

UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

Fitossociologia e Paisagismo:

Identificação de espécies arbóreas para uso na arborização urbana

Roberto Valmorbida de Aguiar

Passo Fundo, 2017

Roberto Valmorbida de Aguiar

Fitossociologia e Paisagismo:
Identificação de espécies arbóreas para uso na arborização urbana

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Passo Fundo, como requisito parcial para obtenção de título de Doutor em Agronomia.

Orientador:

Profa. Dra. Cláudia Petry

Coorientador:

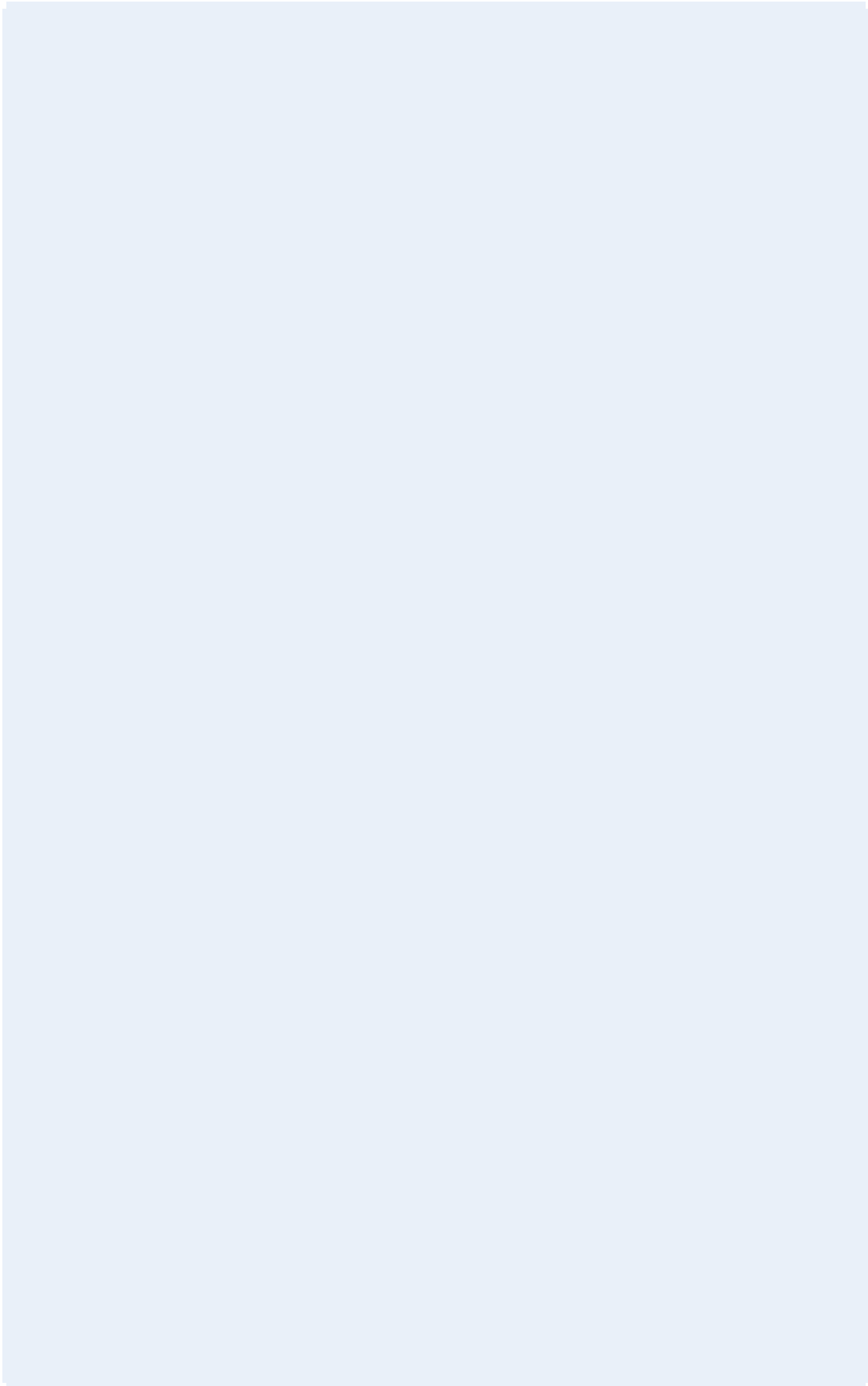
Prof. Dr. Edson Campanhola Bortoluzzi

Passo Fundo

2017

Local de inserção da ficha catalográfica elaborada por uma bibliotecária da UPF. A CIP – CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO é um componente obrigatório, que deve ser inserido apenas na versão final da dissertação, documento elaborado após a realização da banca de defesa.

ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO



DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho, com todo o amor e agradecimento, aos meus pais Josefina (*in memorian*) e Léo (*in memorian*), por tudo que fizeram por mim, especialmente pelos maiores ensinamentos que eu tive na minha vida, através de seus exemplos.

AGRADECIMENTOS

A Deus, em primeiro lugar, por me dar saúde e energia para mais essa etapa da minha vida e aos meus pais (*in memoriam*).

Aos meus filhos Tales e Vinícius pela paciência e compreensão, assim como minha querida companheira Morgana pelo apoio, incentivo e sugestões e ao nosso filho Augusto que está a caminho. À minha irmã Léa pelo apoio, meu sobrinho Caetano pelos desenhos de incentivo e ao meu neto Cauê, mais novo membro da família, pela energia de sua presença.

À minha orientadora professora Cláudia Petry, fundamental para minha formação, pois aceitou ter-me orientado e ensinado os principais saberes neste período da minha formação. Sendo além de uma ótima orientadora, uma excelente pessoa e um exemplo de que podemos sim, fazer deste planeta uma moradia melhor para todos.

Aos professores membros do meu comitê de orientação Edson Campanhola Bortoluzzi, Altemir José Mossi e Jaime Martinez, pelos ensinamentos, conselhos e pela disposição em auxiliarem na minha tese, juntamente com a professora Cláudia.

A todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Agronomia da UPF, especialmente as professoras Eunice Oliveira Calvete, Simone Basso e os professores Alexandre Nienow e Florindo Castoldi, assim como as funcionárias da secretaria do programa.

Aos meus colegas de pós-graduação, especialmente à Paloma Sexto, Mara Link, Cláudia Dutra, Maurício Tonello, Rosiane Castoldi, Chirlene Oldoni, Daniela Fávero, Ernane Pfüller, Jackson Korchagin, Welington Zanini e Luciana Dall’Agnese, pelo convívio, aprendizado e coleguismo.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul – Campus Sertão, especialmente aos alunos Elizeu Scolari, Maurício dos Santos e Gabriel Lima e as professoras Jeonice Techio e Rosilene Perin.

À CAPES, pela concessão da bolsa de pós-graduação PROSUP.

*“Tentamos proteger a árvore,
esquecidos de que é ela que nos protege.”*

Carlos Drummond de Andrade

RESUMO

Fitossociologia e Paisagismo: Identificação de espécies arbóreas para uso na arborização urbana

A vegetação arbórea em uma cidade possui além da função ornamental, uma série de regulações ambientais, tais como, controlar a umidade da atmosfera, filtrar a poluição, regular o ar atmosférico e a temperatura do ambiente urbano. Embora o Brasil seja reconhecido como um dos países com a maior biodiversidade do planeta, possuindo o maior número de espécies de árvores, o ecossistema urbano apresenta um grande número de árvores exóticas em suas ruas, sendo que poucas espécies nativas são aproveitadas no paisagismo urbano. A aplicação da fitossociologia em levantamentos florestais como estratégia para a conservação da flora de uma comunidade é relativamente comum, porém a utilização de seus resultados para indicação de espécies nativas de uma região para uso na arborização urbana se apresenta como uma nova possibilidade de aplicabilidade dessa técnica. Dessa forma, o objetivo do trabalho foi através de um levantamento fitossociológico, identificar a formação florestal de um fragmento de Floresta Subtropical e usar os resultados para indicar quais espécies arbóreas do estudo possuem potencial ornamental para utilização no paisagismo urbano, além de correlacionar variáveis do solo com a abundância e distribuição das espécies. A área de estudo está localizada no sul do Brasil sendo uma unidade de conservação municipal denominada Parque Natural Municipal de Sertão (28°02'31 "S, 52°13'28" W) com 500 ha, pertencente ao bioma Mata Atlântica. A metodologia empregada foi o método de parcelas, sendo levantadas 100 unidades amostrais de 10 x 10m, divididas em três áreas com diferentes características ecológicas, totalizando 10.000 m² de área amostrada. Todos os indivíduos com PAP (perímetro à altura do peito) ≥ 15 cm foram identificados e medidos. As diferenças entre as três áreas foram verificadas através de uma análise de variância (ANOVA). A análise química do solo foi realizada em 10 parcelas, onde, após verificação da normalidade dos dados, foi utilizado o Coeficiente de Correlação de Pearson para correlacionar espécies com mais de cinco indivíduos com variáveis químicas do solo. Também foi realizada análise de agrupamento, entre as principais espécies do levantamento e suas características para uso em arborização urbana e ainda, uma análise de componentes principais (PCA) com o intuito de evidenciar os fatores responsáveis pelos agrupamentos. Foram identificadas 83 espécies arbóreas, pertencentes a 33 famílias botânicas, em um total de 1537 indivíduos, confirmando a Floresta Ombrófila Mista como a formação florestal do local. O potássio apresentou correlação com três espécies nas unidades amostrais estudadas. O estudo apontou que espécies com os maiores valores de importância encontrados no levantamento fitossociológico são também as mais indicadas para

uso em arborização urbana nas regiões com essa mesma formação florestal. Estas espécies pertencem ao grupo ecológico das pioneiras e secundárias, apresentando a forma de crescimento e tolerância a luz adequados ao uso em ecossistemas urbanos. Além do grupo ecológico, a época de floração e o porte das espécies apontados pela PCA, foram as características mais importantes para a indicação das espécies.

Palavras-chave: 1. Floresta Ombrófila Mista. 2. Paisagismo urbano. 3. Grupos ecológicos. 4. PCA. 5. Potássio.

ABSTRACT

Phytosociology and Landscaping: Identification of the tree species for use in urban afforestation

The arboreal vegetation in a city has besides ornamental function, a series of environmental regulations, such as controlling the humidity of the atmosphere, filtering the pollution, regulating the atmospheric air and the temperature of the urban environment. Although Brazil is recognized as one of the most biodiverse countries on the planet, possessing the largest number of tree species, the urban ecosystem presents a large number of exotic trees in the streets, with few native species being used in urban landscape design. The application of phytosociology in forest surveys as a strategy for the conservation of the flora of a community is relatively common, but the use of its results to indicate native species of a region for use in urban afforestation presents as a new possibility of the applicability of this technique. Thus, the objective of the study was to identify the forest formation of a subtropical forest fragment and to use the results to indicate which tree species of the study have ornamental potential for use in urban landscaping, in addition to correlating soil variables with the abundance and distribution of the species. The study area is located in the southern Brazil, being a municipal conservation unit called "Parque Natural Municipal de Sertão" (28°02'31 "S, 52°13'28" W) with 500 ha, belonging to the Atlantic Forest. The methodology used was the plots method, with 100 sample units of 10 x 10m divided into three areas with different ecological characteristics, totaling 10.000 m² of sampled area. All individuals with PAP (chest circumference) \geq 15 cm were identified and measured. The differences between the three areas were verified through an analysis of variance (ANOVA). The soil chemical analysis was performed in 10 plots, where Pearson Correlation Coefficient was used to correlate species with more than five individuals with soil chemical variables. A cluster analysis was also carried out, between the main species of the survey and its characteristics for use in urban afforestation, as well as a main component analysis (PCA) with the purpose of evidencing the factors responsible for the groupings. A total of 83 tree species belonging to 33 botanical families were identified in a total of 1537 individuals, confirming the Araucaria Forest as the local forest formation. Potassium showed correlation with three in the sample units studied. The study pointed out that species with the highest values of importance found in the phytosociological

survey are also the most suitable for use in urban afforestation in the regions with the same forest formation. These species belong to the ecological group of pioneers and secondary, presenting the form of growth and tolerance light suitable for use in urban ecosystems. In addition to the ecological group, the flowering season and the size of the species indicated by the PCA were the most important characteristics for the indication of the species.

Key words: 1. Araucaria Forest. 2. Urban landscaping. 3. Ecological groups. 4. PCA. 5. Potassium.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	REVISÃO DA LITERATURA	18
2.1	<i>As florestas</i>	18
2.1.1	<i>Regeneração florestal</i>	19
2.1.2	<i>Fatores químicos, físicos e biológicos do solo</i>	23
2.1.3	<i>As florestas e a interação com os fatores ambientais</i>	26
2.2	<i>Fitossociologia</i>	32
2.2.1	<i>As correntes fitossociológicas</i>	34
2.2.2	<i>Histórico da fitossociologia no Brasil</i>	36
2.2.3	<i>Métodos de amostragem</i>	37
2.2.4	<i>Parâmetros quantitativos ou fitossociológicos</i>	39
2.2.5	<i>Ferramentas auxiliares na fitossociologia</i>	42
2.2.6	<i>Perspectiva atuais e futuras da fitossociologia</i>	44
3	CAPÍTULO I - ESTRUTURA ARBÓREA E ATRIBUTOS DO SOLO EM FLORESTA OMBRÓFILA MISTA NO SUL DO BRASIL	48
3.1	<i>Resumo</i>	48
3.2	<i>Introdução</i>	49
3.3	<i>Material e Métodos</i>	50
3.4	<i>Resultados e Discussão</i>	52
3.5	<i>Conclusões</i>	55
4	CAPÍTULO II - UTILIZAÇÃO DA FITOSSOCIOLOGIA NA INDICAÇÃO DE ESPÉCIES PARA ARBORIZAÇÃO URBANA	56
4.1	<i>Resumo</i>	56
4.2	<i>Introdução</i>	57
4.3	<i>Material e Métodos</i>	60
4.3.1	<i>Local do experimento</i>	60
4.3.2	<i>Amostragem</i>	60
4.3.3	<i>Procedimentos fitossociológicos e florestais</i>	62
4.3.4	<i>Análise das espécies para uso na arborização urbana</i>	62

4.3.5 <i>Análise estatística</i>	63
4.4 <i>Resultados</i>	64
4.4.1 <i>Análise da vegetação</i>	64
4.4.2 <i>Formações florestais</i>	68
4.4.3 <i>Grupos ecológicos</i>	68
4.4.4 <i>Diferença entre as áreas do levantamento fitossociológico</i>	69
4.4.5 <i>Indicação de espécies para paisagismo urbano</i>	71
4.5 <i>Discussão</i>	74
4.5.1 <i>Formação florestal</i>	74
4.5.2 <i>Comparação entre as áreas de estudo dentro do PNMS</i>	75
4.5.3 <i>Tamanho, grupos ecológicos e indicação de espécies</i>	77
4.6 <i>Conclusões</i>	80
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	81
6 CONCLUSÃO GERAL	83
REFERÊNCIAS	85
APÊNDICES	102
<i>Apêndice I - "Phytosociology and soil attributes in na Araucaria Forest in Southern Brazil" - Artigo aceito para publicação na Acta Horticulturae</i>	103

1 INTRODUÇÃO

As florestas cobrem um terço da superfície terrestre do planeta, desempenham um papel fundamental na amenização das alterações climáticas, alimentam rios sendo essenciais para o fornecimento de água, além de ajudar a regular o impacto de tempestades e inundações. São os ecossistemas biologicamente mais diversos na terra, sendo o lar de mais da metade das espécies terrestres de animais e plantas e atualmente, 1,6 bilhão de pessoas dependem das florestas para sua subsistência. Apesar de todos esses inestimáveis benefícios ecológicos, econômicos, sociais e de saúde, o desmatamento global continua a um ritmo alarmante, onde aproximadamente 13 milhões de hectares de floresta são destruídos anualmente, sendo que a América do Sul e a África foram os continentes que mais perderam florestas entre 2010 e 2015 com 4,8 milhões de hectares (FAO, 2015; UNEP, 2016).

Uma das formas de estudo das florestas é através da fitossociologia, que é o ramo da ecologia vegetal que estuda comunidades de plantas, onde a partir da coleta de dados por unidades amostrais, delimita e caracteriza os tipos de vegetação com base na sua composição florística. Seus estudos incluem toda a estrutura e distribuição no espaço vertical e horizontal de comunidades de plantas em todas as escalas de distribuição, composição de espécies e interações sociais entre as espécies, além das relações recíprocas da comunidade vegetal e meio ambiente em que estão relacionados. A fitossociologia é o ramo da Ecologia Vegetal mais amplamente utilizado para diagnóstico qualitativo e quantitativo das formações vegetacionais. Tem um papel crucial para a conservação da biodiversidade, fornecendo compreensão da estrutura de comunidades vegetais, funcionamento de ecossistemas e da evolução biológica. A aplicação de seus resultados pode ser usada no planejamento de ações em gestão ambiental, como no manejo florestal e na recuperação de áreas degradadas (CHAVES et al., 2013).

Centenas de inventários fitossociológicos estão disponíveis em bases de dados de vegetação e ocorrência de espécies, abrindo novos caminhos para pesquisa básica e aplicada, principalmente do hemisfério norte, o que reforça a necessidade de ampliar esses estudos nos países tropicais (DENGLER et al., 2016). Um dos recentes desafios para a fitossociologia é abrir outras redes científicas e de gestão na área da ecologia vegetal, restauração de ecossistemas, manejo ecológico, conservação do patrimônio natural e avaliação da biodiversidade. Um exemplo é o uso de métodos fitossociológicos na gestão de áreas naturais e no desenvolvimento de estudos de monografias, dissertações e teses, visando a avaliação do território (BENSETTITI et al., 2010).

Os estudos existentes sobre a vegetação no norte do estado do Rio Grande do Sul, caracterizada pela presença de formações florestais, foram realizados principalmente através de trabalhos no Parque Estadual do Turvo, que concentra a maior área de floresta do estado. Nos demais locais da região esses estudos são escassos, excetuando os trabalhos pioneiros de Rambo (1956) e Klein (1972), são raros estudos mais recentes e aprofundados, que contribuam com informações sobre a estrutura da vegetação arbórea nessas áreas, especialmente na região do Alto Uruguai. O conhecimento sobre a comunidade da vegetação de uma determinada região pode ser importante para evitar a extinção de espécies, além do descobrimento de espécies comercialmente importantes, ou até mesmo ainda não descritas.

A aplicação da fitossociologia em levantamentos florestais como estratégia para a conservação da flora de uma comunidade é relativamente comum, porém a utilização de seus resultados para indicação de espécies nativas de uma região para uso na arborização urbana, principal proposta apresentado pelo presente trabalho, representa uma nova possibilidade da aplicabilidade dessa técnica. Aliado a isso, a indicação de espécies com essa finalidade visa trazer resultados positivos para todos os agentes envolvidos nessa área, e não somente a comunidade científica. As espécies arbóreas nativas apresentam uma perspectiva ecológica e econômica mais viável quando comparadas com aquelas comumente utilizadas, visto que aproximadamente 80% das espécies vegetais utilizadas no paisagismo são exóticas. Com isso, os produtores agrícolas têm mais um motivo para

manter em suas propriedades áreas de preservação permanente com espécies arbóreas nativas, com o intuito de que as mesmas forneçam material biológico para a produção vegetal para o paisagismo, especialmente para a arborização urbana.

