ibiaí | 47,164 | 0,9 | 66 | 3,07 | 0,108 | 0,733 | 0,101 |
| | Santa Fé de | | | | | | | |
| 112 | Minas | 40 | 0,5 | 24 | 2,575 | 0,102 | 0,81 | 0,066 |
| 114 | Brasilândia | 38,25 | 1 | 32 | 2,806 | 0,094 | 0,81 | 0,065 |
| 116 | Jequitaiá | 107,64 | 1,25 | 96 | 3,783 | 0,034 | 0,829 | 0,068 |
| 117 | Lassance | 17,79 | 0,85 | 22 | 2,176 | 0,166 | 0,704 | 0,029 |
| 181 | Manga | 24,93 | 1,05 | 36 | 3,064 | 0,057 | 0,855 | 0,092 |

Em que: AF = área do fragmento (ha); A = intensidade amostral (ha); N = número de espécies; H' = índice de Shannon; S = índice de Simpson; J' = equabilidade de Pielou; QM = quociente de mistura de Jentsch.

Compreendendo a localização dos fragmentos na bacia (Figura 1), percebeu-se que os maiores valores

para o índice de diversidade (H') foram os fragmentos que se situam antes da represa de Três Marias, região próxima à nascente do rio São Francisco, e com os maiores regimes pluviométricos. A exceção ao fato foi observada nos fragmentos 12, 14 e 116.

Os fragmentos 2 (Floresta Estacional Semidecidual) e 181 (Floresta Estacional Decidual) situam-se nos extremos da bacia do rio São Francisco, em Minas Gerais e, entre os fragmentos amostrados, são os mais distantes ente si (Figura 3). Os índices de diversidade de Shannon e de Simpson foram de 3,064 e 0,057, para o fragmento 181 e de 4,389 e 0,019, para o fragmento 2. Já o quociente de mistura de Jentsch foi de 0,092 para o fragmento 181 e de 0,166 para o fragmento 2. Essa variação demonstra que a diversidade é maior em locais mais úmidos e que apresentam uma menor restrição a fatores hídricos.

Outra informação importante é a relação entre a distribuição dos indivíduos amostrados nas diversas espécies inventariadas, presentes em cada fisionomia. Informação que foi retratada pela equabilidade de Pielou, em que os valores encontrados para os fragmentos 2 e 181 foram de 0,867 e 0,855 respectivamente.

Segundo Pinto (2003), os baixos valores encontrados determinam certa dominância ecológica de poucas espécies predominando na comunidade. Assim, esses valores reduzidos indicam uma possível redução da diversidade.

Um outro fator que contribui para reduzir a diversidade do fragmento é o grau de ação antrópica a que se encontra submetido. Nos fragmentos 12 e 14, situados no município de Iguatama, detectaram-se a presença de bovinos e vestígios de pescadores em seu interior. Já no fragmento 117, situado no município de Lassance, além dos fatores antrópicos mencionados, havia em seu entorno agricultura intensiva (irrigação).

Grupo fisionômico I (fragmentos: 2, 8, 12, 14, 17, 22, 27, 70 e 100)

A diversidade teve o seguinte comportamento, de acordo com os diversos indicadores: índice de Shannon: variou de 2,291 (F_{14}) a 4,389 (F_2); índice de Simpson: variou de 0,161 (F_{14}) a 0,019 (F_2); quociente de mistura: variou de 0,166 (F_2) a 0,029 (F_{14}). Já a equabilidade variou de 0,875 (F_8) a 0,625 (F_{14}).

Nesse grupo fisionômico foram encontrados os maiores valores de diversidade, pelos três índices aplicados. Porém, os fragmentos do município de Iguatama (F_{12} , F_{14} e F_{100}) constituem um subgrupo com as menores diversidades (H' e S), de acordo com os índices de Shannon e de Simpson. O quociente de mistura apontou o fragmento 100 como pertencente a esse subgrupo, porém destoando-se mais dos outros dois fragmentos. As baixas diversidades nesses três fragmentos provêm da grande influência à inundações no período das chuvas.

Nos fragmentos 2, 8, 17, 27 e 70, o índice de diversidade de Shannon variou de 3,667 a 4,389. Valores similares para esse índice (3,764 a 4,331) foram encontrados em quatro áreas de mata ciliar na região da bacia do rio Grande, MG, por Oliveira-Filho *et al.* (1995). Ambas as comunidades apresentam a mesma característica semidecidual.

O fragmento 2, situado no município de Vargem Bonita, tem uma área amostral total de 6.000 m². Seu índice de diversidade de Shannon (4,389) foi maior que o de uma comunidade arbórea de Floresta Semidecidual (4,258) situada às margens do rio Capivari (Lavras, MG), estudada por Souza *et al.* (2003). Nessa floresta, a amostragem atingiu 11.600 m² de área total e seguiu os mesmos critérios de inclusão deste estudo.

Os fragmentos do Grupo I que tiveram os menores valores de equabilidade foram o 12 (0,760), o 14 (0,708) e o 100 (0,625). As espécies que contribuíram para o ocorrido, em consequência do representativo número de indivíduos, constam a seguir: *Croton urucurana* Baillon, *Casearia sylvestris* Swartz e *Cecropia pachystachya* Trécul no fragmento 100; *Inga vera* Willd., *Sebastiania brasiliensis* Sprengel, *Psidium guajava* L., *Nectandra nitidula* Nees, *Ruprechtia laxiflora* Meisner, *Croton urucurana* Baillon e *Savia dictyocarpa* (Müll.Arg.) Müll.Arg. no fragmento 14; *Ocotea aciphylla* (Nees) Mez., *Ruprechtia laxiflora* Meisner e *Inga vera* Willd. no fragmento 12. Por outro lado, os fragmentos 2, 8 e 17 apresentaram os maiores valores de equabilidade, ou seja, 0,867, 0,875 e 0,823 respectivamente.