Os resultados deste trabalho também contribuem com informações a cerca da diversidade de espécies arbóreas encontradas na região norte do Estado do Rio Grande do Sul, através do levantamento fitossociológico realizado no Parque Natural Municipal de Sertão - PNMS. Os dados sobre a composição e a estrutura do fragmento de Floresta Ombrófila Mista, formação florestal do local, auxiliam na valoração ambiental desta Unidade de Conservação que foi o sujeito da pesquisa. Além disso, o trabalho traz contribuições para auxiliar nas respostas sobre quais atributos do solo apresentam sinais de influência sobre a biodiversidade e a distribuição de espécies arbóreas da Floresta Ombrófila Mista.

Além da Introdução, apresentada neste momento descrevendo a problemática, a justificativa e os objetivos, este trabalho está organizado em mais três partes: Revisão de Literatura, Capítulo I e Capítulo II. A Revisão da Literatura apresenta um levantamento de informações baseados em publicações científicas sobre dois temas: as florestas - por ser uma unidade da paisagem e objeto principal desta tese; e a fitossociologia - a ferramenta usada para entender as florestas. No Capítulo I - Estrutura arbórea e atributos do solo em Floresta Ombrófila Mista no Sul do Brasil, está apresentado em língua portuguesa e com dados atualizados um artigo aceito para publicação na revista *Acta Horticulturae*. O Capítulo II – Utilização da fitossociologia na indicação de espécies para arborização urbana, apresenta uma nova proposta da aplicação da fitossociologia ainda não identificada em publicações científicas, sendo a novidade do trabalho. Para finalizar é feita uma breve discussão dos dois capítulos nas Considerações Finais e na Conclusão. O artigo original “Phytosociology and soil attributes in an Araucaria Forest in Southern Brazil” apresentado de forma atualizada no capítulo I e aceito para publicação na *Acta Horticulturae* está no Apêndice I.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 As Florestas

As florestas cobrem um terço da massa terrestre do planeta, além de desempenharem um papel fundamental na amenização das alterações climáticas, alimentam rios sendo essenciais para o fornecimento de água para cerca de 50% das maiores cidades do planeta, ajudam a regular o impacto de tempestades e inundações e atualmente, 1,6 bilhão de pessoas dependem das florestas para sua subsistência. As florestas são os ecossistemas biologicamente mais diversos na terra, sendo o lar de mais da metade das espécies terrestres de animais e plantas. No entanto, apesar de todos esses inestimáveis benefícios ecológicos, econômicos, sociais e de saúde, o desmatamento global continua a um ritmo alarmante, sendo que aproximadamente 13 milhões de hectares de floresta são destruídos anualmente (UNEP, 2016). De 1990 até 2015 perderam-se cerca de 129 milhões de hectares de florestas, principalmente em regiões tropicais, sendo que a América do Sul e a África foram os continentes que mais perderam florestas entre 2010 e 2015 com 4,8 milhões de hectares (FAO, 2015).

O desmatamento de áreas tropicais e subtropicais, além de agravar as mudanças climáticas, debilita meios de subsistência rurais e desarticula as mais diversas comunidades terrestres do planeta (REID; HOLSTE; ZAHAWI, 2013). Cerca de 27 milhões de hectares de floresta tropical foram derrubadas entre 2000 e 2005, dois terços dos quais eram na América Latina (HANSEN et al., 2008). Atualmente, a maior parte dessa biota está presente em paisagens antrópicas, no qual o desmatamento histórico reduziu essas grandes extensões florestais que antes eram contínuas, em uma miríade de pequenas manchas, que muitas vezes são isoladas umas das outras por outros usos da terra, modificado por humanos (RIBEIRO et al., 2009). A perda de habitat é um dos principais impulsionadores de mudança na biodiversidade dos ecossistemas florestais em todo o mundo. Os efeitos sinérgicos da perda e fragmentação do habitat pode levar a impactos profundos sobre a estrutura e composição da floresta, condicionando os

fragmentos florestais aos estágios sucessionais iniciais (sucessão regressiva) (ROCHA-SANTOS et al., 2016).

Apesar de seu papel crucial na paisagem modificada pelo homem, a taxa a que as florestas se recuperam ao âmbito em que elas podem fornecer níveis equivalentes de serviços ecossistêmicos como as florestas que substituíram, permanece incerto. Vários estudos sugerem que, as florestas tropicais podem entrar em colapso ou mudar para um estado estável, uma vez que certo limiar de perturbação tenha sido alcançado. A baixa taxa de recuperação florestal em fragmentos florestais secundários isolados é devida a redução da colonização das plantas e sua sobrevivência e também, pelas severas condições ambientais e distúrbios frequentes (POORTER et al., 2016).

A dinâmica das florestas naturais depende, sobretudo, dos fatores ecológicos que contribuem durante o seu desenvolvimento, tais como a sucessão, a competição, a exposição, o sítio natural e a luminosidade. O conhecimento das interações desses fatores, na dinâmica da floresta, facilita a interpretação sobre como se desenvolveu a vegetação através do tempo, transformando-se numa ferramenta de fundamental importância na tomada de decisões concernentes ao manejo de florestas (MOSCOVICH, 2006).

2.1.1 Regeneração florestal

Um dos mecanismos mais importantes que controlam a regeneração florestal é a limitação no recrutamento nas fases iniciais do ciclo de vida das plantas. Essa limitação no recrutamento de plântulas pode ser devido a um pequeno número de sementes produzidas e/ou dispersas, ou mesmo a processos pós-dispersão afetando o sucesso de estabelecimento de plântulas. Em ambientes florestais tropicais, a abundância e riqueza de plântulas e jovens de espécies arbóreas são influenciadas principalmente pela disponibilidade de luz, pelo padrão de produção e dispersão de sementes, e pela ação de predadores de sementes e de plântulas, além da incidência de danos físicos (ALVES; METZGER, 2006).

A regeneração florestal após um distúrbio natural, como a abertura de clareiras pela queda de árvores, ocorre através da contribuição das árvores remanescentes via produção de sementes ou rebrota, pelo recrutamento das plântulas sobreviventes à perturbação (regeneração avançada) e pelo recrutamento de sementes presentes no banco de sementes do solo e/ou provenientes da chuva de sementes (YOUNG et al., 1987; WHITMORE, 1991). Em áreas sujeitas à perturbação antrópica, a contribuição relativa dessas diferentes fontes de regeneração frequentemente se altera (ALVES; METZGER, 2006). A abertura no dossel da floresta inicia o ciclo de crescimento florestal, onde a maior quantidade de radiação fotossinteticamente ativa que ocorre nestas áreas tem importância vital no desenvolvimento de plantas. A mudança da quantidade de radiação que chega até o piso florestal é o primeiro fator observado nos ambientes de áreas com menor cobertura do dossel, acompanhado de alterações na temperatura e umidade do ar e do solo, os quais podem ser bruscamente modificados, dependendo da intensidade do distúrbio provocado (JARDIM; SERRÃO; NEMER, 2007; SALAMI et al., 2014).

As mudanças na estrutura (área basal, densidade, estratificação do dossel), riqueza e composição de espécies e no funcionamento florestal (ciclagem de nutrientes, produtividade primária líquida, luminosidade) ocorrem através de uma sequência de eventos e processos após o abandono da terra. De maneira geral, a recuperação da estrutura florestal em florestas secundárias ocorre mais rapidamente do que a da composição e riqueza de espécies. Tais mudanças são dirigidas pelo tipo de alterações estruturais nas condições físicas e químicas do solo devido ao histórico de perturbação e uso da terra, e pela disponibilidade e disposição espacial das manchas de floresta remanescentes (estrutura e configuração da paisagem), que funcionam como fontes de sementes para a regeneração (GUARIGUATA; OSTERTAG, 2001). O histórico de perturbações tem muitas implicações na sucessão florestal, pois diferentes tipos e intensidades de perturbações podem resultar em diferentes estruturas florestais (ALVES; METZGER, 2006).

Os fatores antropogênicos que causam degradação estrutural nas florestas determinam fortemente a trajetória da estrutura desses ecossistemas, os empurrando a um

processo de sucessão regressiva, o que é mais provável de ocorrer em paisagens desmatadas podendo levar à erosão florestal funcional. As características da estrutura florestal são mais severamente degradadas em paisagens com cobertura florestal inferior a 40%, sendo recomendado evitar redução da cobertura florestal abaixo deste limiar, altura em que a erosão estrutural se torna mais grave, com consequências negativas previsíveis sobre a biodiversidade e serviços ambientais de manutenção (ROCHA-SANTOS, 2016).

Em áreas antropicamente degradadas, um dos fatores mais importantes que limitam o recrutamento de plântulas é a baixa disponibilidade de sementes, afetada pela presença e distância de manchas de floresta, que funcionariam como fontes de sementes e de agentes dispersores, sendo que a regeneração de florestas secundárias dependeria, inicialmente, da chuva de sementes de espécies florestais (ALVES; METZGER, 2006). As variações nos atributos do solo podem provocar alterações na densidade do banco de sementes (LAU; JARDIM, 2014), como por exemplo o cobre, que por possuir baixa mobilidade, acumula-se principalmente em solos argilosos e por se tratar de um metal pesado, seu excesso pode provocar a contaminação do solo e consequentemente prejudicar a viabilidade das sementes.

A matéria orgânica caracteriza-se por atrair as partículas de cobre, retendo-o no solo e impedindo sua lixiviação (BERTOL et al., 2010). Além disso, alterações na comunidade de dispersores, predadores de sementes e de herbívoros (como aves e mamíferos) também podem afetar a regeneração florestal, pois uma grande proporção de espécies arbóreas tropicais tem suas sementes consumidas por vetores animais (HOWE; SMALLWOOD, 1982; TABARELLI; PERES, 2002). Nesse sentido um dos desafios é aumentar a visitação animal para áreas com recursos de habitat reduzidos, microclima estressante, com risco de predação, onde muitos pesquisadores estão explorando alternativas de baixo custo para atrair a fauna dispersora de sementes visando catalisar a regeneração de florestas, como poleiros para aves, estacas gigantes, abrigo para morcegos e outros artifícios (REID; HOLSTE; ZAHAWI, 2013).

O banco de sementes é considerado um depósito com sementes viáveis e em estado de latência encontradas na superfície ou interior do solo, tem importância na restauração florestal e ambiental, sofre influências internas, como dormência e externas, como as condições ambientais e edáficas do solo (LAU; JARDIM, 2014). A matéria orgânica é detentora de grande atividade microbológica, que estimula a decomposição por micro-organismos, influenciando os processos de sobrevivência das sementes no solo e demonstrando forte caráter seletivo na ocorrência de espécies (GONÇALVES et al., 2011).

Os efeitos de borda alteram as condições microclimáticas, causando danos, particularmente para árvores emergentes e de grande porte, influenciam na predação e na germinação de sementes, aumentando o giro de espécies de plantas. A morte de árvores emergentes e de grande porte afeta o diâmetro, reduz a biomassa florestal e aumenta o número de lacunas no dossel, que alteram a entrada de luz para o interior da floresta (MAGNAGO et al., 2015). Sabendo-se que a fragmentação da vegetação ocasiona maior efeito de borda, alterando o microclima, a composição das espécies e suas interações bióticas e abióticas, fragmentos menores e mais recortados terão uma maior borda em relação a sua superfície e conseqüentemente sofrerão mais estes efeitos (SANTOS; GUERRA, 2015). O efeito da borda atua sobre a camada de serapilheira alterando a espessura, massa seca, volume e massa de fração foliar da serapilheira, podendo causar prejuízos a funções e serviços ecossistêmicos, com possíveis reflexos futuros na diversidade de espécies e na integridade em remanescentes florestais (BRASIL et al., 2013).

A perda de habitat e a fragmentação podem causar como consequência a eliminação de animais importantes e a repartição das interações animais-plantas. Dentro de paisagens fragmentadas, a defaunação tende a ocorrer a taxas mais elevadas por causa da acessibilidade dessas áreas para caçadores e outros efeitos de perda de habitat (GALETTI; DIRZO, 2013). A predação de sementes e pisoteio de mudas estão entre algumas das interações que estão comprometidos em florestas degradadas, todos

resultando em efeitos em cascata sobre a regeneração de plantas (ROCHA-SANTOS et al., 2016).

2.1.2 Fatores químicos, físicos e biológicos do solo

Em termos de gradientes ambientais, o estudo das respostas das espécies de plantas a esses gradientes é fundamental para decisões de conservação, sendo que a quantificação de nichos de espécies é considerada de importância fundamental para a ecologia básica e aplicada. Enquanto variáveis climáticas são conhecidas por influenciar a ocorrência de espécies de plantas em grandes escalas, as propriedades do solo são importantes para as suas distribuições de pequena escala, contribuindo para a definição do espaço de nicho e distribuição da espécie, além de permitir encontrar corredores e refúgios para as espécies em face das mudanças climáticas (MAGALHÃES, 2016; MICHAELIS; PANNEK; DIEKMANN, 2016).

As propriedades físicas, químicas e mineralógicas do solo e o relevo influenciam no comportamento e desenvolvimento das espécies arbóreas, por meio da disponibilidade de nutrientes e água (RESENDE; LANI; RESENDE, 2002; MARANGON et al., 2013). Compreender a relação existente entre o solo e os ecossistemas é um subsídio imprescindível na tomada de decisão quanto ao manejo silvicultural e/ou estratégias de recuperação/restauração das mais diversas áreas (DICK; SCHUMACHER, 2015).

Embora o solo atue como indicativo da tipologia florestal ocorrente na paisagem, os atributos químicos do solo, além da sua biologia e a umidade, exercem grande influência na ocorrência dos mais variados tipos de vegetação. Por outro lado, a vegetação também determinará a composição do solo, influenciando principalmente no processo de transformação deste em função da adição de matéria orgânica proveniente da decomposição da serapilheira acumulada no piso florestal (JENNY, 1941; DICK; SCHUMACHER, 2015). A heterogeneidade florística associada à variação de condições ambientais, principalmente as relacionadas ao solo condicionam a coexistência de espécies vegetais, com diferentes exigências ecológicas. As diferenças quanto à

composição e estrutura da comunidade florestal também são refletidas no solo (PINTO et al., 2008). Remanescentes florestais constantemente ameaçados por ação antrópica apresentam como resultado da fragmentação, estágios sucessionais diversos, que refletem em diferenças na sua estrutura e composição florística, nos processos de ciclagem de nutrientes e nas propriedades físico-químicas do solo, sendo estes bons indicadores do grau de interferência no sistema (SANTOS; GUERRA, 2015).

Os fatores edáficos são elementos abióticos cuja ação direta ou indireta influencia a composição florística e a distribuição de espécies vegetais. Destes a composição físico-química do solo, a ciclagem de nutrientes e minerais, o regime hídrico e a topografia são os mais comuns nas florestas tropicais (LAU; JARDIM, 2014). A influência dos fatores edáficos é constante na estrutura florestal e na formação de mosaicos vegetacionais ou promove a segregação de grupos ecológicos quase puros e generalistas por habitat (BOTREL et al., 2002).

A disponibilidade de nutrientes às plantas, que pode ser maior ou menor, pode estar relacionada também aos aspectos físicos do solo, como por exemplo, a composição textural deste, resultante das ações químicas, físicas e biológicas do intemperismo (MEURER, 2007). Além de variáveis químicas, físicas e biológicas do solo, informações referentes ao relevo e conformação da floresta em relação à paisagem auxiliam na detecção de padrões de associação entre solo e vegetação (FERREIRA JUNIOR; SCHAEFER; SILVA, 2012). No entanto, a percepção pode ser melhor expressa quando se considera uma abordagem em nível de microescala, onde as relações se manifestam de uma forma intrínseca, podendo assim obter respostas relevantes ao almejar a recomposição mais específica de áreas florestais degradadas (DICK; SCHUMACHER, 2015).

Os solos sob os ecossistemas florestais são formados com influência da ação do desenvolvimento das raízes, atuação de organismos específicos associados à vegetação, presença de distintas camadas de serapilheira em diferentes estágios de decomposição,

tendo como influência constante os fatores bióticos, como a presença de fauna e vegetação (DICK; SCHUMACHER, 2015).

A decomposição da matéria orgânica, proveniente do acúmulo da serapilheira, é responsável pela devolução dos minerais absorvidos pelas plantas ao solo, o que garante a manutenção da fertilidade e sustentabilidade nos ecossistemas florestais (POGGIANI, 2012). A presença da serapilheira também ameniza a temperatura das camadas superficiais do solo, otimizando assim a atividade biológica da fauna edáfica e demais micro-organismos atuantes no processo de decomposição dos resíduos vegetais (KORASAKY et al., 2013). A quantidade de serapilheira depositada aumenta expressivamente no período de chuvas, com picos de deposição em períodos secos dentro do período chuvoso, e queda acentuada ao final do período chuvoso, quando ocorrem as maiores deposições de nutrientes via serapilheira (FREIRE et al., 2010; SANTOS; GUERRA, 2015).

As propriedades químicas do solo refletem, de maneira geral, a capacidade que determinado solo tem em fornecer nutrientes às plantas, ou seja, sua situação atual em termos de fertilidade, e indicam condições eutróficas ou distróficas do ambiente. A fertilidade e a umidade do solo geralmente ocorrem em gradientes negativos associados à sua profundidade, e isso pode limitar ou favorecer o desenvolvimento da vegetação, em função do nível de aptidão das mesmas. A qualidade química de um solo ainda é influenciada pelos fatores e processos de formação do solo, considerando o fator material de origem pode-se observar diferenças entre solos formados sob basalto e arenito, onde de uma forma geral, os solos florestais originados de granito apresentam menor capacidade de troca de cátions e baixo conteúdo de matéria orgânica possuindo, no entanto, maiores teores de cálcio e magnésio quando comparados aos solos de origem basáltica (DICK; SCHUMACHER, 2015).

Higuchi et al. (2012), encontraram correlações entre atributos químicos do solo, especialmente o pH e teores de magnésio, com a estrutura e composição florística em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista. A elevada acidez influencia a ordem da

vegetação, sendo que o elevado teor de acidez no solo como influenciador direto na distribuição vegetal (GONÇALVES et al., 2011; LAU; JARDIM, 2014).

As propriedades físicas do solo influenciam de forma direta o crescimento e distribuição da vegetação, pois está intimamente associada à qualidade química e biológica do sítio (PRICHETT; FISHER, 1987). A granulometria, expressa pelas frações argila, areia e silte, conforme a proporção que ocupam na composição do solo, condicionam maior ou menor fertilidade, em função dos argilominerais responsáveis pela retenção e disponibilização de nutrientes (MEURER, 2007).

Quanto aos aspectos biológicos, os organismos que compõem a fauna edáfica, estão intimamente associados à vegetação devido à sua influência na fertilidade do solo, onde sua diversidade está relacionada à permanência de resíduos orgânicos no solo, podendo os mesmos, serem bioindicadores da qualidade edáfica. São capazes de cumprir funções ecológicas, atuando nos processos de decomposição e ciclagem de nutrientes, sendo que, posteriormente ocorre a mineralização e a humificação do material orgânico, que são de fundamental importância para a manutenção da produtividade dos ecossistemas naturais, portanto desempenhando funções importantes à manutenção de fertilidade do solo (LOUZADA; ZANETTI, 2013). Estes organismos influenciam os aspectos físicos do solo, pois são capazes de criar estruturas biogênicas, como túneis, canais e câmaras (KORASAKI et al., 2013), além de realizarem associações simbióticas, imprescindíveis para o crescimento e desenvolvimento da vegetação (MOREIRA; CAMPOS, 2013).

2.1.3 As florestas e a interação com os fatores ambientais

Uma das maiores dúvidas sobre alterações em comunidades arbóreas tropicais, após fragmentação e/ou exploração seletiva, é a variabilidade espacial e temporal das taxas de dinâmica, representadas pelas mudanças demográficas do componente arbóreo ao longo do tempo, e as diferentes respostas das espécies arbóreas em função de gradientes ambientais. A partir da obtenção destas informações, é possível fazer

inferências sobre tendências na estruturação florestal. Partindo-se do princípio que, em fragmentos florestais, a dinâmica florestal não ocorre de forma espacialmente homogênea (HIGUCHI et al., 2008; SILVA et al., 2011), é possível que o padrão encontrado seja gerado em função de uma diversidade de interações entre fatores ambientais e as respectivas respostas das espécies (SALAMI et al., 2014).

Num estudo com fragmento de Floresta Ombrófila Mista, Salami et al. (2014) não encontraram correlação entre as variáveis ambientais de topografia, cobertura do dossel e características químicas e físicas do solo com a dinâmica da regeneração florestal, sugerindo a importância de eventos estocásticos, como por exemplo, a formação de clareiras, sobre essa dinâmica em fragmentos florestais em avançado estágio sucessional. A formação de clareiras, resultado de distúrbio antropogênico ou natural, abrem o dossel florestal, melhorando a disponibilidade de luz, fazendo com que a vegetação volte a um estágio sucessional anterior, levando a uma menor biomassa da floresta, mas com taxas de crescimento mais rápidas do povoamento florestal remanescente (POORTER et al., 2016).

Em um fragmento de floresta nativa no domínio da Mata Atlântica, Pinto et al. (2008) avaliaram duas áreas com presença de floresta, uma em estágio inicial de sucessão, onde a regeneração estava se estabelecendo em uma área destinada à pastagem, que estava isolada há 40 anos, e a outra um maciço florestal em estágio avançado de sucessão, bem preservado e sem interferência antrópica. Constataram que o solo sob a floresta em estágio inicial de sucessão é de baixa fertilidade, com maior porcentagem de areia, baixo teor de umidade e matéria orgânica, pH ácido, com elevada saturação por alumínio trocável e maior abertura do dossel, onde nesta situação ocorreram apenas 11 espécies arbóreas. Já na área de floresta madura, o solo é eutrófico, com maior porcentagem de silte, maior conteúdo de umidade e matéria orgânica, onde ocorreram 24 espécies. Gonçalves et al. (2011) em trabalho em mata ciliar constataram que a fertilidade do solo influencia a distribuição da vegetação, sendo também responsável pela formação de grupos distintos.

Em um estudo na Floresta Amazônica os resultados apontaram que a estrutura da floresta está associada aos fatores edáficos, sendo que há resposta da vegetação conforme a qualidade do sítio, existindo estreita relação entre o nível de complexidade da vegetação e a textura do solo, sendo que, quanto mais arenosa a textura, mais completa e diversa se mostrou a estrutura vegetacional do estrato inferior da floresta (CALLE-RENDÓN; MORENO; CÁRDENAS-LÓPEZ, 2011).

Em estudo desenvolvido em Floresta Estacional Subtropical no Sul do Brasil, foi detectado na formação da floresta, espécies indicadoras formando dois grupos de acordo com as características do solo, correlacionadas estas à capacidade de troca de cátions, teor de argila e pH, variando conforme a declividade do terreno (ALMEIDA, 2010). O pH também se mostrou uma variável correlacionada com as espécies em estudo em Floresta Estacional no norte da Alemanha, sendo que as espécies que apresentaram uma tolerância maior em relação as variações de valores de pH, foram mais frequentes e tiveram um acréscimo nas suas populações ao longo do tempo, embora algumas espécies não apresentaram correlação com esse fator, provavelmente devido a uma interação mais complexa entre o pH e outros fatores edáficos (MICHAELIS; PANNEK; DIEKMANN, 2016).

Scipioni et al. (2010), em estudo com a mesma formação florestal no Sul do Brasil, verificaram que a qualidade química e granulometria do solo teve pouco reflexo na distribuição das espécies, mas verificaram influência da declividade e do grau de desenvolvimento do solo nessa distribuição. Dullius (2012) afirma que as associações entre a distribuição das espécies e gradiente ambientais só podem se tornar verdadeiros após a repetição do mesmo padrão em diversas áreas.

Oliveira-Filho et al. (1994) em estudo comparativo entre tipos de vegetação na região Sudeste do Brasil, encontraram como resultados, de uma maneira geral, que as fisionomias de campo rupestre e campo de altitude que estão associadas aos solos rasos e jovens do alto das montanhas, ao passo que em altitudes menores, nos solos mais antigos e profundos, ocorrem cerrados ou florestas condicionados à fertilidade e regime de água

dos solos e frequência de incêndios. O regime de incêndios exerce a função de tornar mais abrupta a separação entre a floresta e as demais fisionomias da vegetação de um ambiente (OLIVEIRA-FILHO; FLUMINHAM-FILHO, 1999).

Lau e Jardim (2014) constaram que as maiores concentrações de componentes químicos no solo de floresta interferiram de forma negativa na densidade de indivíduos do banco de sementes, não influenciando na riqueza de espécies. Também verificaram que o manganês foi considerado tóxico à regeneração e à distribuição das espécies no banco de sementes, provocando mortalidade de espécies arbóreas e alterando a quantidade e distribuição de espécie em um trecho do local estudado.

Em estudo realizado em fragmentos de Mata Atlântica, Santos e Guerra (2015) verificaram que em fragmentos florestais isolados e mais sujeitos a atividade antrópica apresentam solos com características físico-químicas que o tornam mais suscetíveis à erosão e em relação à ciclagem de nutrientes, o aporte total de serapilheira não foi um bom indicativo da funcionalidade do sistema. Apesar dos fragmentos analisados estarem dentro de uma mesma bacia e serem próximos, todos apresentaram características que os tornam distintos e que variam em função das condições locais as quais estas florestas estão submetidas, tais como a matriz a qual se encontram inseridos, o tamanho e forma do fragmento, as características naturais, e o quanto estão sujeitas aos impactos da atividade humana.

Marangon et al. (2013) constataram em uma área de Floresta Estacional que o topo dos ambientes estudados apresentou os menores índices de fertilidade, mais sujeitos ao maior intemperismo se caracterizando somente por perdas, não recebendo sedimentos. Os dados analíticos sugerem que a deficiência de nutrientes é tão intensa que isso condiciona somente indivíduos de altura e diâmetros menores, como a própria diversidade, predominando espécies pioneiras, desempenhando papel fundamental na manutenção da fertilidade do local. A própria colonização e a maior diversidade são limitadas pela baixíssima fertilidade desse ambiente. Nos ambientes de encosta, onde a fertilidade é intermediária verificou-se que ocorre maior diversidade de plantas, porém

com indivíduos apresentando alturas menores, enquanto que nos ambientes intermediários apresentaram a melhor fertilidade, porém com menor diversidade de espécie que na encosta e indivíduos com alturas e diâmetros maiores. Phillips et al. (2004) por meio de estudos em florestas na bacia do Rio Amazonas, demonstraram que a fertilidade do solo está associada a dinâmica florestal, sendo que os locais de maior fertilidade do solo apresentaram uma alta taxa de rotatividade (mortalidade e recrutamento de indivíduos). Resultados semelhantes encontrados por Salami et al. (2014) em fragmento de Floresta Ombrófila Mista.

As florestas secundárias oferecem um conjunto de serviços ecossistêmicos que são intimamente ligados à sua capacidade de resiliência, essa definida como a capacidade de rápida recuperação após uma perturbação (recuperação absoluta) e retorno ao seu estado original de pré-desmatamento (recuperação relativa) (POORTER et al., 2016). Esses mesmos autores em pesquisa de verificação de resiliência em florestas secundárias tropicais, constaram que as mesmas diferem dramaticamente em sua resiliência principalmente pela variação da disponibilidade de água, embora outros fatores possam também estar presentes. O atual cenário de mudanças climáticas, com variações para maior ou menor precipitação em várias regiões dos trópicos, pode potencialmente dificultar a capacidade de resiliência dessas formações florestais. Nesse mesmo estudo a fertilidade do solo mostrou ter um efeito sobre a recuperação relativa da biomassa das florestas, mas nenhum efeito sobre a recuperação absoluta. Como as medidas foram obtidas de um banco de dados globais em vez de medidas *in situ*, possivelmente esse fato teve influência para a fertilidade do solo ou porque a produtividade florestal é frequentemente limitada pelo fósforo e nitrogênio, o que não foi verificado no estudo.

Em função da extensão territorial, a diversidade existente entre tipologias florestais e até mesmo em nível de bioma é decorrente das condições climáticas e edáficas totalmente diferenciadas. Até mesmo a exigência nutricional e ambiental das mais variadas espécies florestais varia de acordo com a região geográfica em que se encontram, sendo assim, não é possível a padronização de comportamentos quanto à distribuição, composição florística e estrutural da vegetação. O uso de metodologias e análises mais

precisas, inclusão do maior número possível de variáveis que possam ser explicativas dos reflexos das relações entre o solo e a vegetação, são quesitos que podem vir a ampliar a compreensão destas interações entre vegetação e o componente solo, que são consideradas complexas (DICK; SCHUMACHER, 2015).

Embora a complexa relação entre a distribuição das espécies e fatores abióticos tenha sido investigada em vários estudos, o conhecimento acumulado ainda é insuficiente para explicar a importância relativa destes fatores na distribuição de espécies florestais, o que dificulta o avanço das hipóteses sobre a ação conjunta de fatores abióticos e bióticos nos processos ecológicos (MAGALHÃES, 2016). A importância de variáveis do solo e sua interação para a ocorrência de espécies de plantas sugerem que os limites podem ser melhores preditores de distribuição das espécies atuais, embora haja a falta de informação crucial mesmo para espécies comuns. Portanto, há uma necessidade urgente de mais e melhores informações relativas à ocorrência de espécies e de fatores edáficos, permitindo a elaboração de uma abrangente base de dados das mesmas em relação às variáveis de solo, a fim de identificar as suas necessidades frente a possíveis respostas em condições de mudanças ambientais (MICHAELIS; PANNEK; DIEKMANN, 2016).

O período médio de regeneração florestal até a recuperação de 90% das condições originais em áreas tropicais é de 66 anos. Embora as florestas secundárias tenham estoques de carbono e biodiversidade substancialmente mais baixos do que as florestas antigas que substituem, seu potencial de sequestro de carbono é alto. Portanto, travar o desmatamento e defender ações que promovem a regeneração natural em áreas desmatadas é crucial. O reconhecimento do potencial significativo pelo crescimento de florestas pode ser um importante fator de motivação para alcançar metas de restauração florestal estabelecidas por acordos da ONU, como a Convenção sobre Diversidade Biológica, as Metas de Aichi (Plano Estratégico da Biodiversidade), o desafio Bonn, além de outros acordos como a Declaração de Nova Iorque sobre Florestas (POORTER et al., 2016).

2.2 Fitossociologia

A fitossociologia é o ramo da ecologia vegetal que estuda comunidades de plantas, delimitando e caracterizando os tipos de vegetação com base na composição florística. Denota a descrição da vegetação numa base florística com o desenvolvimento de uma classificação hierárquica, é baseada na crença de que as plantas são os mais confiáveis indicadores do meio ambiente. A escola de Braun-Blanquet é a mais influente e sua metodologia envolve a coleta de dados a partir de unidades amostrais, subjetivamente selecionadas para uma amostra homogênea da vegetação (WOODELL, 1979). Para McIntosh (1978) a fitossociologia inclui a estrutura e distribuição no espaço vertical e horizontal de comunidades de plantas em todas as escalas de distribuição, composição de espécies e interações sociais entre as espécies, além das relações recíprocas da comunidade vegetal e meio ambiente em que estão relacionados. A fitossociologia neste sentido não é restrita para os princípios de qualquer escola ou a qualquer conceito de comunidade ou método de estudo, não implica um esquema de classificação articular ou mesmo classificação como um método para o estudo de comunidades.

A fitossociologia foi criada por motivos idiomáticos e científicos, correspondendo a um paralelismo entre a sociologia humana e as ciências naturais. É um ramo da biosociologia, ciência que investiga a vida dos organismos e as relações de associações que estes mantêm em presença das exigências comuns de condições do meio (PORTO, 2008, p. 15). Faz parte da ecologia, termo definido pelo zoólogo alemão Ernst Haeckel em 1866 para definir a ciência que investiga as relações dos seres vivos entre si e com o meio. Dentro da fitossociologia o conceito de comunidade é importante, sendo que pode ser definido como o conjunto de todas as populações de uma dada área geográfica ou como a parte viva do ecossistema, é uma unidade organizada na medida em que tem características adicionais aos seus componentes, indivíduos ou populações (ODUM, 2001).

Os primeiros trabalhos de ecologia vegetal apareceram no final do século XIX, envolvendo principalmente a relação da fitogeografia e da fisiologia com investigações

de comunidades de plantas e a sucessão da vegetação (EGERTON, 2013). Dentro desse contexto, o trabalho de Warming (1909) é considerado como um dos primeiros referentes à ecologia vegetal, sendo que o mesmo autor é também o pioneiro nessa área em pesquisas desenvolvidas no Brasil.

Por volta de 1913 a fitossociologia teve sua origem em estudos realizados na Europa, especificamente em Montpellier e Zurique na Suíça, onde iniciou a Escola de Zurich-Montpellier, a mais importante para a área da fitossociologia, fundada pelos conceitos de fitogeografia propostos por Carl Schröter e Charles Flahault. Porém, foi em 1928 que o termo fitossociologia foi consagrado, devido a publicação do livro *Pflanzensoziologie* (Fitossociologia: base para os estudos das comunidades vegetais) de J. Braun-Blanquet membro da Escola de Zurich-Montpellier e aluno de Schröter e Flahault. O mesmo foi reeditado em 1954 e 1964, ganhando em 1965 uma versão em inglês e em 1979 em espanhol (EGERTON, 2013).

Nesse livro os fundamentos epistemológicos da fitossociologia, que compõem as principais áreas de investigação, são resumidos por Braun-Blanquet em cinco principais pontos que constituem os seus capítulos: (1) A organização ou estrutura da comunidade e a investigação da composição de comunidades vegetais; (2) sinecologia: o estudo da dependência de comunidades vegetais uns sobre os outros e sobre o ambiente; (3) singenética ou desenvolvimento das comunidades: a descoberta das leis da ascensão, desenvolvimento e declínio das comunidades vegetais; (4) fitogeografia ou distribuição geográfica das comunidades: a investigação do arranjo das comunidades de plantas no espaço, a sua ocorrência e distribuição; (5) classificação sociológica (sistemática): a delimitação das unidades sociais, seu agrupamento em unidades maiores e à disposição sistemática destas unidades (BRAUN-BLANQUET, 1979; BIONDI, 2011). Embora a fitossociologia tenha sido consagrada por Braun-Blanquet, foi em 1890 que o termo surgiu nos trabalhos do Ucraniano Jozef Paczoski, entre eles “A vida social das plantas”, e mais tarde em 1921 publicou “Princípios de fitossociologia” e em 1928 “Fitossociologia e florestas”, embora na época, seus trabalhos não atraíram a atenção do restante da Europa (EGERTON, 2013).

Na América do Norte os primeiros trabalhos de ecologia vegetal foram no final do século XIX e início do século XX, com trabalhos de fitogeografia e sucessão ecológica, onde autores como Frederic Clements e Henry Cowles ganharam destaque, porém sem relatos de estudos fitossociológicos no período (EGERTON, 2013). Hoje em dia, a fitossociologia é o método convencional em toda a Europa e é aplicado também no norte da Ásia e várias regiões da África e Latina América, sendo que na América do Norte a sua aplicação permanecia limitada, porém há relativamente pouco tempo com a publicação da Classificação da Vegetação Nacional dos EUA (PEET; DAVID, 2013), houve o reconhecimento da importância dos sistemas de classificação adotando idéias da abordagem de Braun-Blanquet numa terminologia modificada (DENGLER, 2016).

2.2.1 As correntes fitossociológicas

Os estudos que fazem parte da fitossociologia estão incluídos por diferentes autores em vários ramos da ecologia vegetal, destacando-se duas correntes: a européia e a anglo-americana. A corrente européia enquadra esses estudos em geobotânica, dividindo-a em geobotânica florística, sociológica e ecológica, enquanto a anglo-americana a geobotânica é equivalente à fitogeografia ou geografia de plantas, porém apresenta ainda a ecologia de populações, de comunidades, de ecossistemas e ecofisiologia (PORTO, 2008, p. 16). Dentro da corrente européia estão a escola de Zurique-Montpellier de Braun-Blanquet, a escola sueca de Du Rietz e a russa de Ramenski e Sukatschew, enquanto a corrente inglesa e a norte-americana buscam enfatizar uma dinâmica temporal da vegetação e a europeia apresenta uma abordagem mais estática (FREITAS; MAGALHÃES, 2012).

A escola de Zurique-Montpellier é a mais importante na fitossociologia, onde seu representante mais influente definiu alguns conceitos fundamentais em comunidades vegetais que são associação, aliança e sinússia. Braun-Blanquet considerou a associação a unidade básica fundamental do sistema de classificação, ela é conhecida pela sua composição e por suas espécies características, onde em um número de amostragens haja um certo número total de espécies em comum (PORTO, 2008, p. 55). O aprimoramento

do conceito de associação pode ser encontrado em Biondi (2011) que denomina as espécies características como espécies preferenciais, introduzindo outro conceito, o de valor ecológico, levando em conta além de informações de amostragem, os dados estatísticos, definindo a composição de espécies características da associação, expressando a ecologia particular e autônoma da associação referida por Braun-Blanquet. Atualmente as regras para a classificação de plantas são definidas pelo Código Internacional de Nomenclatura Fitosociológica (WEBER; MORAVEC; THEURILLAT, 2009). Aliança são unidades de vegetação relativamente grandes, utilizada como uma categoria de classificação superior à associação. As sinúcias são grupos de plantas que ocorrem com o mesmo tipo de forma de vida e juntas em um mesmo habitat, sendo subunidades estruturais em uma comunidade de plantas (PORTO, 2008, p. 56).

Nos métodos de classificação, relacionados à escola de Zürich-Montpellier e ao método “relevé”, o objetivo é a descrição de uma comunidade, ou associação, segundo o conceito original, em termos principalmente florísticos, visando determinar a área mínima necessária para representar a comunidade. Nesse caso a presença ou a ausência de espécies é mais importante do que as variações nos aspectos quantitativos (SCHILLING; BATISTA, 2008).

Na Suécia, território com maior homogeneidade da cobertura vegetal, a dominância de espécies assumiu papel de destaque. Os estudos mostravam que comunidades estáveis, de composição florística homogênea, formavam sistemas complexos, com grupamentos de espécies “dominantes” sendo encontrados no mesmo habitat. Já na escola russa era considerado o relacionamento das variações graduais das comunidades com as mudanças originadas de alterações ambientais, principalmente as de origens pedológicas e climáticas (ISERHAGEN; MENEZES-SILVA; GALVÃO, 2016). Neste caso, cada sítio de estudo particular foi considerado como uma “biogeocenose”, um complexo de organismos e variáveis ambientais, e suas inter-relações que, posteriormente, originou o termo “ecossistema” (ODUM, 2001). Diversamente, no método de ordenação, relacionado às escolas inglesa e americana, o objetivo é obter uma representatividade estatística de atributos quantitativos da comunidade, como densidade,

frequência e cobertura (dominância) por espécie (SCHILLING; BATISTA, 2008). Os resultados são obtidos por meio da utilização de diversas parcelas distribuídas, aleatória ou sistematicamente, sobre a área de estudo (FREITAS; MAGALHÃES, 2012).