A diversidade obtida por Vilela *et al.* (1997), em uma floresta ripária situada no município de Martinho Campos, MG, pelos índices de Shannon e de equabilidade, foram de 3,769 e 0,786 respectivamente. Nessa mesma floresta, o índice de Shannon, encontrado neste estudo praticamente não se

alterou (3,709), já a equabilidade aumentou para 0,837. Esses valores servem de indicativo para demonstrar que a floresta não sofreu degradação de espécies ao longo do período compreendido entre as duas medições, mesmo tendo sido usadas intensidades amostrais diferentes nas duas épocas. De acordo com o índice de equabilidade, houve uma retomada do equilíbrio na relação espécie e número de indivíduos.

Grupo fisionômico II (fragmentos: 112, 114 e 117)

A diversidade desse grupo, avaliada pelos diversos indicadores, apresentou o seguinte comportamento: índice de Shannon: variou de 2,176 (F_{117}) a 2,806 (F_{114}); índice de Simpson: variou de 0,166 (F_{117}) a 0,094 (F_{114}); quociente de mistura: variou de 0,029 (F_{117}) a 0,066 (F_{112}). A equabilidade variou de 0,704 (F_{117}) a 0,810 (F_{114} e F_{112}).

Os fragmentos 112 e 114 possuem o mesmo índice de equabilidade, mas o índice do fragmento 117 é menor. As espécies com um grande número de indivíduos e que foram as responsáveis pelo baixo valor dessa medida nos fragmentos mencionados são: no fragmento 117: *Croton urucurana* Baillon, *Triplaris gardneriana* Weddell, *Cecropia pachystachya* Trécul, *Celtis iguanaea* (Jacquin) Sargent e *Inga vera* Willd.; no fragmento 112: *Protium heptaphyllum* (Aublet) Marchand, *Cecropia pachystachya* Trécul, *Acacia glomerosa* Benth., *Vitex polygama* Cham. e *Simira hexandra* (S.Moore) Steyermark; no fragmento 114: *Protium heptaphyllum* (Aublet) Marchand e *Mouriri elliptica* Mart. Essas espécies promovem a redução da diversidade, por dominarem os fragmentos amostrados.

Grupo fisionômico III (fragmentos: 66, 105, 110 e 116)

O fragmento 116, situado no município de Jequiá, foi o que apresentou os maiores valores de diversidade pelos índices de Shannon (3,78) e Simpson (0,034) para o grupo fisionômico III. Contudo, em relação ao quociente de mistura, o valor para esse fragmento encontra-se na posição média do grupo (0,068).

A amplitude do índice de Simpson foi de 0,118 (F_{66}) a 0,034 (F_{116}) e a do quociente de mistura foi de 0,052 (F_{105}) e 0,101 (F_{110}). Nesse grupo fisionômico, a equabilidade ficou distribuída da seguinte forma: $F_{116} = 0,829$, $F_{105} = 0,773$, $F_{110} = 0,733$ e $F_{66} = 0,719$.

Os fragmentos 105 e 110 sofrem influência direta das águas do rio São Francisco, pois estão localizados em suas margens. Já os fragmentos 116 e 66 estão inseridos em afluentes do rio São Francisco, e não sofrem influência direta. Nesse ponto, percebe-se claramente que a presença de um rio principal com grande volume de água, como o São Francisco, exerce uma influência diferente no padrão da diversidade. Partindo dessa afirmativa, constatou-se nesse grupo que os fragmentos 110 e 105 são mais semelhantes em diversidade pelos índices de Shannon e Simpson. Seguindo a lógica proposta, os fragmentos 116 e 110 apresentaram uma igualdade pelo quociente de mistura.

As espécies que contribuíram para a redução da equabilidade, proporcionada pelo seu grande número de indivíduos, foram: no fragmento 116: *Protium heptaphyllum* (Aublet) Marchand, *Mouriri elliptica* Mart., *Simira sampaioana* (Standley) Steyermark, *Psidium guineense* Swartz, *Qualea dichotoma* (Mart.) Warm., *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong e *Myrcia tomentosa* (Aublet) DC.; no fragmento 110: *Protium heptaphyllum* (Aublet) Marchand, *Mouriri elliptica* Mart., *Simira sampaioana* (Standley) Steyermark; no fragmento 105: *Simira hexandra* (S.Moore) Steyermark, *Acacia polyphylla* DC., *Guazuma ulmifolia* Lam., *Talisia esculenta* (A.St.-Hil.) Radlk. e *Triplaris gardneriana* Weddell; no fragmento 66: *Talisia esculenta* (A.St.-Hil.) Radlk., *Triplaris gardneriana* Weddell e *Mouriri elliptica* Mart.

Grupo fisionômico IV (fragmento: 55)

Os valores dos índices de diversidade de Shannon e de Simpson e do quociente de mistura encontrados para o fragmento 55 foram de 2,977, 0,113 e 0,113 respectivamente.

A equabilidade do fragmento 55 é considerada baixa (0,743) se comparada com a do fragmento 116 ($J' = 0,829$) e com a de outros fragmentos da bacia. Esse valor baixo se deve especialmente ao fato das espécies *Licania apetala* (E.Meyer) Fritsch, *Astronium fraxinifolium* Schott e *Tabebuia impetiginosa* (Mart.) Standley apresentarem um elevado número de indivíduos (40,08%) e predominarem na vegetação.

Grupo fisionômico V (fragmentos: 18, 77 e 181)

A diversidade desse grupo, avaliada pelos diversos índices, apresentou o seguinte comportamento:

Shannon: variou de 2,504 (F₇₇) a 3,064 (F₁₈₁); Simpson: variou de 0,206 (F₇₇) a 0,057 (F₁₈₁); quociente de mistura: variou de 0,075 (F₁₈) a 0,09 (F₁₈₁). A equabilidade encontrada para os fragmentos 18, 77 e 181 foi de 0,762, 0,634 e 0,855 respectivamente.

As espécies que exerceram pressão na equabilidade de cada fragmento foram: fragmento 18: *Caesalpinia pyramidalis* Tul., *Tabebuia impetiginosa* (Mart.) Standley, *Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. Allem., *Coccoloba mollis* Casar. e *Goniorrhachis marginata* Taub.; fragmento 77: *Anadenanthera peregrina* (Benth.) Speg., *Myracrodruon urundeuva* Fr. Allem. e *Bauhinia forficata* Link; fragmento 181: *Acacia polyphylla* DC., *Schinopsis brasiliensis* Engler, *Goniorrhachis marginata* Taub., *Sideroxylon obtusifolium* (Roem. & Schultz) T.E. Penn. e *Zizyphus joazeiro* Mart.. Essas espécies apresentaram um alto número de indivíduos dentro de cada comunidade, perfazendo 63,6, 55,83 e 43,60% nos fragmentos 77, 18 e 181 respectivamente.

Silva e Scariot (2003) determinaram a composição florística e estrutural da comunidade arbórea, em uma Floresta Estacional Decidual em afloramento calcário, inserida na bacia do rio Paranã, GO. A amostragem realizada foi de 1 ha e o critério de inclusão de indivíduos foi igual ao do presente trabalho (CAP ≥ 15,7 cm). A diversidade indicada pelos índices de Shannon e de equabilidade foi de 2,99 e 0,83, respectivamente. Esses valores para a diversidade são bem próximos aos encontrados neste estudo, para as duas áreas típicas de Floresta Estacional Decidual, que são os fragmentos 181 e 18.

Gradiente de diversidade

Ao analisar os valores dos índices de diversidade, encontrou-se certa dificuldade para determinar um gradiente de diversidade entre os grupos fisionômicos, sobretudo quando se confrontaram os índices de Shannon e Simpson com o Quociente de mistura.

Como exemplo, cita-se o caso do grupo fisionômico V, em que o gradiente crescente de diversidade, expresso pelos índices de Shannon e Simpson, foi: F₇₇ < F₁₈ < F₁₈₁. Já para o quociente de mistura, a ordem dos fragmentos foi: F₁₈ < F₇₇ < F₁₈₁ (Tabela 7).

TABELA 7: Ranking do gradiente decrescente de diversidade dentro de cada grupo fisionômico.

TABLE 7: Diversity gradient in descending order for each physiognomic group.

| Grupo Fisionômico | Ranking | H' | S | QM |
|-------------------|---------|-------|------|------|
| I | 1 | F2 | F2 | F2 |
| | 2 | F17a | F8 | F8 |
| | 3 | F8a | F17 | F27 |
| | 4 | F27b | F27 | F22 |
| | 5 | F70bc | F22 | F100 |
| | 6 | F22c | F70 | F70 |
| | 7 | F100 | F100 | F17 |
| | 8 | F12 | F12 | F12 |
| | 9 | F14 | F14 | F14 |
| II | 1 | F114 | F114 | F112 |
| | 2 | F112 | F112 | F114 |
| | 3 | F117 | F117 | F117 |
| III | 1 | F116 | F116 | F105 |
| | 2 | F110a | F105 | F116 |
| | 3 | F105a | F110 | F66 |
| | 4 | F66 | F66 | F110 |
| IV | 1 | F55 | F55 | F55 |
| V | 1 | F181 | F181 | F181 |
| | 2 | F18 | F18 | F77 |
| | 3 | F77 | F77 | F18 |

Em que: H' = índice de Shannon; S = índice de Simpson; QM = quociente de mistura; F = fragmento número; a, b e c = às letras iguais indicam igualdade de diversidade no índice de Shannon, pelo teste de Hutcheson ($\alpha = 0,05\%$).

A Tabela 7 mostra a ordenação decrescente, entre os valores obtidos dos índices de diversidade, em

cada grupo fisionômico. Os resultados obtidos destacam a presença de um gradiente de diversidade entre áreas de mesma característica fisionômica. Entretanto, ao se calcular o coeficiente de correlação de Spearman (r_s) e mensurar a sua significância, pelo teste t (Tabela 8), percebeu-se que a ordenação pelos índices de Shannon e Simpson seguiam um mesmo fluxo de ordenação, exceto para o grupo fisionômico III, no qual não foi constatada significância. Porém, ao se aplicar o teste de Hutcheson constatou-se que não há diferença significativa entre os fragmentos 105 e 110, sendo esses sítios responsáveis pela diferença na ordem do gradiente de diversidade, entre os índices Shannon e Simpson. Dessa maneira, surgiu um empate entre os valores de diversidade e uma nova ordenação foi gerada. Assim, após recalculer r_s , observou-se um incremento deste, passando de 0,80 para 0,95, valor significativo a 5% ($t_{\text{calculado}} = 4,30$). Dessa maneira, as seqüências de Shannon e Simpson não apresentaram diferenças significativas. Entretanto, quando esses foram comparados com o Quociente de Mistura, todos os valores foram significativos, exceto no grupo fisionômico I em que ocorreu o oposto.

A lógica seguida pelos índices de Simpson e de Shannon para expressar a diversidade é a mesma. Dessa maneira, foram utilizados como referência esses índices para determinar o gradiente de diversidade nos grupos fisionômicos. A utilização do teste de Hutcheson justificou-se, pois ajudou a comparar os valores do índice de Shannon entre fragmentos, quando esses não demonstravam a mesma seqüência de gradiente, encontrados pelo índice de Simpson.