2.2.2 Histórico da fitossociologia no Brasil

Tal como na Europa, no Brasil a fitossociologia surgiu com aplicação do método de parcelas, utilizando-se as técnicas de análise de Braun-Blanquet. Os primeiros estudos fitossociológicos no território brasileiro foram realizados por Henrique Veloso, em meados do século XX. Porém, somente a partir de 1970, estas pesquisas foram sendo gradativamente aplicadas nos vários ecossistemas brasileiros (RIBEIRO, 2004). A ecologia vegetal, com estudos investigativos no ambiente terrestre dentro do território brasileiro, teve seu início a partir da organização do Departamento de Botânica da Universidade de São Paulo em 1934. Na década de quarenta os trabalhos focaram na relação da vegetação com variáveis ambientais em estudos desenvolvidos no bioma Cerrado (PORTO, 2008, p. 14). Porém, os primeiros estudos fitossociológicos foram desenvolvidos pelo Instituto Oswaldo Cruz, com o objetivo de conhecer melhor a estrutura florestal e obter informações de combate a epidemias, com trabalho de Henrique Veloso e Roberto Klein com as formações florestais no sul do Brasil (VELOSO; MOURA; KLEIN, 1956).

Somente na década de oitenta a fitossociologia se firmou como uma área de pesquisa das mais relevantes em ecologia, com massa crítica de trabalhos que permitiram bons diagnósticos de parte da estrutura de diversos biomas brasileiros, principalmente o cerrado e as matas ciliares, floresta estacional semidecidual e pluvial tropical. Antes disso pouco se sabia acerca da flora da maioria dos biomas do território brasileiro, o desenvolvimento da fitossociologia mudou essa realidade, os trabalhos desenvolvidos no Brasil têm acompanhado o nível dos trabalhos sobre os biomas estrangeiros (CHAVES et al., 2013).

No Rio Grande do Sul os estudos sobre comunidades vegetais iniciaram a partir da década de setenta dentro do Departamento de Botânica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e anos depois dentro do Programa de Pós-Graduação de Ecologia, com trabalhos de autores como Luís R. M. Baptista, Maria Luiza Porto, Jorge Waechter e João Jarenkow (PORTO, 2008, p. 14). Outro autor com destaque no Rio Grande do Sul com trabalhos em fitossociologia em florestas no Sul do Brasil é Solon Jonas Longhi do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Santa Maria, atuando principalmente com Floresta Ombrófila Mista.

2.2.3 Métodos de amostragem

Um estudo detalhado das comunidades vegetais é baseado na investigação de seus segmentos, sendo essas partes representativas da comunidade – as amostras ou relevés (BRAUN-BLANQUET, 1979). Em um levantamento amostral da vegetação deve ser considerada, entre outros fatores, a decisão sobre qual tamanho deve ter a amostra e a amostragem, definindo a área mínima para que as espécies da comunidade estejam adequadamente representadas, indicando o tamanho e o número de unidades (relevés) que devem ser usadas (PORTO, 2008, p. 31). A suficiência amostral é um conceito quantitativo para informar se a amostra utilizada é representativa da comunidade vegetal em estudo. A área mínima para amostragem em florestas de regiões temperadas deve ser entre 200 – 500 m², enquanto em florestas tropicais e subtropicais em torno de 10.000 m² (1 ha) (MUELLER-DOMBOIS; ELLENBERG, 1974). A literatura aponta algumas técnicas para avaliar o grau de efetividade da amostragem em um levantamento florestal, dentre estas, podem-se citar: curva de acumulação de espécies (ou curva espécies área, ou curva do coletor), métodos apoiados em regressão linear de platô ou, até mesmo, algoritmos matriciais (FREITAS; MAGALHÃES, 2012). A curva de acumulação de espécies é de grande utilização nas áreas de ecologia, fitossociologia e inventário florestal (SCHILLING; BATISTA, 2008). A sua análise consta de figuras relacionando o esforço amostral (número de indivíduos amostrados ou área amostral) cumulativo (eixo X) com o número cumulativo de espécies amostradas (eixo Y) (MUELLER-DOMBOIS; ELLENBERG, 1974; MARTINS; SANTOS, 1999).

Os métodos utilizados na análise da vegetação variam bastante e o seu uso está diretamente ligado a escolha da unidade amostral e ao delineamento experimental. Para os estudos fitossociológicos para espécies campestres os métodos do quadrado diagramado e dos pontos interceptados são os mais utilizados (PORTO, 2008, p. 39). Para comunidades arbóreas um dos métodos mais utilizados é o método dos quadrantes ou método dos quadrantes centrados em um ponto, que é aplicado em campo definindo-se duas linhas interceptadas, formando ângulo reto entre si, onde são anotados os quatro indivíduos mais próximos a partir do ponto central de interceptação, seguindo um diâmetro mínimo estipulado anteriormente - diâmetro ou perímetro à altura do peito (DAP) (CURTIS, 1959). O método dos quadrantes apresenta inúmeras vantagens, dentre as quais: redução da influência da forma da parcela sobre os resultados; facilidade na locação dos pontos de amostragem; maior área de amostragem; maior consistência na comparação dos resultados obtidos em diferentes povoamentos do mesmo tipo de vegetação; ganho de tempo no campo; maior rapidez e eficiência, e menor necessidade de equipamentos e pessoal (GORENSTEIN, 2002). Porém, este método limita-se pelo número de árvores amostradas em cada ponto, o que torna necessário assumir uma distribuição espacial completamente aleatória, para que se possa ter uma estimativa mais precisa da densidade, o que nem sempre corresponde à realidade em florestas tropicais naturais (DIAS, 2005).

O método mais frequente em levantamento fitossociológico de espécies arbóreas é o método de levantamento por parcelas (MUELLER-DOMBOIS; ELLENBERG, 1974), cuja unidade amostral possui área fixa e o embasamento estatístico está presente, sendo rotineiramente utilizado, aceito e bem discutido na literatura (WALTER; GUARINO, 2006). Existem outros métodos de levantamento como o Levantamento Rápido (LR), consistindo em pelo menos três caminhadas em linha reta na vegetação, anotando-se durante intervalos de tempos regulares consecutivos, as espécies inéditas que vão sendo visualizadas (RATTER; BRIDGEWATER; RIBEIRO, 2001). A aplicação do LR é para dados qualitativos, de presença ou ausência de espécies, sendo mais florístico do que vegetacional, o que limita sua utilização em trabalhos mais completos com comunidades vegetais (WALTER; GUARINO, 2006).

2.2.4 Parâmetros quantitativos ou fitossociológicos

Os parâmetros quantitativos e suas modalidades de cálculo moldam os aspectos qualitativos e dão uma interpretação aproximada da realidade de uma comunidade vegetal. A caracterização fitossociológica das florestas pode ser feita mediante cálculos de parâmetros de abundância (densidade), frequência e dominância (MUELLER-DOMBOIS; ELLENBERG, 1974; BRAUN-BLANQUET, 1979). Além destes o índice de valor de importância (IVI) o índice de valor de cobertura (IVC) e os índices de diversidade, auxiliam na interpretação das comunidades vegetais (PORTO, 2008, p. 48).

A densidade é um parâmetro ecológico que revela a ocupação do espaço pelo indivíduo, refere-se ao número de indivíduos de uma determinada espécie por unidade de área ou volume, pode ser calculada tanto a densidade absoluta quanto a relativa. A Densidade absoluta trata do número de indivíduos da referida espécie por unidade de área considerada (geralmente o hectare), enquanto que a densidade relativa é a proporção entre o número de indivíduos da espécie em relação ao total amostrado (MUELLER-DOMBOIS; ELLENBERG, 1974; BRAUN-BLANQUET, 1979; FREITAS; MAGALHÃES, 2012).

A frequência é um parâmetro muito mais quantificável que a densidade e é estimada pela presença da espécie na unidade amostral, não interessando o número de indivíduos nem a área que cobre (PORTO, 2008, p. 44). A frequência é um descritor do número de observações realizadas pelo pesquisador de seu objeto de estudo e é expressa normalmente em forma de porcentagem. Esse parâmetro pode ser absoluto, quando calculado em função de uma área amostral ou outra subdivisão criada pelo pesquisador, ou relativo, obtido pela proporção entre a frequência absoluta de determinada espécie e a soma das frequências absolutas das demais espécies inventariadas (MUELLER-DOMBOIS; ELLENBERG, 1974; BRAUN-BLANQUET, 1979; FREITAS; MAGALHÃES, 2012).

A dominância expressa à ocupação do espaço por determinada espécie no terreno. Devido à alta correlação que a área transversal do tronco a altura do peito apresenta com a ocupação total de espaço por uma árvore, convencionou-se usar esta variável para representar a dominância de espaço (FLORIANO, 2009). Os índices de dominância podem ser expressos pela dominância absoluta e relativa, sendo que a dominância absoluta corresponde à soma das áreas seccionais dos indivíduos pertencentes a uma mesma espécie, por hectare, e a dominância relativa indica a percentagem de área basal de cada espécie que compõe a área basal de todas as árvores de todas as espécies por hectare (VIEIRA, 2003).

Ao se transformarem os valores absolutos em valores relativos, é possível obter o Valor de Cobertura (VC) e o Valor de Importância (VI), preteritamente conhecidos como Índice de Valor de Cobertura (IVC) e Índice de Valor de Importância (IVI), respectivamente. O primeiro é obtido por meio da soma de densidade e dominância relativas, permitindo estabelecer a estrutura dos táxons na comunidade e separar diferentes tipos de uma mesma formação, assim como relacionar a distribuição das espécies em função de gradientes abióticos (FREITAS; MAGALHÃES, 2012). O valor de cobertura permite representar numericamente a porcentagem aproximada da cobertura de cada espécie e de cada grupo de espécies nos distintos estratos de vegetação de uma comunidade, com isso se conhece melhor a importância sociológica das distintas espécies (BRAUN-BLANQUET, 1979).

O Valor de Importância, proposto por Curtis; Macintosh (1950), é obtido somando-se, para cada espécie, os valores relativos de Densidade, Dominância e Frequência, obtendo-se um valor máximo de 300%. O Valor de Importância pode ser convertido em Porcentagem de Importância, ao ser dividido por três. Este é a combinação dos valores fitossociológicos relativos de cada espécie, com finalidade de atribuir um valor para as espécies dentro da comunidade vegetal a que pertencem (FREITAS; MAGALHÃES, 2012).

Em estudo com comunidades a diversidade de espécies pode matematicamente ser expressa pelo índice de diversidade, medida muito útil de avaliação diversidade em qualquer campo de estudo, onde a riqueza de espécies e abundância constitui a sua base. Um conjunto de índices de diversidade inclui a equabilidade ou equitabilidade, riqueza de espécies, índice de diversidade de Shannon ou Shannon & Wiener, índice de Simpson e outros menos utilizados (SPELLERBERG; FEDOR, 2003; SADIA et al., 2016). Em uma primeira instância, a diversidade poderia ser mensurada de forma direta, utilizando-se a riqueza de espécies, ou seja, o número de espécies existentes em uma área de interesse, porém esse índice é dependente do tamanho da amostra, sendo que é praticamente impossível contar todas as espécies numa determinada comunidade, especialmente em regiões tropicais e subtropicais (MELO, 2008).

A equabilidade refere-se ao quão similar as espécies estão sendo representadas na comunidade, caso todas as espécies tenham a mesma representatividade ou importância, a equabilidade será máxima, sendo o índice de equabilidade de Pielou o utilizado para esse fim, levando em conta que a diversidade de uma comunidade depende de dois fatores: o número de espécies e a igualdade com que os indivíduos estão distribuídos entre eles (PIELOU, 1975).

O índice de Simpson considera o número de espécies e o total de números de indivíduos, além da proporção do total de ocorrência de cada espécie, representa a proporção da diversidade de espécies encontradas na amostragem atual em relação à diversidade máxima que a comunidade poderá atingir. Confere mais peso as espécies dominantes em uma amostra, por isso é chamado de índice dominante, sendo as espécies raras desconsideradas (FREITAS; MAGALHÃES, 2012; SADIA et al., 2016).

O índice de Shannon deriva da Teoria da Informação, considera a riqueza de espécies e suas abundâncias relativas, apresentando informações de todas as espécies de uma amostra, atribuindo um peso maior para as espécies raras (ODUM, 2001; SADIA et al., 2016). O índice de Simpson apresenta vantagem em relação ao índice de Shannon, pois não exige conhecimento sobre todas as espécies de uma comunidade, porém, tem a

desvantagem de ser pouco utilizado e, desta forma, menos comparável em relação ao índice de Shannon (FREITAS; MAGALHÃES, 2012). Por outro lado, o índice de Shannon apresenta algumas vantagens: é capaz de medir os níveis de diversidade em diferentes ecossistemas e para objetos diferentes; contém propriedades que permitem os testes estatísticos, tais como a comparação de valores em momentos diferentes, na mesma população ou comunidade, e baseia-se em dois parâmetros importantes nas comunidades, que são o número de espécies e a abundância (DANIEL, 1998).

Dentre outros parâmetros que podem ser importantes na fitossociologia, estão os parâmetros de estrutura vertical ou estratificação ou posição sociológica, que definem o arranjo de diferentes sinúsias, ou dos diferentes estratos com suas espécies características, que integram uma comunidade vegetal, sendo mais evidente em formações florestais (FREITAS; MAGALHÃES, 2012). A estratificação de uma comunidade pode ser representada através de um diagrama de perfil, obtido através do traçado de uma transecção no terreno, definindo-se os indivíduos dominantes e as distâncias entre eles (PORTO, 2008, p. 52). Através da análise fitossociológica horizontal e vertical, a estrutura da comunidade vegetal pode ser representada como um todo e comparada com outras comunidades, tanto do ponto de vista da composição de espécies como da abundância de suas populações por estrato (PEREIRA-SILVA et al., 2004).

2.2.5 Ferramentas auxiliares da fitossociologia

A utilização de recursos numéricos é uma maneira de apresentar de forma mais objetiva, os resultados das pesquisas da vegetação, evitando aspectos de tendenciosidade. Os aspectos matemáticos baseiam-se nas unidades amostrais, que conterão os dados florísticos, a distribuição das espécies e as relações com os fatores ambientais (PORTO, 2008, p. 66). As relações de similaridade entre amostras, áreas e comunidades vegetais podem ser expressas matematicamente pelo índice de similaridade, sendo os mais comumente usados o índice de similaridade de Jaccard e o de Sorensen, que são baseados na presença ou ausência das espécies comuns em duas áreas consideradas em relação ao total de espécies (MATTEUCCI; COLMA, 1982; PORTO, 2008, p. 66).

A associação entre as espécies pode ser avaliada pelo índice de associação (IA), que pode ser calculado com base na presença de espécies, quantidade de biomassa ou pela frequência (MUELLER-DOMBOIS; ELLENBERG, 1974; MATTEUCCI; COLMA, 1982). A correlação entre as espécies e entre as unidades amostrais pode ser avaliada através do cálculo de correlação, obtido por um índice de correlação como o Coeficiente de Correlação de Person, que pode revelar o quanto de similaridade existe em relação às preferências das espécies pelas condições ambientais, configurando assim, associação de espécies (MUELLER-DOMBOIS; ELLENBERG, 1974; PORTO, 2008, p. 70).

Para cálculos estatísticos envolvendo “n” variáveis (multivariadas), há a necessidade de manipulação concomitante de vários dados, levando em conta as informações de frequência das espécies. Nesse sentido, o uso de computadores trouxe um avanço no desenvolvimento de métodos matemáticos e análise multivariada com comunidades vegetais (GRIME, 1974). A aplicação dos testes de multivariadas para comunidades vegetais tem como objetivo reordenar as amostras por similaridade em relação às espécies de ocorrência comum, sendo que a reordenação por similaridade de exigências de habitat também pode ser feita comparando e reordenando as espécies. A consequência da aplicação desse teste é destacar os grupos de espécies associadas por semelhança de necessidade de recursos ambientais (PORTO, 2008, p. 71). Quando o objetivo do estudo é descrever a vegetação, os métodos de classificação envolvem agrupamento de amostras e espécies, como na análise de cluster, onde os resultados são projetados na forma de tabelas ou dendrogramas (PORTO, 2008, p. 73; SADIA et al., 2016).

Os métodos de ordenação (PCA – Análise de Componentes Principais, CCA – Análise de Correspondência Canônica) são os mais indicados quando o objetivo é determinar relações entre a vegetação e o ambiente, mesmo que indiretamente. Na ordenação as unidades amostrais são organizadas em uma ordem uni ou multidimensional. O arranjo equidistante das amostras ao longo de um eixo linear que é usado em uma ordenação unidimensional e a posição aproximada delas dá diretamente o grau de similaridade. No caso da ordenação multidimensional, vários eixos são projetados

em um espaço tridimensional, cada um deles com arranjo equidistante de amostras ou espécies (PORTO, 2008, p. 73; FREITAS; MAGALHÃES, 2012; SADIA et al., 2016). Para o trabalho com multivariadas, especialmente envolvendo estudo com comunidades vegetais, os dados devem ser trabalhados com cautela para não haver o descarte de variáveis importantes, devido ao tratamento errôneo dos mesmos (EISENLOHR, 2013).

2.2.6 Perspectivas atuais e futuras da fitossociologia

Embora o termo fitossociologia ainda receba questionamentos quanto a sua utilização como ciência da vegetação, onde alguns autores da escola Anglo-Americana restringem seu uso devido a sua origem e influência a partir da Europa Central (JÖRG, 2003), a fitossociologia ainda é o ramo da Ecologia Vegetal mais amplamente utilizado para diagnóstico qualitativo e quantitativo das formações vegetacionais, sendo que vários pesquisadores defendem a aplicação de seus resultados no planejamento das ações de gestão ambiental como no manejo florestal e na recuperação de áreas degradadas (CHAVES et al., 2013). A fitossociologia, além de outras técnicas ecológicas, está sendo usada como ferramenta para o estudo de comunidades vegetais há muitas décadas, embora as condições socio-econômicas e culturais atuais sejam completamente diferentes de quando essa ciência nasceu, ela merece ser atualizada como uma parte da moderna ciência da ecologia vegetal, que pode construir um patrimônio de dados de alta qualidade que vão além de levantamentos sistemáticos (BIONDI, 2011). Tem um papel crucial na compreensão da estrutura de comunidades vegetais, funcionamento de ecossistemas e na evolução biológica (JÖRG, 2003).

A fitossociologia teve um amplo progresso conceitual e metodológico, graças às contribuições de milhares de cientistas e pesquisadores, cujas atividades levaram essa ciência a um grande progresso no conhecimento de vegetação em todo o mundo, levando à criação de um banco de dados indispensável para projeção de modelos preditivos para serem utilizados na análise e gestão de sistemas ambientais. Este contexto também deu à luz a fitossociologia por razões de gestão ambiental, cujas consequências são aparentes no grande comprometimento de fitossociologistas para a aplicação da Directiva Habitats

(EUROPEAN COMMISSION, 2016), como é testemunhado pelos sites dos Ministérios do Meio Ambiente e Ecologia de países da União Europeia (BIONDI, 2011).

A conservação da biodiversidade requer uma consciente gestão dos ecossistemas e paisagens, e conseqüentemente requer conhecimento detalhado dos fatores ambientais envolvidos e da dinâmica dos processos que estão na base destes ecossistemas, o que determina a sua distribuição no espaço e transformação ao longo do tempo (BIONDI, 2011). Dentro deste contexto o conhecimento florístico e fitossociológico da vegetação é fundamental para a sua conservação e preservação, em função do elevado nível de perturbações antrópicas dos ecossistemas naturais, inclusive no Brasil. Os estudos sobre a composição florística e a estrutura fitossociológica das formações florestais são de fundamental importância, pois oferecem subsídios para a compreensão da estrutura e da dinâmica destas formações, parâmetros imprescindíveis para o manejo e regeneração das diferentes comunidades vegetais (CHAVES et al., 2013). O conhecimento da composição florística de uma floresta para além da sua estrutura vertical e horizontal, permite deduções sobre a origem, as características ecológicas e efeitos de uma eventual ação humana (LONGHI, 1997). Esses estudos, mesmo em fragmentos florestais remanescentes pequenos e isolados, permitem subsídios para a conservação e planos de recuperação de áreas degradadas e o uso sustentável dos seus recursos (SOUZA; TÉO; GUARESCHI, 2016).

Por meio da Fitossociologia, torna-se possível reconhecer espécies ocorrentes em uma comunidade, que expressam capacidades de indicadores. Estas informações consubstanciam estratégias de manejo que podem garantir a conservação de guildas relevantes para o funcionamento de ecossistemas terrestres. Tal conhecimento constitui uma das ferramentas contemporâneas para o estudo científico da vegetação natural e da paisagem cultural, com aplicações no ordenamento, no planejamento e na gestão territorial em geral, e do espaço florestal em particular (CAPELO, 2003).

A fitossociologia é uma ferramenta muito útil na análise do território, deve ser naturalmente usada em conjunto com o desenvolvimento de metodologias para avaliar o

estado de mapeamento da conservação do território de uma nação. Na avaliação do patrimônio de um país, a elaboração de listas vermelhas de habitat de acordo com critérios fitossociológicos que levem em conta a raridade de ocorrência e o grau de ameaça em nível regional e nacional, justificaria cientificamente, a inclusão desses locais como áreas protegidas (BENSETTITI et al., 2010). A contribuição da fitossociologia para o manejo de ecossistemas poderá ser tanto maior quanto mais sinergias produzirem com ciências ecológicas afins, se aliando e se aplicando ao Urbanismo, ao Paisagismo, ao Conservacionismo, à Agricultura, à Silvicultura, à Cinegética, à Apicultura, ao Ecoturismo e à Engenharia do Ambiente, ganhando desta forma, foros de ciência aplicada com um papel interdisciplinar (CHAVES et al., 2013).

Modelos que expressam a distribuição da vegetação, de acordo com gradientes ambientais obtidos com a ajuda de ferramentas da fitossociologia, permitem a avaliação cuidadosa do significado ecológico das diferentes comunidades e sucessões da vegetação, proporcionando valores qualitativos e quantitativos na área de ecologia de paisagem. Com isso, a fitossociologia aliada a tecnologias modernas em um ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG) levaram a um enorme progresso na representação cartográfica da vegetação e na ecologia de paisagem (BIONDI, 2011).

Um dos recentes desafios para fitossociologia é abrir amplamente outras redes científicas e de gestão na área da ecologia vegetal, restauração de ecossistemas, manejo ecológico, conservação do patrimônio natural e avaliação da biodiversidade. A gestão de áreas naturais poderia usar protocolos de monitoramento padronizado em todo o país, incluindo métodos fitossociológicos para permitir abordagens diacrônicas e sincrônicas, como parte da avaliação do impacto antrópico e natural na biodiversidade. Além disso, o desenvolvimento de estudos de monografias, dissertações e teses poderiam ser incentivados com a utilização de técnicas fitossociológicas, visando a avaliação do território (BENSETTITI et al., 2010). Recentemente milhões de inventários fitossociológicos estão se tornando disponíveis em bases de dados de vegetação, abrindo novos caminhos para pesquisa básica e aplicada, que contêm dados verdadeiros de

ocorrência de espécies, principalmente do hemisfério norte, o que reforça a necessidade de ampliar esses estudos principalmente nos países tropicais (DENGLER et al., 2016).

Os estudos fitossociológicos são, portanto, condição essencial para que se possam estabelecer atualizações das divisões fitogeográficas, elaborar planos e ações de recuperação de áreas degradadas, avaliar a dinâmica e a evolução de fragmentos florestais, estabelecer práticas de manejo e condução de agroecossistemas, propor tratamentos silviculturais em plantios de essências florestais, adotar estratégias para a conservação da biodiversidade, atualizar planos de manejo e subsidiar programas de recuperação ambiental em empreendimentos (FREITAS; MAGALHÃES, 2012). Um exemplo é o uso recente da fitossociologia na ecologia de restauração, que busca revitalizar a integridade e a funcionalidade do ecossistema após danos ou degradação severa, através do plantio de espécies nativas. Nesse contexto, a fitossociologia se torna uma ferramenta importante na identificação de espécies prioritárias para cada região de estudo. As espécies apresentam características ecológicas diversificadas, constituindo em uma mesma floresta diferentes nichos ecológicos, e essas características devem ser consideradas quando em projetos de restauração em áreas degradadas e também, no uso dessas espécies em outros ambientes (TURCHETTO et al., 2017).

3 CAPÍTULO I

Estrutura arbórea e atributos do solo em Floresta Ombrófila Mista no Sul do Brasil

3.1 Resumo

No Sul da América do Sul as formações florestais são ecossistemas comuns, no entanto atualmente existem apenas fragmentos de sua constituição original. O conhecimento sobre a diversidade de espécies e as relações entre elas e o meio fornecem informações importantes para a compreensão do funcionamento desses ambientes. Este estudo teve como objetivo realizar levantamento fitossociológico do componente arbóreo de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista, determinando seus principais indicadores fitossociológicos e correlacionar variáveis do solo com a abundância e distribuição das espécies. A área de estudo está localizada no sul do Brasil sendo uma unidade de conservação municipal denominada Parque Natural Municipal de Sertão (28°02'31" S, 52°13'28" W) com 500 ha, sendo constituída principalmente por Floresta Ombrófila Mista, pertencente ao bioma Mata Atlântica. A metodologia empregada foi o método de parcelas, onde 100 unidades amostrais de 10 x 10m foram levantadas, totalizando 10.000 m² de área amostrada. Todos os indivíduos com PAP (perímetro à altura do peito) \geq 15 cm foram identificados e medidos. A análise química do solo foi realizada em 10 parcelas, onde, após verificação da normalidade dos dados, foi utilizado o Coeficiente de Correlação de Pearson para correlacionar espécies com mais de cinco indivíduos com variáveis químicas do solo. Foram identificadas 83 espécies arbóreas, pertencentes a 33 famílias botânicas, com um total de 1.537 indivíduos. O índice de diversidade de Shannon-Wiener (H') para as espécies foi de 3,436 (nats) e de equabilidade (J') de Pielou foi de 0,78. As espécies com os maiores Índices de Valor de Importância (VI) foram *Allophylus edulis*, *Nectandra megapotamica*, *Araucaria angustifolia*, *Matayba elaeagnoides*, *Cupania vernalis*, *Prunus myrtifolia*, *Ilex brevicuspis*, *Casearia decandra*, *Casearia sylvestris*, *Cinnamodendron dinisii*, *Pilocarpus pennatifolius* e *Ocotea pulchella*, sendo portanto as principais espécies para a formação florestal do local. As famílias com maior número de indivíduos foram Sapindaceae (431) e Lauraceae (202). O potássio foi a variável do solo que apresentou correlação significativa com *Capsicodendron dinisii*, *Prunus*

myrtifolia e *Sebastiania commersoniana*, sendo a variável com mais correlações com as espécies nas unidades amostrais estudadas.

Palavras-chave: 1. *Araucaria angustifolia*. 2. *Nectandra megapotamica*. 3. *Allophylus edulis*. 4. Potássio. 5. Fitossociologia.

3.2 Introdução

O Brasil é um dos países com maior biodiversidade do planeta, relacionada aos mais variados ecossistemas existentes dentro de seu território. O conhecimento sobre a composição dessa diversidade e a compreensão do seu funcionamento é de fundamental importância para a sua conservação. Dentro deste contexto as formações florestais ganham destaque, pois apresentam comunidades diversificadas e com interdependência de seus constituintes. A falta de conhecimentos aprofundados sobre a comunidade de uma determinada região, frequentemente têm levado à extinção de espécies comercialmente importantes, ou até mesmo ainda não descritas (AGUIAR, 2009).

As características climáticas predominantes no Rio Grande do Sul configuram uma situação favorável ao desenvolvimento de formações florestais, embora tenha sido estimado que somente 60% da cobertura original era constituída de florestas (JARENKOW; WAECHTER, 2001). As formações florestais que ocorrem no Rio Grande do Sul podem ser classificadas em Florestas Ombrófilas e Estacionais, além de áreas com formações pioneiras e restingas, caracterizadas de acordo com as variações florístico-fisionômicas de cada região (IBGE, 2012). A área da Floresta Ombrófila Mista que formava uma vasta área contínua no sul do Brasil, atualmente sua paisagem é dominada por uma matriz constituída por pastagens de gado e por terras de cultivo (ORIHUELA et al., 2015). O presente trabalho teve por objetivo realizar levantamento fitossociológico do componente arbóreo de um remanescente florestal localizado no município de Sertão-Rio Grande do Sul, Sul do Brasil, determinando os principais indicadores fitossociológicos, o índice de diversidade e equabilidade, além de

correlacionar dados de variáveis do solo com a distribuição das abundâncias das espécies encontradas.

3.3 Material e Métodos

O projeto foi desenvolvido numa Unidade de Conservação Municipal denominada Parque Natural Municipal de Sertão (PNMS), uma área aproximadamente 500ha constituída por Floresta Ombrófila Mista integrante do Bioma Mata Atlântica, localizado no município de Sertão, Estado do Rio Grande do Sul, no sul do Brasil (Figura 1). A área apresenta relevo ondulado com altitude de aproximadamente 650 m. O solo é uma associação predominante de Latossolo Vermelho Distrófico Típico e Latossolo Vermelho Aluminoférrico, sendo solos profundos homogêneos e altamente intemperizados, com Neossolo Regolítico Eutrófico, caracterizado como solo pouco desenvolvido (STRECK et al., 2008). O clima é definido como subtropical úmido, com a temperatura média do mês mais quente superior a 22 °C e temperaturas mínimas com média de 13,2°C. As chuvas são bem distribuídas, com média de 1.787,8 mm por ano (EMBRAPA, 2011).

O levantamento fitossociológico foi realizado através do método de parcelas (MUELLER-DOMBOIS; ELLENBERG, 1974), onde foram utilizadas cem unidades amostrais de 10 x 10 m, organizadas em dez blocos de dez unidades amostrais cada (10 x 100m). Com o intuito de melhor representar a área de estudo, os blocos com as unidades amostrais foram distribuídos em 3 áreas com diferentes características ecológicas dentro do PNMS (Figura 1). Três blocos ocorreram em uma área de influência hídrica (Área 1 – Influência Hídrica) onde os mesmos foram alocados de acordo com a presença de um corpo d'água presente neste local; quatro blocos em local no interior do PNMS com boas condições de conservação (Área 2 - Conservada); e três blocos em uma terceira área na borda do PNMS (Área 3 - Borda). Todos os indivíduos com perímetro à altura do peito (PAP) \geq 15 cm tiveram seus perímetros mensurados com trena métrica e a altura estimada com auxílio de vara de coleta e/ou trena digital. As espécies seguiram a nomenclatura proposta pela Lista de Espécies da Flora do Brasil (REFLORA, 2017) e da The

International Plant Names Index (IPNI, 2017) agrupadas em famílias conforme delimitação da APG III (2009).

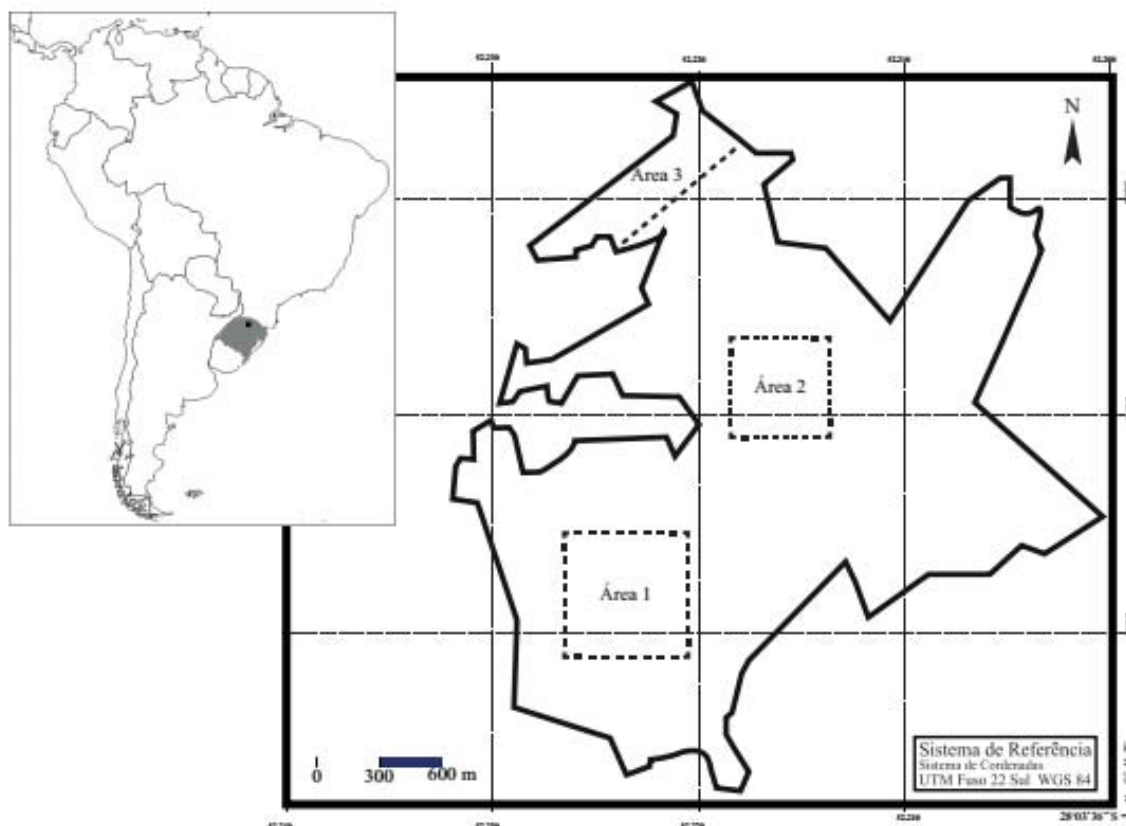


Figura 1 - Localização do Parque Natural Municipal de Sertão e das áreas do levantamento fitossociológico

Área 1 – Influência hídrica; Área 2 – Conservada; Área 3 - Borda

As variáveis de solo foram coletadas nas parcelas da área 1 – Influência hídrica. Para coleta do solo foi utilizado um trado, onde para cada uma das dez unidades amostrais foram realizados cinco subamostras e misturadas, sendo posteriormente retirada uma amostra. Foram realizadas análises de matéria orgânica, Fósforo, Alumínio, Potássio, Cálcio, Magnésio, Cobre, Zinco, Manganês, Ferro além de saturação de bases, onde foi seguida a metodologia proposta pela Embrapa (1997) (Tabela 1).

Para a análise dos dados foram descritos os parâmetros fitossociológicos de densidade relativa (DR), dominância relativa (DoR), frequência relativa (FR), índice de valor de importância (VI) e valor de cobertura (VC). Para a análise estatística foi verificada a normalidade dos dados através do teste de Shapiro-Wilk, e posteriormente o Coeficiente de Correlação de Pearson com o objetivo de avaliar a correlação das variáveis do solo e a abundância das espécies encontradas (ZAR, 2010).

Tabela 1 - Análise química de solo de dez unidades amostrais (parcelas) em levantamento fitossociológico no Parque Natural Municipal de Sertão

Amostras	Variáveis do solo										
	MO g dm ⁻³	P mg dm ⁻³	K ⁺	Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	SB	Cu	Zn	Fe	Mn
					cmol _c dm ⁻³					mg dm ⁻³	
Parcela 1	58,10	3,19	0,40	0,90	5,31	1,81	7,52	3,50	12,10	4,00	231
Parcela 2	34,86	1,49	0,32	1,40	4,22	1,52	6,06	7,90	7,90	2,60	277
Parcela 3	52,63	1,68	0,27	0,35	6,86	1,93	9,06	6,20	13,90	3,40	319
Parcela 4	54,00	1,61	0,33	0,75	5,89	2,02	8,24	6,40	9,30	3,20	193
Parcela 5	51,26	1,71	0,31	0,35	7,66	3,33	11,30	5,00	12,40	4,40	335
Parcela 6	41,69	0,95	0,27	0,60	5,84	2,55	8,66	8,00	10,90	12,60	310
Parcela 7	47,16	0,91	0,19	0,10	6,04	3,05	9,28	6,70	9,40	10,90	253
Parcela 8	48,53	1,27	0,24	1,35	4,34	2,43	7,01	5,30	8,90	17,50	213
Parcela 9	36,23	1,09	0,16	0,85	3,39	1,60	5,15	11,60	6,50	12,40	282
Parcela 10	49,90	3,13	0,23	1,95	4,62	2,39	7,24	8,60	10,90	16,90	286

Legenda: MO – Matéria Orgânica; P – Fósforo; K⁺ - Potássio; Al³⁺ - Alumínio; Ca²⁺ - Cálcio; Mg²⁺ - Magnésio; SB – Saturação de Bases; Cu – Cobre; Zn – Zinco; Fe – Ferro; Mn – Manganês

3.4 Resultados e Discussão

Foram identificadas 83 espécies arbóreas, pertencentes a 33 famílias botânicas, num total de 1537 indivíduos, sendo que o índice de diversidade de Shannon-Wiener (H') para as espécies foi de 3,436 (nats) e a equabilidade (J') de Pielou foi 0,78. As espécies que apresentaram os maiores Valores de Importância (VI) foram *Allophylus edulis*, *Nectandra megapotamica*, *Araucaria angustifolia*, *Matayba elaeagnoides*, *Cupania vernalis*, *Prunus myrtifolia*, *Ilex brevicuspis*, *Casearia decandra*, *Casearia sylvestris*,

Cinnamodendron dinisii, *Pilocarpus pennatifolius* e *Ocotea pulchella* (Tabela 2). Essas espécies também apresentaram o maior número de indivíduos amostrados, além de todas serem citadas para Floresta Ombrófila Mista (SOBRAL et al., 2013). Esses resultados estão de acordo com os encontrados em outros estudos no mesmo local (PIROLI; NASCIMENTO, 2008; SLAVIERO; BUDKE; CANSIAN, 2014, p. 41-65). A densidade de indivíduos encontrada é semelhante a outros trabalhos em Floresta Ombrófila Mista no sul do Brasil (CALLEGARO; LONGHI, 2013).