TABELA 8: Valores da correlação de Spearman e sua significância pelo teste t, dentro de cada grupo fisionômico.

TABLE 8: Spearman's values correlation and its significance for t test into each physiognomic group.

| Grupos Fisionômicos | Valores de t Calculado | | | Correlação de Spearman (r_s) | | |
|---------------------|------------------------|--------|--------|----------------------------------|-----|------|
| | A | B | C | A | B | C |
| I | 9,98 ** | 2,59 * | 3,74 * | 0,96 | 0,7 | 0,82 |
| II | (g) | 0,57 | 0,57 | 1 | 0,5 | 0,5 |
| III | 1,88 | (h) | 1,06 | 0,8 | 0 | 0,6 |
| IV | (d) | (d) | (d) | (d) | (d) | (d) |
| V | (g) | 0,57 | 0,57 | 1 | 0,5 | 0,5 |

Em que: A = comparação entre o índice de Shannon e Simpson; B = comparação entre o índice de Shannon e o Quociente de Mistura; C = comparação entre o índice de Simpson e o Quociente de Mistura; (g)- $r_s = 1$; (h)- $r_s = 0$; (d)- grupo fisionômico composto por um único fragmento; *, ** = níveis de significância para 0,05 e 0,01, respectivamente.

A Figura 3 mostra os resultados das comparações entre os valores do índice de Shannon, pelo teste de Hutcheson, apenas para as combinações nas quais não houve diferenças significativas.

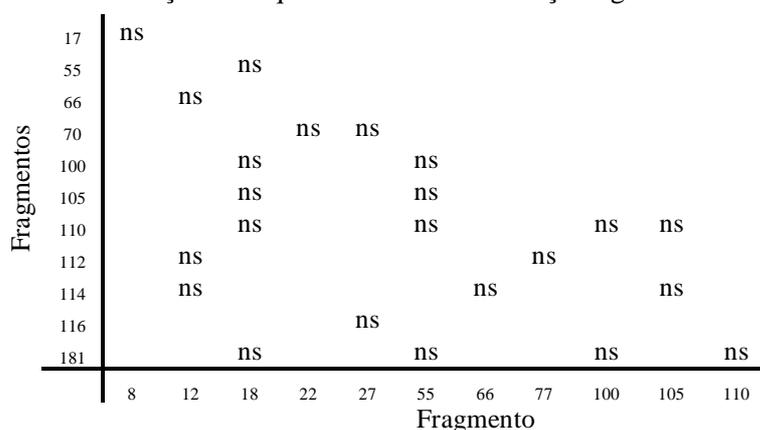


FIGURA 3: Matriz com as combinações entre fragmentos após o uso do teste estatístico de Hutcheson ($\alpha = 0,05\%$), realçando apenas a não-significância ocorrida entre os índices de diversidade de Shannon nos fragmentos.

FIGURE 3: Matrix with the combination among fragments after using the Hutcheson test ($\alpha = 0,05\%$), showing only the non-significance verified between Shannon indices in the fragments.

Os gradientes de diversidade formados para cada grupo fisionômico estão na Figura 4. No grupo fisionômico I, o gradiente crescente de diversidade começa no fragmento 70 e aumenta ao se deslocar para áreas de maior latitude e altitudes, com uma maior disponibilidade de recursos hídricos.

O gradiente é interrompido, apenas nas áreas sujeitas à inundações por longos períodos, inseridas no município de Iguatama e compostas pelos fragmentos 100, 14 e 12. Voltando a seguir seu fluxo de ascendente. Nestes três fragmentos, as hipóteses sugeridas podem ajudar a servir de explicação para os baixos valores encontrados: são áreas que realmente podem apresentar uma menor riqueza de espécies e, por isso, a diversidade foi baixa; são fragmentos que podem estar perdendo espécies, haja vista os valores de equabilidade ($0,760 - F_{100}$, $0,708 - F_{12}$ e $0,625 - F_{14}$) que indicam a dominância ecológica de poucas espécies; ou pela grande influência das enchentes no período chuvoso em que apenas as espécies tolerantes à inundações podem ser encontradas. Nesses locais, um estudo do monitoramento ecológico faz-se necessário, para observar se uma das hipóteses sugeridas explica ou não os baixos valores de diversidade e equabilidade.

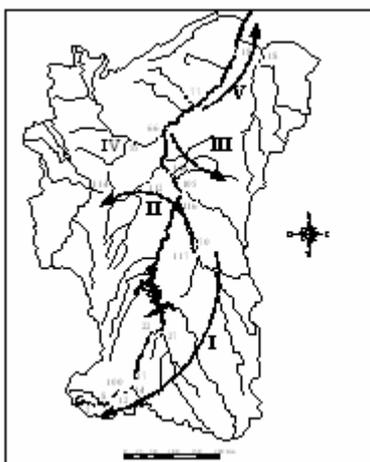


FIGURA 4: Mapa do gradiente de diversidade em cada grupo fisionômico formado na bacia do rio São Francisco, MG, tendo como base os índices de diversidade de Shannon e Simpson. O sentido da seta indica um gradiente crescente de diversidade, e o algarismo romano, os grupos.

FIGURE 4: Diversity gradient map for each physiognomic group formed in the basin of São Francisco river, MG, according to Shannon and Simpson indexes. The arrow direction shows the ascending diversity gradient and the roman algorithms show the groups.

Para os ecótonos localizados nos fragmentos 112, 114 e 117 (grupo fisionômico II), o comportamento do gradiente de diversidade segue a ordem crescente: F_{117} , F_{112} e F_{114} , acompanhado pela mesma ordem de diminuição da longitude. Uma das explicações para o surgimento desse gradiente é o regime hídrico. No município de Brasilândia onde se situa o fragmento 114, a precipitação anual é de 1.441,5 mm, valor considerado alto em comparação com o dos municípios de Lassance (1.165,5 mm) onde está o fragmento 117 e Santa Fé de Minas (1.153 mm) onde está o fragmento 112. Em Santa Fé de Minas, a precipitação anual é um pouco menor que em Lassance, mas a diversidade do fragmento daquele município é maior que a do fragmento de Lassance. Nesse caso, o grau de degradação dos ambientes pode ter influenciado no resultado do gradiente.

No grupo fisionômico III, o gradiente de diversidade segue para latitudes maiores, em sentido de comportamento idêntico ao do grupo I. A seqüência de menor diversidade inicia-se no fragmento 66 e termina no 116 (Jequitai). A precipitação anual é de 1.006 mm no fragmento 66, de 1.326,8 mm nos fragmentos 105 e 110, e de 1.031,5 mm no fragmento 116. Assim, essa variável não ajuda a explicar o sentido do gradiente, demonstrando haver outros fatores envolvidos na distinção da diversidade como, por exemplo, a fertilidade e a ação antrópica, entre outros.

O grupo IV que é formado apenas pelo fragmento 55 não estabelece nenhum gradiente. Contudo, pelo teste de Hutcheson, o valor de seu índice de Shannon não difere estatisticamente dos índices dos seguintes fragmentos: 18, 100, 105, 110 e 181.

Os fragmentos 18, 77 e 181 que pertencem ao grupo fisionômico V têm um gradiente crescente de diversidade proporcional à diminuição da latitude, tendo como referência os índices de Simpson e Shannon. Com o distanciamento das áreas sujeitas à pressão de outras fisionomias, a diversidade tende a aumentar, pois os valores dos índices de diversidade são maiores. Apesar de o fragmento 77 ter sido classificado como Floresta Estacional Decidual, ele está próximo a regiões de cerrado e sofre alguma influência. Já os fragmentos 181 e 18 que, teoricamente estão isentos de pressões fisionômicas, são considerados Florestas Estacionais Deciduais típicas.

Estudando gradientes topográficos em Viçosa, MG, pertencentes a uma Floresta Estacional Semidecidual Montana, Silva (2002) encontrou valores para o índice de Shannon variando de 2,10 (Topo do gradiente) a 3,74 (baixada) e equabilidade de 0,597 a 0,880, com amostras de 250 m² e CAP ≥ 15,7cm, indicando um aumento da diversidade nas áreas mais úmidas.

Similaridade

Ao analisar os cinco grupos fisionômicos, percebeu-se que existiu uma sobreposição de espécies entre eles. O diagrama de Venn (Figura 5) evidencia ainda mais esse fato, permitindo ainda inferir sobre a tendência das espécies em formar agregados preferenciais por ambiente. Segundo Oliveira-Filho & Ratter (2001), o diagrama de Venn permite avaliar a composição florística da flora arbórea. Entretanto, essa composição florística não pode ser encarada como toda a riqueza de espécies pertencentes a um determinado ambiente fisionômico.

As interações entre grupos fisionômicos, encontrados em (a), (b) e (c) na Figura 5, seguem a ordem de ocorrência através da bacia do rio São Francisco (nascente-foz) apresentando os laços de similaridade florística de espécies compartilhadas.

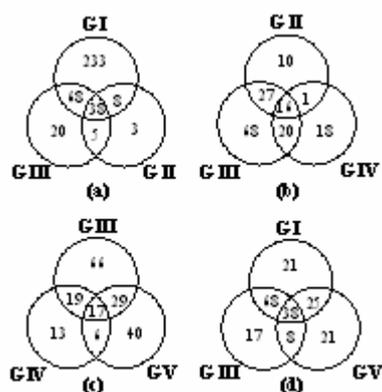


FIGURA 5: Diagrama de Venn obtido das 397 espécies recorrentes dos 20 fragmentos estudados, em que (a), (b), (c) e (d) são os laços florísticos entre cada grupo fisionômico especificado.

FIGURE 5: Venn diagram constructed from 397 recurrent species in the 20 studied fragments in which (a), (b), (c), and (d) are floristic links among physiognomic groups.

Considerando os três grupos com maior riqueza de espécies na área estudada (Figura 5 – d), percebe-se que, com a redução da latitude, ou seja, saindo da nascente para a jusante do rio, há uma redução do número de espécies semelhantes no grupo fisionômico I, passando de 30,54% (grupo fisionômico III) para 18,16% (grupo fisionômico V). Analisando agora os laços entre o grupo fisionômico III e os grupos I e V, um aumento de espécies semelhantes é observado no sentido da nascente grupo I (80,92%), em contrapartida apenas 35,11% são fornecidas com o grupo V.

A região formada pelo grupo fisionômico III delimita uma importante área, já que ela pode ser o ponto divisor de duas fisionomias consideradas mais homogêneas floristicamente, a Floresta Estacional Semidecidual e a Floresta Estacional Decidual. Essa constatação foi caracterizada mediante as comparações de similaridade pelo diagrama de Venn (Figura 5). As interações do grupo fisionômico III em relação aos demais grupos variaram de 27,48% (grupo IV), 35,11% (grupo V), 32,82% (grupo II) e 80,92% (grupo I).

O hábitat dessa região é semelhante ao de regiões mais úmidas, pois as áreas inventariadas margeiam uma faixa mais próxima à calha do rio, desenvolvendo um ambiente menos seco, sendo propício a espécies correlacionadas à formação florestal semidecidual. Por outro lado, durante os meses de seca e nos ambientes mais drenados, a vegetação sofre influência de espécies recorrentes na área de cerrado-cerradão e, em alguns pontos, da Floresta Estacional Decidual. Entretanto, a similaridade da composição florística tende à Floresta Semidecidual, estabelecendo laços de 80,92% em relação à espécie.