Tabela 2 - Parâmetros fitossociológicos das principais espécies de levantamento realizado no Parque Natural Municipal de Sertão em ordem decrescente de valor de importância (VI). (NI = Número de indivíduos; (DR) = densidade relativa; (FR) = frequência relativa; (DoR) = dominância relativa

Espécies	NI	VI	DR	FR	DoR
<i>Allophylus edulis</i> (A. St.-Hil., Cambess.; A. Juss.) Radlk.	251	30,29	16,33	9,48	4,48
<i>Nectandra megapotamica</i> (Spreng.) Mez	130	28,83	8,46	8,48	11,89
<i>Araucaria angustifolia</i> (Bertol.) Kuntze	44	28,63	2,86	4,11	21,65
<i>Matayba elaeagnoides</i> Radlk.	89	20,47	5,79	6,23	8,45
<i>Cupania vernalis</i> Cambess.	72	15,5	4,68	5,36	5,46
<i>Prunus myrtifolia</i> (L.) Urb.	44	13,54	2,86	3,24	7,44
<i>Ilex brevicuspis</i> Reissek	28	12,08	1,82	2,87	7,39
<i>Casearia decandra</i> Jacq.	80	11,99	5,2	5,36	1,42
<i>Casearia silvestris</i> Sw.	56	8,73	3,64	3,99	1,1
<i>Cinnamodendron dinisii</i> (Schwacke) Occhioni	51	7,69	3,32	2,74	1,63
<i>Pilocarpus pennatifolius</i> Lem.	57	6,72	3,71	2,62	0,39
<i>Ocotea pulchella</i> (Nees) Mez	15	6,58	0,98	1,75	3,86

As famílias com o maior número de indivíduos foram Sapindaceae (431), Lauraceae (202), Myrtaceae (148), Salicaceae (137) e Rubiaceae (111) (Figura 2). Em número de espécies as famílias Myrtaceae e Lauraceae foram as mais representativas, apresentando respectivamente 17 e 7 espécies cada uma. Os resultados são semelhantes a outros levantamentos realizados em Floresta Ombrófila Mista (CALLEGARO; LONGHI, 2013; POSSETE et al., 2015).

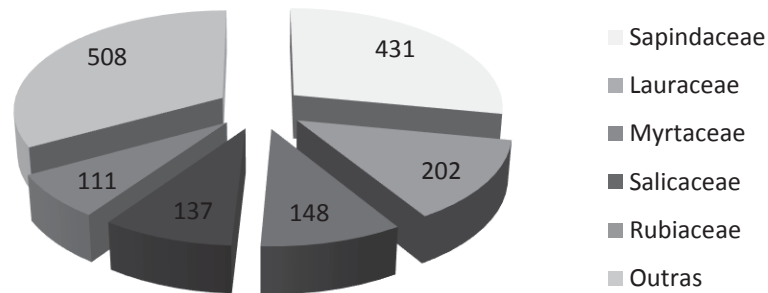


Figura 2 - Número de indivíduos por família botânica em levantamento fitossociológico realizado no Parque Natural Municipal de Sertão

Os resultados para correlação do solo com as espécies apontaram que as variáveis matéria orgânica, Cálcio e Manganês não apresentaram correlação. As demais variáveis apresentaram correlação com pelo menos uma espécie, sendo que o Potássio foi a variável que mostrou o maior número de correlações com a distribuição das espécies, apresentando correlação significativa com *Capsicodendron dinisii*, *Prunus myrtifolia* e *Sebastiania commersoniana*. Já as espécies *Trichilia elegans* e *Prunus myrtifolia* foram as que apresentaram o maior número de correlação significativa com as variáveis do solo (Tabela 3). O Potássio, assim como outros fatores ambientais locais, pode apresentar influência na distribuição e na diversidade de espécies arbóreas não somente em Floresta Ombrófila Mista, mas em outras formações florestais (BUDKE; JARENKOW; OLIVEIRA-FILHO, 2006). A influência da variável ferro com as espécies *Capsicodendron dinisii* e *Prunus myrtifolia* pode ser destacado pelas mesmas serem características de mata ciliar (RIO GRANDE DO SUL, 2007; SALAMI et al., 2014). Remanescentes florestais, como é o caso do Parque Natural Municipal de Sertão, apresentam como resultado da fragmentação de sua área original estágios sucessionais diversos, que refletem em diferenças não somente em sua estrutura fitosionômica, mas também nas propriedades do solo, sendo

estas características indicadoras do grau de interferência na floresta (SANTOS; GUERRA, 2015).

Tabela 3 - Valores do Coeficiente de Correlação de Pearson (r) entre as variáveis de solo e espécies com mais de cinco indivíduos que apresentaram valores p significativos^{1,2}

Espécies	Variáveis do solo							
	P	K	Al	Mg	SB*	Cu	Zn	Fe
<i>Araucaria angustifolia</i>	0,16 ²	0,31 ²	0,35 ²	0,25 ²	0,56 ²	0,60 ¹	0,72 ¹	-0,35 ²
<i>Capsicodendron dinisii</i>	0,04 ²	0,48 ¹	-0,30 ²	-0,03 ²	0,45 ²	0,40 ²	0,51 ²	-0,78 ¹
<i>Nectandra megapotamica</i>	-0,36 ²	-0,33 ²	-0,48 ²	0,87 ¹	0,74 ¹	-0,06 ²	0,30 ²	0,12 ²
<i>Prunus myrtifolia</i>	-0,47 ¹	-0,86 ¹	-0,06 ²	0,05 ²	-0,40 ²	0,60 ²	-0,64 ²	0,65 ¹
<i>Sebastiania commersoniana</i>	0,30 ²	0,63 ¹	0,22 ²	-0,36 ²	-0,18 ²	-0,26 ²	-0,04 ²	-0,57 ²
<i>Trichilia elegans</i>	-0,08 ²	0,08 ²	-0,43 ¹	0,74 ¹	0,73 ¹	-0,31 ²	0,30 ²	-0,23 ²

¹p-valor significativo (p < 0,05); ² ns – não significativo; *SB – Saturação de Bases

3.5 Conclusões

As espécies que apresentaram os maiores Valores de Importância (VI) foram *Allophylus edulis*, *Nectandra megapotamica*, *Araucaria angustifolia*, *Matayba elaeagnoides*, *Cupania vernalis*, *Prunus myrtifolia*, *Ilex brevicuspis*, *Casearia decandra*, *Casearia sylvestris*, *Cinnamodendron dinisii*, *Pilocarpus pennatifolius* e *Ocotea pulchella*, sendo que todas são citadas para Floresta Ombrófila Mista. O potássio apresentou correlação significativa com *Capsicodendron dinisii*, *Prunus myrtifolia* e *Sebastiania commersoniana* nas unidades amostrais estudadas. As espécies *Trichilia elegans* e *Prunus myrtifolia* foram as que apresentaram o maior número de correlação significativa com as variáveis do solo. Novas tentativas de correlação entre as variáveis de solo da totalidade das unidades amostrais levantadas e a riqueza de espécies encontradas podem confirmar essa tendência.

4 **CAPÍTULO II**

Utilização da fitossociologia na indicação de espécies para arborização urbana

4.1 **Resumo**

A vegetação arbórea em uma cidade possui além da função ornamental, uma série de regulações ambientais, tais como, controlar a umidade da atmosfera, filtrar a poluição, regular o ar atmosférico e a temperatura do ambiente urbano. Embora o Brasil seja reconhecido como um dos países com a maior biodiversidade do planeta, o ecossistema urbano apresenta um grande número de árvores exóticas em suas ruas, sendo que poucas espécies nativas são aproveitadas no paisagismo urbano. A aplicação da fitossociologia em levantamentos florestais como estratégia para a conservação da flora de uma comunidade é relativamente comum, porém a utilização de seus resultados para indicação de espécies nativas de uma região para uso na arborização urbana se apresenta como uma nova possibilidade da aplicabilidade dessa técnica. Dessa forma, o objetivo do trabalho foi através da fitossociologia, identificar a formação florestal de um fragmento de Floresta Subtropical e usar os seus resultados para indicar quais espécies arbóreas do estudo possuem potencial ecológico e ornamental para utilização no paisagismo urbano. O local de estudo pertence ao Bioma Mata Atlântica é uma Unidade de Conservação Municipal com 500 ha. A metodologia empregada foi o método de parcelas, sendo levantadas 100 unidades amostrais de 10 x 10 m, divididas em três áreas com diferentes características ecológicas, totalizando 10.000 m² de área amostrada. Todos os indivíduos com PAP (perímetro à altura do peito) \geq 15 cm foram identificados e medidos. As diferenças entre as três áreas foram verificadas através de uma análise de variância (ANOVA). Também foi feita análise de agrupamento, entre as principais espécies do levantamento fitossociológico e suas características para uso em

arborização urbana e ainda, uma análise de componentes principais (PCA) com o intuito de evidenciar os fatores responsáveis pelos agrupamentos. Foram identificadas 83 espécies arbóreas, pertencentes a 33 famílias botânicas, em um total de 1537 indivíduos, confirmando a Floresta Ombrófila Mista como a formação florestal do local. O estudo apontou que espécies com os maiores valores de importância encontrados no levantamento fitossociológico são também as mais indicadas para uso em arborização urbana nas regiões com essa mesma formação florestal. Estas espécies pertencem ao grupo ecológico das pioneiras e secundárias, apresentando a forma de crescimento e tolerância a luz adequados ao uso em ecossistemas urbanos. Além do grupo ecológico, a época de floração e o porte das espécies apontados pela PCA, foram as características mais importantes para a indicação das espécies. A área mínima indica para a criação de áreas verdes urbanas, especialmente para representação de biomas de formações florestais subtropicais é de 0,8 ha.

Palavras-chave: 1. Paisagismo urbano. 2. Floresta Ombrófila Mista. 3. Grupos ecológicos. 4. PCA. 5. Análise de agrupamentos.

4.2 Introdução

O fornecimento de um ambiente que contribui positivamente para a qualidade de vida no ecossistema urbano é fundamental, visto que atualmente 54% da população mundial vive em zonas urbanas. Neste contexto as áreas verdes com suas florestas urbanas podem fornecer uma série de benefícios ecológicos, socioculturais e econômicos (ROY; BYRNE; PICKERING, 2012; OSTEIĆ et al., 2017). A presença de espécies arbóreas é de extrema importância, pois além de fornecer elementos para a biodiversidade, a vegetação arbórea na paisagem urbana não possui apenas a função ornamental, mas também cumpre uma série de regulações ambientais, tais como, através da evapotranspiração controlam a umidade da atmosfera, representam um filtro contra a poluição e o ruído principalmente em áreas de alto volume de tráfego, regulam o ar atmosférico e a temperatura do ambiente urbano, diminuem a densidade de alagamentos e inundações e representam uma forma de sequestro de carbono (OLDFIELD et al., 2013; CAMPBELL; SVENDSEN; ROMAN, 2016).

Além disso funcionam como um corredor ecológico conectando fragmentos de vegetação e melhoram a saúde pública representando uma forma de agregar as pessoas pelo envolvimento na arborização e embelezamento na zona urbana (LOCKE et al., 2010). As árvores no ambiente urbano fazem parte de uma série de medidas que visam tornar as cidades mais sustentáveis, como no conceito de ecocidades, formulado por ambientalistas e *designers* urbanos ao redor do planeta (KONTOGIANNIA; SITSONIA; GOUDELISB, 2011).

O Brasil é dos países com a maior biodiversidade do planeta, sendo o primeiro em número de espécies de árvores (8.715 spp.), além de ser também o país com o maior número de espécies de árvores endêmicas (4.333 spp.) (BEECH et al., 2017). Apesar deste fato, a maioria das cidades brasileiras têm um número esmagador de árvores de rua exóticas em seus ambientes urbanos (MORO; CASTRO, 2015). Poucas espécies nativas são aproveitadas no paisagismo urbano, especialmente as nativas regionais, caracterizadas por serem de ocorrência natural da região fitogeográfica em questão (BATISTA et al., 2013). O que ocorre é uma exaustiva repetição de espécies já consagradas, porém muitas vezes inadequadas às condições do meio ou pouco atraente à fauna local (CHAMAS; MATTHES, 2000). As influências européias na paisagem urbana brasileira com o uso predominante de espécies exóticas é indicativa do impacto negativo da atividade humana sobre a biota (SANTOS; ROCHA; BERGALLO, 2010).

A urbanização é uma das principais causas de extinção de espécies, sendo que a invasão de espécies exóticas é a segunda causa de extinção, onde o seu impacto sobre a flora nativa incluem a competição por recursos, hibridização, sedimentação, alterações no ciclo hidrológico, além disso, a fauna de polinizadores é incapaz de realizar seu ciclo em plantas exóticas (MCKINNEY, 2006; SANTOS; ROCHA; BERGALLO, 2010; REID; HOLSTE; ZAHAWI, 2013). Sendo assim, o aumento do número de árvores nativas regionais no ecossistema urbano, apresenta vantagens dentro de uma perspectiva ecológica, quando comparado ao uso tradicional de espécies exóticas, melhorando a qualidade ecológica do ecossistema urbano e podem atuar em ações de conservação *ex-situ* destas espécies (MORO; CASTRO, 2015). Estas espécies abrigam e alimentam a

fauna e garantem a sua diversidade, propiciam o aumento dos inimigos naturais de pragas das lavouras e fornecem abrigo aos agentes polinizadores, que desempenham importante papel na melhoria da qualidade e quantidade dos produtos agrícolas das áreas de agricultura circunvizinhas às áreas urbanas (BATISTA et al., 2013). Uma paisagem com espécies nativas regionais no ecossistema urbano, podem representar um meio de despertar o interesse das pessoas sobre a biodiversidade, aumentando o apoio público para a proteção das mesmas (MCKINNEY, 2006; MORO; CASTRO, 2015).

A fitossociologia é o ramo da Ecologia Vegetal mais amplamente utilizado para diagnóstico de formações florestais, sendo que a aplicação de seus resultados pode ser utilizada no planejamento das ações de gestão ambiental, como no manejo florestal e na recuperação de áreas degradadas (CHAVES et al., 2013). Os estudos fitossociológicos são, portanto, condição essencial para que se possam estabelecer atualizações das divisões fitogeográficas, elaborar planos e ações de recuperação de áreas degradadas, avaliar a dinâmica e a evolução de fragmentos florestais, estabelecer práticas de manejo e condução de agroecossistemas, propor tratos silviculturais em plantios de essências florestais, atualizar planos de manejo subsidiando programas de recuperação ambiental em empreendimentos e adotar estratégias para a conservação da biodiversidade (FREITAS; MAGALHÃES, 2012; SADIA et al., 2016).

Centenas de inventários fitossociológicos estão disponíveis em bases de dados sobre vegetação principalmente no hemisfério norte, o que reforça a necessidade de ampliar estudos nos países tropicais (DENGLER, 2016). A aplicação da fitossociologia em levantamentos florestais como estratégia para a conservação da flora de uma comunidade é relativamente comum. Até mesmo seu recente uso na ecologia da restauração, através da identificação de espécies prioritárias de acordo com a região de estudo (TURCHETTO et al., 2017). Porém a utilização de seus resultados para indicação de espécies nativas de uma região para uso na arborização urbana, representa uma nova possibilidade da aplicabilidade dessa técnica.

Dessa forma, o objetivo do trabalho foi através da fitossociologia, identificar a formação florestal de um fragmento de Floresta Subtropical e usar os seus resultados para identificar quais espécies arbóreas do estudo possuem potencial ecológico e ornamental para utilização em arborização urbana.

4.3 Material e Métodos

4.3.1 Local do experimento

A área de estudo localiza-se no Sul da América do Sul no município de Sertão, Estado do Rio Grande do Sul/Brasil (28°02'31" S, 52°13'28" W), sendo uma Unidade de Conservação Municipal denominada Parque Natural Municipal de Sertão (PNMS) com aproximadamente 500 ha (ZANELLA et al., 2013) (Figura 3). Pertence ao Bioma Mata Atlântica sendo caracterizada fisionomicamente como Floresta Subtropical (AGUIAR et al., 2016). A área apresenta relevo ondulado com altitude de aproximadamente 650 m. O solo é uma associação predominante de Latossolo Vermelho Distrófico Típico e Latossolo Vermelho Aluminoférrico, sendo solos profundos homogêneos e altamente intemperizados, com Neossolo Regolítico Eutrófico, caracterizado como solo pouco desenvolvido (STRECK et al., 2008). O clima é definido como subtropical úmido, com a temperatura média do mês mais quente superior a 22 °C e temperaturas mínimas com média de 13,2°C. As chuvas são bem distribuídas, com média de 1.787,8 mm por ano (EMBRAPA, 2011).

4.3.2 Amostragem

A metodologia empregada para o levantamento fitossociológico foi o método de parcelas (MUELLER-DOMBOIS; ELLENBERG, 1974), onde foram utilizadas cem unidades amostrais de 10 x 10 m, organizadas em dez blocos de dez unidades amostrais cada (10 x 100m). Com o intuito de melhor representar a área de estudo, os blocos com as unidades amostrais foram distribuídos em 3 áreas com diferentes características

ecológicas dentro do PNMS. Três blocos ocorreram em uma área de influência hídrica (Área 1 – Influência Hídrica) onde os mesmos foram alocados de acordo com a presença de um corpo d’água presente neste local; quatro blocos em local no interior do PNMS com boas condições de conservação (Área 2 - Conservada); e três blocos em uma terceira área na borda do PNMS (Área 3 - Borda) (Figura 3). Todos os indivíduos do componente arbóreo com perímetro à altura do peito ≥ 15 cm foram considerados. O experimento ocorreu nos anos de 2014 e 2015. A nomenclatura das espécies seguiu a Lista de Espécies da Flora do Brasil (REFLORA, 2017) e da The International Plant Names Index (IPNI, 2017) agrupadas em famílias conforme delimitação da APG III (2009).

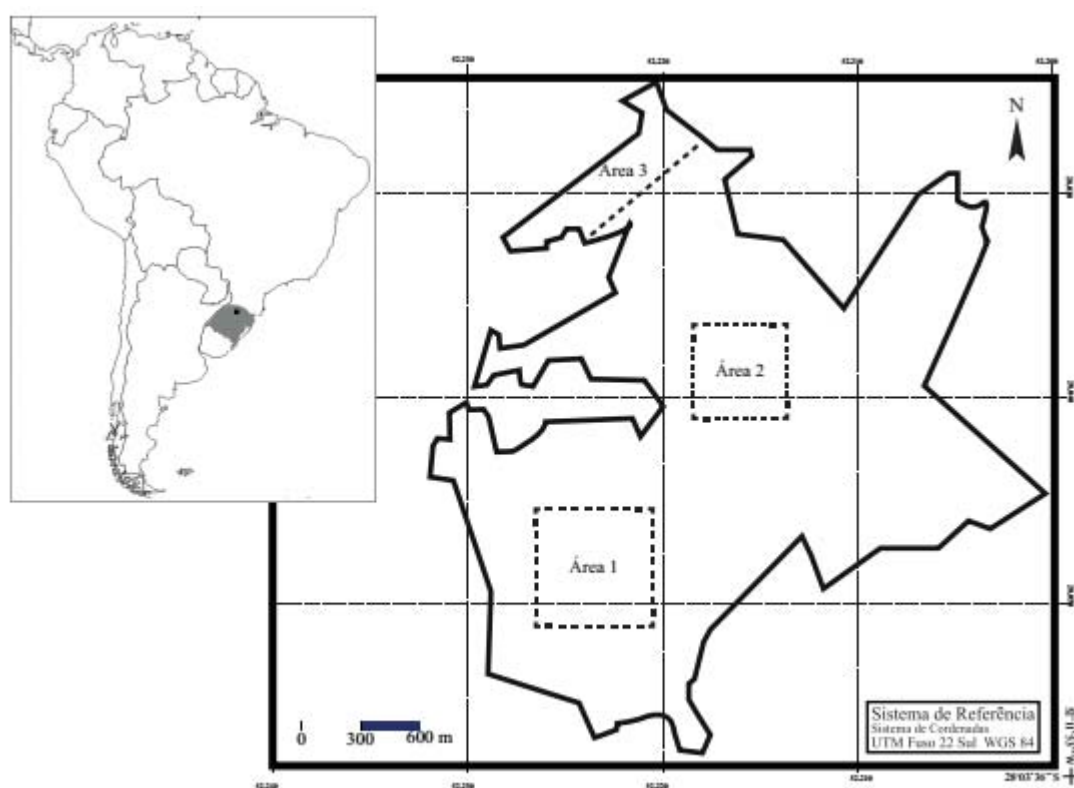


Figura 3 - Localização do Parque Natural Municipal de Sertão e das três áreas do levantamento fitossociológico – Rio Grande do Sul/Brasil

Área 1 – Influência hídrica; Área 2 – Conservada; Área 3 - Borda

4.3.3 Procedimentos fitossociológicos e florestais

Foram descritos os parâmetros fitossociológicos de densidade relativa (DR), dominância relativa (DoR), frequência relativa (FR), valor de importância (VI) e Valor de Cobertura (VC). Como indicador de diversidade foi utilizado o índice de Shannon-Wiener (H') e a uniformidade da distribuição dos indivíduos entre as espécies pelo índice de equabilidade de Pielou (J') (MAGURRAN, 2004), tanto para o levantamento geral, quanto para cada uma das três áreas. Foram determinadas as guildas de regeneração das espécies ou grupos ecológicos, utilizando os critérios de classificação adotados por Gandolfi, Leitão-Filho e Bezerra (1995), Rio Grande do Sul (2007), Orihuela et al. (2015), Negrelle (2016) e Turchetto et al. (2017). Para avaliação do tipo de formação florestal do local, as espécies foram agrupadas como típicas da Floresta Ombrófila Mista e Floresta Estacional, além de espécies de ampla distribuição, utilizando literatura especializada na identificação dessas formações (KLEIN, 1972; JARENKOW; WAECHTER, 2001; SOBRAL et al., 2013; REFLORA, 2017).

4.3.4 Análise das espécies para uso na arborização urbana

As espécies representativas do local apontadas pelo levantamento fitossociológico, foram caracterizadas quanto ao seu potencial ecológico e ornamental, levando em conta seu grupo ecológico e capacidade de crescimento, além dos atributos de porte, época de floração, tipos de folha e fruto. Diferentes locais do ecossistema urbano como praças, avenidas, ruas e canteiros, bem como suas características, como a largura da calçada, presença de rede elétrica e presença de elementos na calçada, foram avaliados para definir quais espécies são mais indicadas para esses locais (VELASCO; LIMA; COUTO, 2006; BATISTA et al., 2013; CAMPBELL; SVENDSEN; ROMAN, 2016).

4.3.5 Análise estatística

A fim de verificar diferenças entre as áreas do levantamento dentro do PNMS, foi realizada uma análise de variância (ANOVA) com um critério, onde foram avaliados a média do número de indivíduos, riqueza de espécies, altura e perímetro médio das unidades amostrais de cada uma das três áreas, sendo posteriormente realizado o teste Tukey ($\alpha = 5\%$). Para testar a homocedasticidade das variâncias foi adotado o teste de Bartlett, enquanto a normalidade dos dados foi verificada através do teste de Shapiro-Wilk, sendo os valores de altura e perímetro transformados pela expressão \log_{10} para compensar os desvios encontrados (ZAR, 2010; RESENDE et al., 2015). As médias e os desvios padrão foram calculados com base em dados não transformados. A comparação da flora encontrada nas três áreas foi realizada através do índice de Similaridade de Jaccard, que expressa a semelhança entre ambientes, baseando-se no número de espécies comuns (MAGURRAN, 2004).

Uma análise de agrupamento foi realizada a partir de uma matriz constituída pelas espécies com os maiores valores de importância (VI) encontradas no levantamento fitossociológico e por cinco características ornamentais importantes para o paisagismo urbano. Para cada espécie foi considerado valores de acordo com as seguintes características: época de floração (1 – 1º trimestre, 2 - 2º Trimestre, 3 – 3º Trimestre, 4 - 4º Trimestre); tipo de folha (1 – perenifolia, 2 – decídua/semidecídua), tipo de fruto (1 – pequeno, 2 – médio/grande); porte (1 – arbustivo, 2 – arbóreo, 3 – arbóreo alto) e grupo ecológico (1 – pioneira, 2 secundária inicial, 3 secundária tardia, 4 - clímax). Para esta análise foi aplicado o Método Aglomerativo Hierárquico e posteriormente produzido um dendrograma utilizando o método de Ward usando a distância euclidiana (RIOS; GALVÃO; CURCIO, 2010; STRAUSS; VON MALTITZ, 2017). Com o intuito de evidenciar os fatores responsáveis pelos agrupamentos, os mesmos dados foram utilizados para desenvolver uma análise de ordenação através da Análise de Componentes Principais (PCA). Os dados foram normalizados a partir de auto escalonamento, fazendo com que todos os fatores passassem a ter a mesma importância (LEGENDRE; LEGENDRE, 1998).

4.4 Resultados

4.4.1 Análise da vegetação

O esforço amostral utilizado no levantamento no Parque Natural Municipal de Sertão foi suficiente para representar a vegetação, onde as espécies apresentaram tendência à estabilização a partir de 0,8 ha, sendo que houve apenas um pequeno acréscimo na riqueza de espécies com o aumento do esforço amostral (Figura 4).

O levantamento fitossociológico realizado no Parque Natural Municipal de Sertão permitiu a identificação taxonômica de 83 espécies arbóreas, pertencentes a 33 famílias botânicas, num total de 1537 indivíduos, em 100 unidades amostrais (Tabela 4). O índice de diversidade de Shannon-Wiener (H') encontrado para as espécies foi de 3,4 (nats), enquanto que a equabilidade (J') de Pielou foi de 0,78 (Tabela 5).

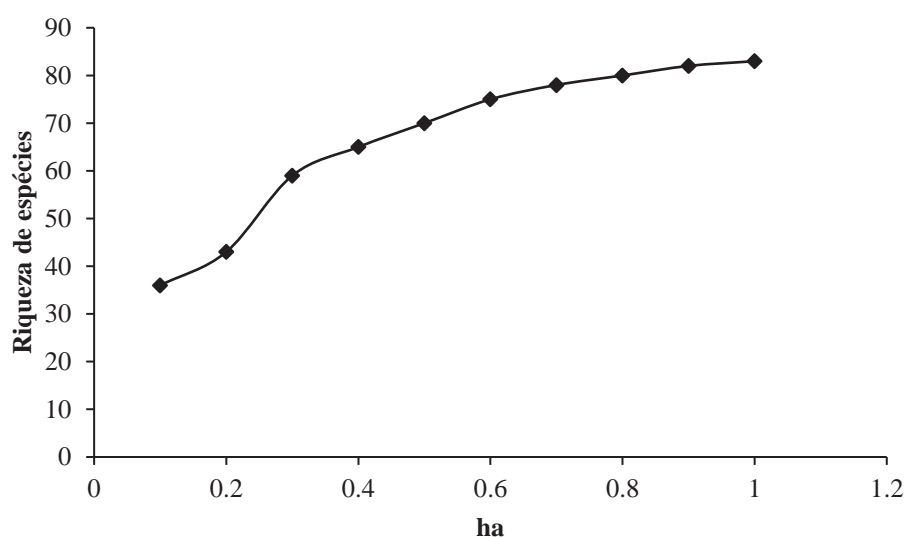


Figura 4 - Curva de acumulação de espécies considerando a riqueza de espécies e a área em hectares de levantamento realizado no Parque Natural Municipal de Sertão

Tabela 4 - Parâmetros fitossociológicos, formação florestal (FF) e grupo ecológico (GE) das espécies de levantamento realizado no Parque Natural Municipal de Sertão em ordem decrescente de valor de importância (VI). (NI = Número de indivíduos; (DR) = densidade relativa; (DoR) = dominância relativa; (FR) = frequência relativa

Espécies	NI	VI	DR	FR	DoR	FF	GE
<i>Allophylus edulis</i> (A. St.-Hil., Cambess.; A. Juss.) Radlk.	251	30,29	16,33	9,48	4,48	FOM/FE	Si
<i>Nectandra megapotamica</i> (Spreng.) Mez	130	28,83	8,46	8,48	11,89	FOM/FE	St
<i>Araucaria angustifolia</i> (Bertol.) Kuntze	44	28,63	2,86	4,11	21,65	FOM	P
<i>Matayba elaeagnoides</i> Radlk.	89	20,47	5,79	6,23	8,45	FOM/FE	Si
<i>Cupania vernalis</i> Cambess.	72	15,5	4,68	5,36	5,46	FOM/FE	Si
<i>Prunus myrtifolia</i> (L.) Urb.	44	13,54	2,86	3,24	7,44	FOM/FE	Si
<i>Ilex brevicuspis</i> Reissek	28	12,08	1,82	2,87	7,39	FOM/FE	St
<i>Casearia decandra</i> Jacq.	80	11,99	5,2	5,36	1,42	FOM/FE	St
<i>Casearia silvestris</i> Sw.	56	8,73	3,64	3,99	1,1	FOM/FE	P
<i>Cinnamodendron dinisii</i> (Schwacke) Occhioni	51	7,69	3,32	2,74	1,63	FOM	St
<i>Pilocarpus pennatifolius</i> Lem.	57	6,72	3,71	2,62	0,39	FOM/FE	St
<i>Ocotea pulchella</i> (Nees) Mez	15	6,58	0,98	1,75	3,86	FOM/FE	Si
<i>Rudgea jasminoides</i> (Cham.) Müll.Arg.	57	5,83	3,71	1,62	0,5	FOM	St
<i>Eugenia subterminalis</i> DC.	45	5,76	2,93	1,75	1,08	FOM/FE	St
<i>Trichilia elegans</i> A. Juss.	41	5,71	2,67	2,74	0,3	FOM/FE	St
<i>Coussarea contracta</i> (Walp.) Müll.Arg.	47	5,5	3,06	2	0,45	FOM	St
<i>Campomanesia xanthocarpa</i> O.Berg	26	5,04	1,69	2,49	0,86	FOM/FE	St
<i>Ocotea diospyrifolia</i> (Meisn.) Mez	33	4,91	2,15	1,75	1,01	FOM/FE	St
<i>Parapiptadenia rigida</i> (Benth.) Brenan	13	4,17	0,85	1,37	1,95	FE	St
<i>Myrceugenia miersiana</i> (Gardner) D. Legrand; Kausel	29	4,17	1,89	1,25	1,03	FOM	Si
<i>Sebastiania brasiliensis</i> Spreng.	37	4,14	2,41	1,37	0,36	FOM/FE	Si
<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	5	4,13	0,33	0,62	3,18	FOM/FE	St
<i>Ilex theezans</i> Mart. ex Reissek	5	3,79	0,33	0,62	2,84	FOM	St
<i>Sebastiania commersoniana</i> (Baill.) L.B. Sm.; Downs	23	3,67	1,5	1,75	0,43	FOM/FE	P
<i>Myrciaria tenella</i> (DC.) O.Berg	23	3,58	1,5	1,5	0,59	FOM/FE	Si
<i>Erythroxylum deciduum</i> A.St.Hill.	12	3,11	0,78	1,25	1,09	FOM/FE	Si
<i>Muelleria campestris</i> (Mart. ex Benth.) M.J. Silva; A.M.G. Azevedo	19	2,87	1,24	1,25	0,38	FE	Si
<i>Allophylus guaraniticus</i> (A. St.-Hil.) Radlk.	17	2,86	1,11	1,62	0,13	FOM/FE	P
<i>Ilex paraguariensis</i> A. St.-Hil.	15	2,58	0,98	1,12	0,49	FOM/FE	St
<i>Annona rugulosa</i> Schlttdl.	14	2,43	0,91	1,37	0,14	FOM/FE	Si
<i>Myrsine umbellata</i> Mart.	12	2,26	0,78	1,25	0,23	FOM	Si
<i>Lamanonia ternata</i> Vell.	7	2,17	0,46	0,87	0,85	FOM	P
<i>Nectandra lanceolata</i> Nees	11	2,04	0,72	0,87	0,46	FOM/FE	St

(continua)

Espécies	NI	VI	DR	FR	DoR	FF	GE
<i>Ilex dumosa</i> Reissek	9	1,57	0,59	0,75	0,23	FOM/FE	Si
<i>Zanthoxylum kleinii</i> (R.S.Cowan) P.G. Waterman	4	1,5	0,26	0,5	0,74	FOM	Si
<i>Ateleia glazioviana</i> Baill.	6	1,41	0,39	0,75	0,28	FE	P
<i>Ocotea puberula</i> (Rich.) Nees	4	1,29	0,26	0,37	0,66	FOM/FE	Si
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.	7	1,27	0,46	0,62	0,19	FOM/FE	Si
<i>Strychnos brasiliensis</i> (Spreng.) Mart.	6	1,19	0,39	0,75	0,06	FOM/FE	Si
<i>Eugenia ramboi</i> D. Legrand.	5	1,03	0,33	0,5	0,2	FOM/FE	St
<i>Actinostemon concolor</i> (Spreng.) Müll.Arg.	5	1,03	0,33	0,37	0,33	FOM/FE	C
<i>Persea willdenowii</i> Kosterm.	7	1,02	0,46	0,5	0,07	FOM	St
<i>Dalbergia frutescens</i> (Vell.) Britton	5	1,01	0,33	0,5	0,18	FOM/FE	Si
<i>Lithraea brasiliensis</i> Marchand.	3	0,87	0,2	0,37	0,3	FOM/FE	P
<i>Cordia concolor</i> (Cham.) Kuntze	6	0,82	0,39	0,25	0,18	FOM	Si
<i>Piptocarpha angustifolia</i> Dusén ex Malme	2	0,8	0,13	0,25	0,42	FOM	P
<i>Celtis iguanaea</i> (Jacq.) Sarg.	4	0,69	0,26	0,37	0,06	FOM/FE	P
<i>Calyptantes concinna</i> DC.	4	0,65	0,26	0,37	0,02	FOM/FE	St
<i>Maytenus evonymoides</i> Reissek	2	0,65	0,13	0,12	0,4	FOM	St
<i>Ocotea indecora</i> (Schott) Mez	2	0,6	0,13	0,25	0,22	FOM	St
<i>Myrcia oblongata</i> DC.	3	0,59	0,2	0,37	0,02	FOM	C
<i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi	2	0,53	0,13	0,25	0,15	FOM/FE	P
<i>Luehea divaricata</i> Mart.; Zucc.	2	0,52	0,13	0,25	0,14	FOM/FE	Si
<i>Cordia americana</i> (L.) Gottschling; J.E.Mill.	2	0,5	0,13	0,25	0,12	FOM/FE	Si
<i>Eugenia pyriformis</i> Cambess.	2	0,48	0,13	0,25	0,1	FOM/FE	Si
<i>Styrax leprosus</i> Hook.; Arn.	3	0,47	0,2	0,25	0,03	FOM/FE	Si
<i>Dicksonia sellowiana</i> Hook.	2	0,47	0,13	0,25	0,09	FOM/FE	C
<i>Myrsine coriacea</i> (Sw) R.Br.	2	0,46	0,13	0,25	0,08	FOM/FE	Si
<i>Eugenia involucrata</i> DC.	1	0,46	0,07	0,12	0,27	FOM/FE	Si
<i>Blepharocalyx salicifolius</i> (Kunth) O.Berg	1	0,43	0,07	0,12	0,24	FOM/FE	St
<i>Myrsine</i> sp.	2	0,43	0,13	0,25	0,05	-	-
<i>Citronella paniculata</i> (Mart.) R.A. Howard	1	0,42	0,07	0,12	0,23	FOM/FE	St
<i>Campomanesia guazumifolia</i> (Cambess.) O.Berg	2	0,41	0,13	0,25	0,03	FOM/FE	St
<i>Ilex taubertiana</i> Loes.	2	0,4	0,13	0,25	0,02	FOM	Si
<i>Myrciaria floribunda</i> (H.West ex Willd.) O.Berg	2	0,39	0,13	0,25	0,01	FOM	C
<i>Drimys brasiliensis</i> Miers	2	0,28	0,13	0,12	0,03	FOM	Si
<i>Sapium glandulosum</i> (L.) Morong	1	0,28	0,07	0,12	0,09	FOM/FE	P
<i>Symplocos tetrandra</i> (Mart.) Miq.	1	0,26	0,07	0,12	0,07	FOM/FE	Si
<i>Hovenia dulcis</i> Thunb.	1	0,25	0,07	0,12	0,06	*	Si
<i>Mimosa scabrella</i> Benth.	1	0,23	0,07	0,12	0,04	FOM	P
<i>Rudgea parquioides</i> (Cham.) Müll.Arg.	1	0,21	0,07	0,12	0,02	**	St
<i>Cabralea canjerana</i> (Vell.) Mart.	1	0,21	0,07	0,12	0,02	FE	St
<i>Banara tomentosa</i> Clos	1	0,2	0,07	0,12	0,01	FE	St
<i>Annona neosalicifolia</i> H.Raiener	1	0,2	0,07	0,12	0,01	FOM/FE	Si
<i>Jacaranda micrantha</i> Cham.	1	0,2	0,07	0,12	0,01	FE	Si
<i>Myrocarpus frondosus</i> Allemão	1	0,2	0,07	0,12	0,01	FE	Si

(conclusão)

Espécies	NI	VI	DR	FR	DoR	FF	GE
<i>Calyptantes grandifolia</i> O.Berg.	1	0,2	0,07	0,12	0,01	FOM	St
<i>Eugenia pluriflora</i> DC.	1	0,2	0,07	0,12	0,01	FOM	C
<i>Myrciaria cuspidata</i> O.Berg.	1	0,2	0,07	0,12	0,01	FOM/FE	C
<i>Handroanthus albus</i> (Cham.) Mattos	1	0,19	0,07	0,12	0	FOM	Si
<i>Cestrum strigillatum</i> Ruiz ; Pav.	1	0,19	0,07	0,12	0	FOM/FE	P
<i>Eugenia uniflora</i> L.	1	0,19	0,07	0,12	0	FOM/FE	Si
<i>Myrciaria delicatula</i> (DC.) O.Berg	1	0,19	0,07	0,12	0	FOM	C

FF – Formação Florestal: FOM – Floresta Ombrófila Mista; FE – Floresta Estacional. GP – Grupo Ecológico: P – Pioneira; Si – Secundária inicial; St – Secundária tardia; C – Clímax. * Espécie exótica; ** Outra formação florestal

As famílias com o maior número de indivíduos foram Sapindaceae (431), Lauraceae (202), Myrtaceae (148), Salicaceae (137) e Rubiaceae (111) (Figura 5). Em número de espécies as famílias Myrtaceae e Lauraceae apresentaram respectivamente 17 e 7 espécies cada uma, sendo as mais representativas.