Percebendo essas relações de espécies, dispostas, muitas vezes, em vários ambientes fisionômicos diferentes, pode-se perceber possíveis similaridades ou graus de dissimilaridade. Entretanto, sem uma medida ou distância, tornando-se difícil quantificar níveis de igualdade florística.

As Figuras 6 e 7 demonstram o resultado da análise de agrupamento (UPGMA), tendo como referência o quociente de Jaccard no primeiro momento e Sorensen na seqüência.

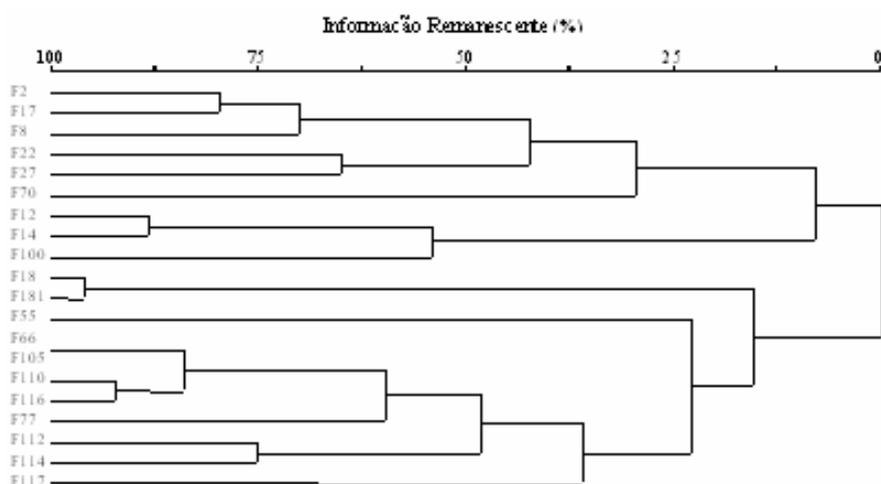


FIGURA 6: Dendrograma de similaridade florística obtido por uma matriz de presença / ausência, das espécies presentes nos 20 fragmentos, utilizando o método de medias ponderadas por grupo (UPGMA) e o quociente de Jaccard.

FIGURE 6: Dendrogram of floristic similarity constructed from a matrix of presence/absence using the unweighted pair group method with arithmetic mean (UPGMA) and the Jaccard quotient.

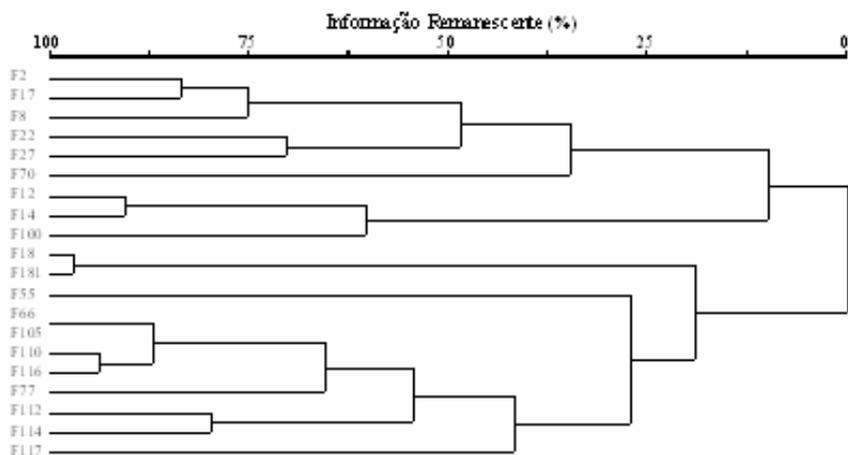


FIGURA 7: Dendrograma de similaridade florística obtido por uma matriz de presença / ausência, das espécies presentes nos 20 fragmentos, utilizando o método de medias ponderadas por grupo (UPGMA) e o quociente de Sorensen.

FIGURE 7: Dendrogram of floristic similarity constructed from a matrix of presence/absence using the unweighted pair group method with arithmetic mean (UPGMA) and the Sorensen quotient.

Caracterizando e comparando-se os níveis de similaridade pelos dendrogramas gerados, percebeu-se claramente um maior rigor em discriminar ambientes pelo quociente de Sorensen em relação à Jaccard. Por exemplo, ao se realizar um corte na posição 37,5%, usando Jaccard como referência, obtêm-se sete grupos floristicamente similares, entretanto, usando Sorensen, apenas seis grupos. Segundo Kent e Coker (1992), os quocientes de Sorensen e Jaccard são claramente muito semelhantes, porém, Sorensen é preferido por fornecer pesos para as espécies mais comuns.

Mueller-Dombois e Ellenberg (1974) recomendam usar um nível de corte de 25% no eixo de escala do dendrograma. Com base na adoção desse nível de corte, as comunidades arbóreas estudadas foram divididas em quatro grupos por Sorensen, discriminando a Floresta Estacional em dois grupos: o primeiro composto pelos fragmentos: 2, 8, 17, 22, 27 e 70, exatamente os ambientes com maior diversidade (Tabela 7) dentro do grupo fisionômico I, e o segundo formado pelos três fragmentos situados no município de Iguatama (12, 14 e 100).

Os outros dois grupos restantes estão localizados acima da represa de Três Marias. Nessa área fica evidenciada a separação de ambientes mais homogêneos floristicamente (Floresta Estacional Decidual) de regiões ecotonais.

Assim, o terceiro grupo é formado pelos fragmentos 18 e 181, ambos Floresta Estacional Decidual, apresentando uma alta similaridade florística. Mesmo fazendo um corte menos rigoroso, ou seja, adotando valores acima de 25%, a separação desses fragmentos só ocorrerá próximo a 100% na escala, caracterizando ambientes bastante homogêneos. Essa mesma observação pode ser considerada para quando se utilizou o índice de Jaccard.

O último grupo é formado pelos fragmentos 55, 66, 77, 105, 110, 112, 114 e 116. Ele apresenta a maior variação fisionômica existente em toda a bacia inventariada, evidenciando exatamente a região formada por ecótonos. A exceção é o fragmento 77, em que predomina a Floresta Estacional Decidual, porém, apresentando um grande número de espécies raras comuns nos outros fragmentos desse grupo: *Talisia esculenta* (A.St.-Hil.) Radlk., *Celtis iguanaea* (Jacquin) Sargent, *Inga vera* Willd. e *Guazuma ulmifolia* Lam. Contudo, essas espécies não ditam o padrão fisionômico característico da área.

Ao se utilizar o quociente de Jaccard, o fragmento 55 formará um outro grupo distinto, com o mesmo valor de corte (25%). Segundo a classificação fisionômica, esse fragmento é constituído de Floresta Semidecídua e Decídua, por isso não se adere a nenhum grupo específico, caracterizando uma área de transição. Observa-se ainda não existir diferença entre os fragmentos 66 e 105.

Nos fragmentos 66, 105, 110 e 116 (grupo fisionômico III), a composição florística foi semelhante, em consequência de condições ambientais muito características, principalmente em razão do regime hídrico. Com um nível de corte acima de 83%, eles se tornam diferentes floristicamente usando Jaccard ou Sorensen.

Para os fragmentos na condição de encaves (fragmentos 112, 114 e 117), aplicando um nível de corte de 62,5% (Jaccard e Sorensen) obtêm-se a formação de dois conjuntos, sendo um formado pelos fragmentos 112 e 114 e outro pelo fragmento 117. Essa separação demonstra que, diminuindo-se a latitude, as vegetações passam a sofrer uma certa influência de cerradão, por isso o rompimento. Dentro de uma escala fisionômica hipotética o fragmento 117 está mais próximo fisionomicamente de Floresta Estacional Semidecídua quando comparado com o fragmento 112 e 114.

Oliveira-Filho e Ratter (2001), realizando comparações entre diversos tipos fisionômicos, constataram uma grande dissimilaridade entre matas ciliares (padrão semidecidual) e Florestas Deciduais. Nesse estudo, encontrou-se um comportamento semelhante ao estabelecer laços de similaridade entre Florestas Deciduais e Semideciduais. Ao aplicar o diagrama de Venn, resultou em apenas 18,16% de espécies compartilhadas.

Ao comparar a similaridade florística entre trechos de vegetação arbustiva caducifólia, Rodal *et al.* (1999) atribuíram a alta similaridade presente, em especial, a variações pedológicas e topográficas, indicando um ambiente correlacionado com as espécies. Essa correlação de espécies em relação ao ambiente pode ser vista na bacia do rio São Francisco, unindo fragmentos que constituíam uma certa igualdade de fatores abióticos.

CONCLUSÕES

A diversidade dentro da bacia, nas áreas estudadas, apresentou uma grande variação para cada índice de diversidade, mostrando assim a presença de ambientes susceptíveis à degradação.

No grupo fisionômico I, o gradiente de diversidade inicia-se no fragmento 70, deslocando-se para o fragmento 2, exceto os fragmentos 14, 12 e 100 que não seguiram este comportamento; no grupo fisionômico II, o gradiente se desloca na seguinte ordem: $F_{117} < F_{112} < F_{114}$; no grupo fisionômico III, a ordem é: $F_{66} < F_{110} < F_{105} < F_{116}$; no grupo fisionômico IV, não existe gradiente, por ser formado apenas pelo fragmento 55; no grupo fisionômico V, o gradiente se desloca no sentido do fragmento 77 para o fragmento 181.

Os laços florísticos entre a Floresta Estacional Semidecidual (Grupo fisionômico I) reduzem-se à medida que se afastam da nascente, a um valor de 30,54% (grupo fisionômico III) e 18,16% (grupo fisionômico V), comprovando uma redução de seus domínios ao longo da bacia; o inverso ocorre com a Floresta Estacional Decidual.

A similaridade entre os fragmentos amostrados, avaliada pelo quociente de Sorensen e considerando um nível de corte de 25% no dendrograma, levou à formação de quatro grupos que são: grupo I formado pelos fragmentos 2, 8, 17, 22, 27 e 70; grupo II formado pelos fragmentos 12, 14 e 100; grupo III, formado pelos fragmentos 18 e 181; grupo IV formado pelos fragmentos 55, 66, 77, 105, 110, 112, 114, 116 e 117. Se for usado o coeficiente de Jaccard em vez do de Sorensen e com o mesmo nível de corte, há a formação de cinco grupos, mudando apenas o grupo IV, com a desagregação do fragmento 55 que, sozinho, forma um grupo.

Tanto o quociente de similaridade de Sorensen quanto o de Jaccard discriminaram de forma clara todos os fragmentos considerados ecótonos, de ambientes onde existia uma homogeneidade florística. Entretanto, Sorensen foi mais rigoroso que Jaccard, segregando mais os fragmentos aos níveis de corte mais altos que 25%.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DE MINAS GERAIS - EPAMIG. **Levantamento de reconhecimento detalhado dos solos da área sob influência do reservatório de Três Marias, MG.** Belo Horizonte, 1978. 263p. (Boletim Técnico do SNL ; S57).

FERREIRA, R.L.C. **Análise estrutural da vegetação da Estação Florestal de Experimentação de Açu, RN, como subsídio básico para o manejo florestal.** 1988. 91f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1988.

GEOMINAS. **Título.** Disponível em: <<http://www.geominas.mg.gov.br>>. Acesso em: 14 ago. 2003.

GOMIDE, L.R. **Um modelo fitogeográfico para a bacia do rio São Francisco, em Minas Gerais.** 2003. 268f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2003.

HANSON, J.S.; MALASON, G.P.; ARMSTRONG, M.P. Landscape fragmentation and dispersal in a model of riparian forest dynamics. **Ecological Modeling**, Amsterdam, v. 49, n. 3/4, p. 272-296, 1990.

HUTCHESON, K. A test for comparing diversities based on the Shannon formula. **Journal Theory Biology**, v. 29, p. 151-154, 1970.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual técnico da vegetação brasileira.** Rio de Janeiro, 1992. 92p.

JUDD, W.S.; CAMPBELL, C.S.; KELLOGG, E.A.; STEAVENS, P.F. **Plant systematics: a phylogenetic approach.** Massachusetts: Sinauer Associates, 1999.

KENT, M.; COKER, P. **Vegetation description and analysis: a practical approach.** Chichester: John Wiley, 1992. 363p.

LAMPRECHT, H. **Silvicultura nos trópicos.** Alemanha: Ed. GTZ. Rossdorf, 1990. 343p.

LUDWIG, J.A.; REYNOLDS, J.F. **Statistical ecology: a primer on methods and computing.** New York: J. Wiley, 1988. 337p.

McCUNE, B.; MEFFORD, M.J. **PC-ORD. Multivariate analysis of ecological data, version 4.** Gleneden Beach : MjM Software Design, 1999.

- MUELLER-DOMBOIS, D.; ELLENBERG, H. **Aims and methods of vegetation ecology**. New York: Willey, 1974. 574p.
- NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 1979. 422p.
- OLIVEIRA-FILHO, A.T.; VILELA, E.A.; CARVALHO, D.A.; GAVILANES, M.L. **Estudos florísticos e fitossociológicos em remanescentes da mata ciliar do alto e médio Rio Grande**. Belo Horizonte: CEMIG, 1995. 27p.
- OLIVEIRA-FILHO, A.T.; RATTER, J.A. Padrões Florísticos das matas ciliares da região do cerrado e a evolução das paisagens do Brasil central durante o quaternário tardio. In: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO FILHO, H. (eds.) **Matas ciliares: conservação e recuperação**. 2. ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo/ Fapesp, 2001. p. 73-89.
- PIELOU, E.C. Species diversity and pattern diversity in the study of ecological succession. **Journal Theory Biology**, v. 10, p. 370-383, 1966.
- PINTO, L.V.A. **Caracterização física da sub-bacia do ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG, e propostas de recuperação de suas nascentes**. 2003. 165f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2003.
- REICHARDT, K. Relação água-solo-plantas em mata ciliar. In: SIMPÓSIO SOBRE MATA CILIAR, 1989, Campinas. **Anais...** Campinas : Fundação Cargil, 1989. p. 20-24.
- RODAL, M.J.N.; NASCIMENTO, L.M.; MELO, A.L. Composição florística de um trecho de vegetação arbustiva caducifólia, no município de Ibirimir, PE, Brasil. **Acta Botânica Brasileira**, São Carlos, v. 13, n. 1, p. 15-38, 1999.
- SAEG - Sistema para Análise Estatística e Genética (SAEG v. 5.0). **Manual de uso**. Viçosa: UFV-Funarbe, 1997.
- SANO, S.M.; ALMEIDA, S.P. **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina: EMBRAPA CPAC, 1998. 556p.
- SILVA, A.L.; SCARIOT, A. Composição florística e estrutura da comunidade arbórea em uma floresta estacional decidual em afloramento calcário (Fazenda São José, São Domingos, GO, Bacia do Rio Paraná). **Acta Botânica Brasileira**, São Carlos, v.17, n.2, p.305-313, 2003.
- SILVA, N.R.S. **Florística e estrutura horizontal de uma Floresta Estacional Semidecidual Montana - mata do Juquinha de Paula, Viçosa, MG**. 2002. 83f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2002.
- SOUZA, A.L.; ALMEIDA, D.S. Conservação da diversidade em fragmentos florestais. In: ENCONTRO PARA A CONSERVAÇÃO DA NATUREZA, 1., 1997, Viçosa. **Anais...** Viçosa: CMCN/UFV, 1997. p. 80-88.
- SOUZA, J.S.; ESPÍRITO-SANTO, F.D.B.; FONTES, M.A.L.; OLIVEIRA-FILHO, A.T.; BOTEZELLI, L. Análise das variações florísticas e estruturais da comunidade arbórea de um fragmento de floresta semidecídua às margens do rio Capivari, Lavras, MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 2, p. 185-206, 2003.
- VIANA, V.M.; TOBANEZ, A.J.A.; MARTINEZ, J.L.A. Restauração e manejo de fragmentos florestais. In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS, 2., 1992, Campos do Jordão. **Anais...** São Paulo: Instituto Florestal, 1992. p. 400-406.
- VILELA, E.A.; OLIVEIRA-FILHO, A.T.; CARVALHO, D.A.; CURI, N. **Estudos florísticos e fitossociológicos em remanescentes de floresta ripária do baixo rio Paranaíba e Alto Rio São Francisco, MG**. Belo Horizonte. CEMIG, 1997. 27p.
- WOLDA, H. Similarity indices, sample size and diversity. **Oecologia**, New York, v. 50, n. 3, p. 296-302, 1981.