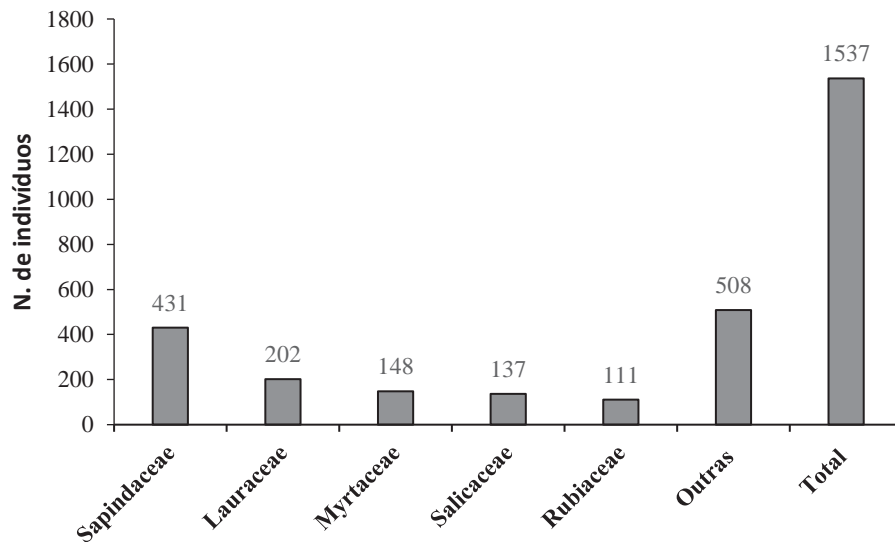


Figura 5 - Número de indivíduos por família botânica encontrados no levantamento fitossociológico do Parque Natural Municipal de Sertão

4.4.2 Formações florestais

Em relação a distribuição das espécies nas formações florestais, 50 espécies (61%) são pertencentes a Floresta Ombrófila Mista e Floresta Estacional, 23 (28%) são exclusivas da Floresta Ombrófila Mista e 7 (8,5%) são exclusivas da Floresta Estacional. *Rudgea parquoides* é classificada como pertencente a Floresta Ombrófila Densa (REFLORA, 2017). *Hovenia dulcis* embora possa ser encontrada em formações florestais no sul do Brasil, é uma espécie exótica de origem Asiática, enquanto *Myrsine* sp. não foi classificada (Figura 6a). Dos 1537 indivíduos encontrados no levantamento 1.202 (78%) são pertencentes a duas formações florestais: Floresta Ombrófila Mista e Floresta Estacional, enquanto 289 (18,8%) são exclusivas da Floresta Ombrófila Mista e 42 (2,7%) são exclusivas da Floresta Estacional (Figura 6b).

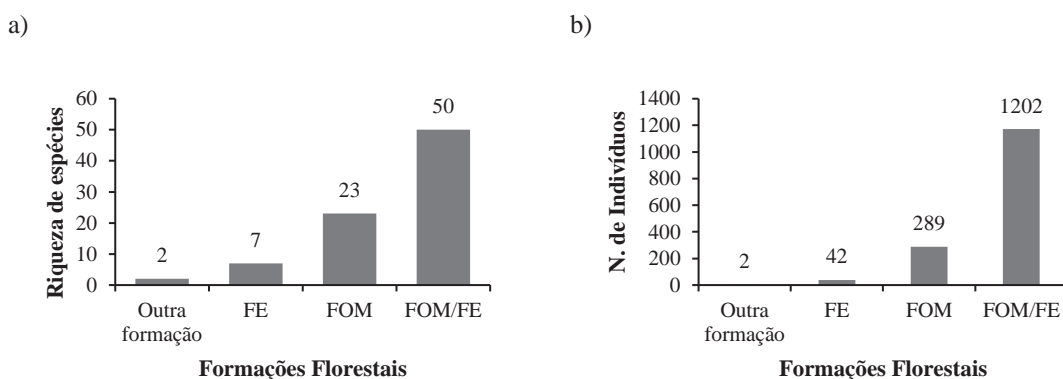


Figura 6 – Riqueza de espécies (a) e número de indivíduos (b) encontrados em cada Formação Florestal de levantamento realizado no Parque Natural Municipal de Sertão FE – Floresta Estacional; FOM – Floresta Ombrófila Mista

4.4.3 Grupos ecológicos

Seguindo os critérios adotados em trabalhos com Floresta Ombrófila Mista e Floresta Estacional, a distribuição das espécies nos diferentes grupos ecológicos apresentou 13 espécies (15,8%) como pertencentes ao grupo das pioneiras, 34 (41%) ao grupo das secundárias iniciais, 28 (34%) à secundárias tardias e 7 espécies ao estágio

clímax (Figura 7a). Em relação ao número de indivíduos, 167 (12%) são pioneiras, 681 (44%) são secundárias iniciais, 672 (43%) são secundárias tardias e 15 indivíduos (1%) são pertencentes ao clímax, *Myrsine* sp. não foi classificada (Figura 7b).

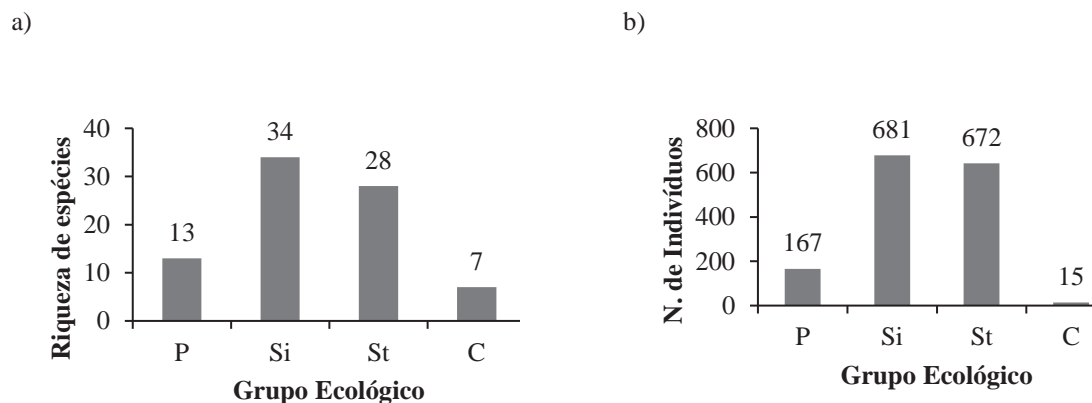


Figura 7 – Riqueza de espécies (a) e número de indivíduos (b) encontrados em cada Grupo Ecológico de levantamento realizado no Parque Natural Municipal de Sertão

P – Pioneira; Si – Secundária inicial; St – Secundária tardia; C – Clímax

4.4.4 Diferenças entre as áreas do levantamento fitossociológico

Em relação aos resultados em cada uma das três áreas do levantamento fitossociológico do PNMS, a área de influência hídrica (Área 1) apresentou o maior número de indivíduos, riqueza de espécies e diversidade de Shannon, porém o menor índice de equabilidade. A comparação da flora encontrada nas três áreas através do índice de Similaridade de Jaccard revelou que entre as áreas 1 e 3 (Influência hídrica/Borda) houve a maior diferença (36%), e maior similaridade entre a áreas 2 e 3 (Conservada/Borda com 49%) e entre as áreas 1 e 2 (Influência hídrica/Conservada com 47%) (Tabela 5).

Tabela 5 - Número de indivíduos (I), Número de espécies (S), Índice de diversidade de Shannon-Wiener (H') e Equabilidade de Pielou (J') nas três áreas estudadas e na área total do PNMS e Índice de Similaridade de Jaccard (ISj) entre as três Áreas

Áreas	I	S	H'	J'	ISj
Área 1 – Influência Hídrica	643	62	3,14	0,76	0,47 ¹ ; 0,36 ²
Área 2 – Conservada	542	45	3,08	0,80	0,49 ³ ; 0,47 ¹
Área 3 - Borda	352	40	2,96	0,80	0,36 ² ; 0,49 ³
Área total	1537	83	3,43	0,78	-

¹ - Influência Hídrica/Conservada; ² - Influência Hídrica/Borda; ³ - Conservada/Borda

A análise de variância (ANOVA) revelou diferença entre as médias de riqueza de espécies ($F=15,26$; $p<0,0001$), número de indivíduos ($F=36,39$; $p<0,0001$), altura ($F=9,50$; $p<0,0004$) e perímetro ($F=12,11$; $p<0,0001$) nas três áreas do levantamento, sendo que o teste de Tukey a 5% de probabilidade, apontou diferença significativa entre a área de influência hídrica (área 1) em relação a área conservada (área 2) e borda (área 3), sendo que as duas últimas não se mostraram diferentes para as médias avaliadas. A área de influência hídrica apresentou menores valores de desvio padrão, com exceção para a riqueza de espécies (Tabela 6). O coeficiente de variação foi maior entre a média do número de indivíduos (40,35), visto que na área de influência hídrica houve maior número de indivíduos por unidade amostral, porém com altura e perímetros menores.

Tabela 6 - Comparação de médias (\bar{x}), desvio padrão (\pm) e Coeficiente de Variação (CV) da riqueza de espécies (S), número de indivíduos (I), altura (A) e perímetro (P) por unidade amostral das três áreas de estudo do levantamento fitossociológico realizado no Parque Natural Municipal de Sertão

Áreas	S (\bar{x})	I (\bar{x})	A (\bar{x})	P (\bar{x})
Área 1 – Influência Hídrica	9.77 ^a ±2.37	21.43 ^a ±4.59	8.37 ^a ±1.21	11.57 ^a ±2.65
Área 2 – Conservada	7.53 ^b ±2.06	13.55 ^b ±5.11	9.83 ^b ±1.92	15.88 ^b ±4.76
Área 3 – Borda	6.9 ^b ±1.90	11.73 ^b ±4.25	9.89 ^b ±1.79	15.43 ^b ±4.34
CV (%)	30,03	40,35	19,28	31,04

Médias seguidas das mesmas letras nas colunas não diferem de acordo com o teste de Tukey a 5% de probabilidade

4.4.5 Indicação de espécies para paisagismo urbano

Foram selecionadas quatorze espécies com os maiores valores de importância encontrados no levantamento fitossociológico e presentes nas três áreas do PNMS, para análise quanto ao seu potencial de utilização no paisagismo urbano, levando em conta as características de época de floração, tipo de fruto e folha, porte e grupo ecológico (Tabela 7). Com raras exceções, estas espécies apresentaram basicamente a mesma classificação para os tipos de folha e fruto. As maiores diferenças foram encontradas para época de floração, porte e grupo ecológico, onde os valores encontrados apresentaram uma distribuição mais equilibrada entre as espécies. Embora apresentaram valores de importância elevados, *Araucaria angustifolia* e *Eugenia subterminalis*, por apresentarem características pouco conhecidas ou de perigo para o paisagismo urbano (KERN; SCHMITZ, 2013; BATISTA et al., 2013), são indicadas especificamente para uso em áreas maiores como parques e reservas urbanas.

Tabela 7 - Espécies com os maiores valores de importância (VI) encontrados no levantamento fitossociológico e suas características para uso em paisagismo urbano

Espécies	VI	Fl	Fr	Fo	P	GE
<i>Allophylus edulis</i>	30,29	3	1	2	2	2
<i>Nectandra megapotamica</i>	28,83	3	1	1	3	3
<i>Matayba elaeagnoides</i>	20,47	4	1	1	3	2
<i>Cupania vernalis</i>	15,50	2	1	1	3	2
<i>Prunus myrtifolia</i>	13,54	3	1	1	3	2
<i>Ilex brevicuspis</i>	12,08	4	1	1	3	3
<i>Casearia decandra</i>	11,99	3	1	2	2	3
<i>Casearia silvestris</i>	8,73	3	1	1	2	1
<i>Cinnamodendron dinisii</i>	7,69	1	1	1	2	3
<i>Pilocarpus pennatifolius</i>	6,72	3	1	2	1	3
<i>Ocotea pulchella</i>	6,58	1	1	1	3	2
<i>Rudgea jasminoides</i>	5,83	3	2	1	1	3
<i>Trichilia elegans</i>	5,71	4	1	1	1	3
<i>Coussarea contracta</i>	5,50	1	2	1	1	3

Fl - época de floração (1 - 1º trimestre, 2 - 2º Trimestre, 3 - 3º Trimestre, 4 - 4º Trimestre); Fr - tipo de fruto (1 - pequeno, 2 - médio); Fo - tipo de folha (1 - perenifólia, 2 - decídua/semidecídua); P - porte (1 - arbustivo, 2 - arbóreo, 3 - arbóreo alto) e GE - grupo ecológico (1 - pioneira, 2 - secundária inicial, 3 - secundária tardia)

A análise de agrupamento revelou quatro grupos principais de acordo com as características para paisagismo urbano (Figura 8). Um primeiro grupo foi formado por *Cupania vernalis*, *Ocotea pulchella*, *Cinnamodendron dinisii* e *Coussarea contracta*, sendo que a época de floração (primeiro semestre), foi a principal característica para sua formação. *Trichilia elegans*, *Pilocarpus pennatifolius* e *Rudgea jasminoides* formaram um agrupamento onde o porte (arbusto) foi predominante para sua caracterização. Um terceiro grupo foi formado por *Nectandra megapotamica*, *Prunus myrtifolia*, *Matayba elaeagnoides* e *Ilex brevicuspis*, todas árvores de grande porte e ainda um último grupo formado por *Casearia silvestres*, *Allophylus edulis* e *Casearia decandra*, onde as características de época de floração (terceiro trimestre) e porte (arbóreo) o caracterizaram.

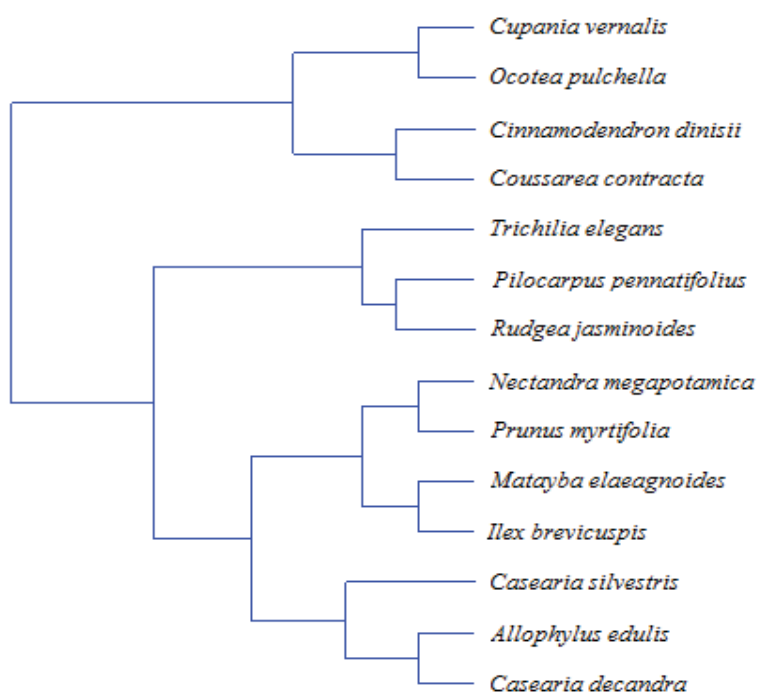


Figura 8 - Dendrograma de distância euclidiana entre as espécies lenhosas com os maiores valores de importância do levantamento fitossociológico e suas características para arborização urbana (época de floração, tipo de folha e fruto, porte e grupo ecológico)

Na análise de componentes principais (PCA) os dois primeiros componentes explicaram 88% da variação global (Figura 9). No PCA-I, que explicou 49,6% da variação dos dados, foi significativo o auto vetor referente a floração sob orientação positiva. No PCA-II, que explicou 38,3% da variação dos dados, foi significativo o auto vetor referente ao porte, e assim como a floração, também sob orientação positiva. Portanto a análise de componentes principais revelou que as características de época de floração e porte das espécies, foram as principais responsáveis pela separação das mesmas nos grupos revelados pela análise de agrupamento.

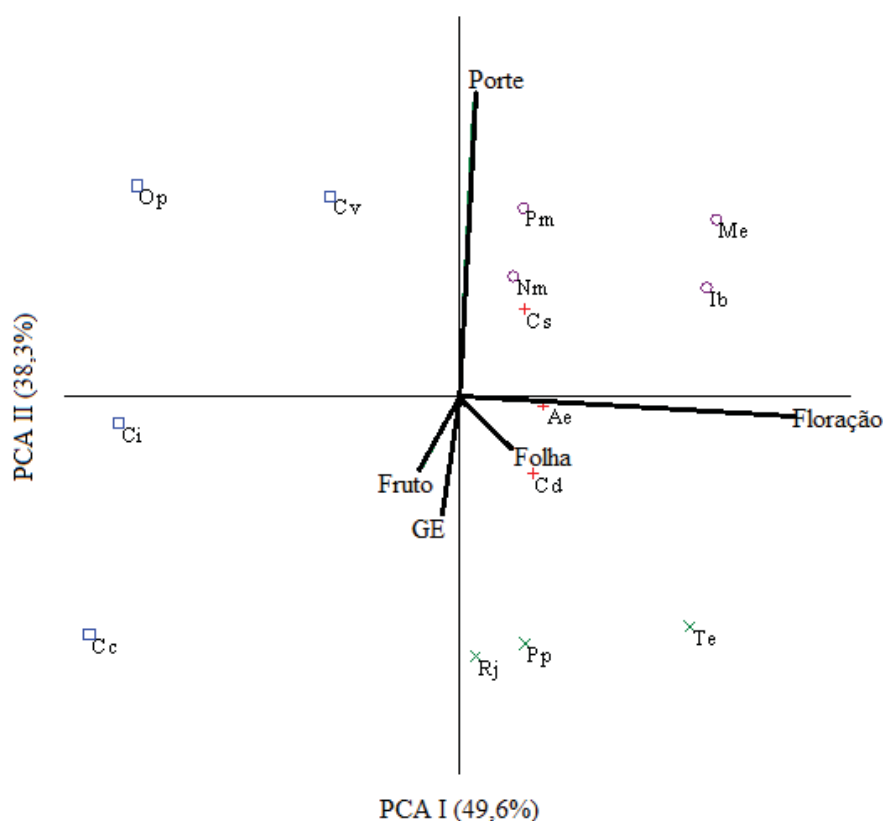


Figura 9 - Análise de Componentes Principais (PCA) das espécies com maiores valores de importância do levantamento fitossociológico e suas relações com características para paisagismo urbano

Legenda: (Espécies lenhosas: Ae - *Allophylus edulis*; Nm - *Nectandra megapotamica*; Me - *Matayba elaeagnoides*; Cv - *Cupania vernalis*; Pm - *Prunus myrtifolia*; Ib - *Ilex brevicuspis*; Cd - *Casearia decandra*; Cs - *Casearia silvestres*; Ci - *Cinnamodendron dinisii*; Pp - *Pilocarpus pennatifolius*; Op - *Ocotea pulchella*; Rj - *Rudgea jasminoides*; Te - *Trichilia elegans*; Cc - *Coussarea contracta*)

4.5 Discussão

Os trabalhos de levantamento fitossociológico em áreas florestais em geral, apresentam seus resultados visando à contribuição para uma melhor interpretação das relações entre as espécies, além de correlacionar os resultados com fatores do ambiente. O presente trabalho se dedicou além de informar sobre a constituição de espécies de um fragmento de floresta subtropical, utilizar o levantamento fitossociológico como uma nova forma de seleção de espécies arbóreas nativas para uso no paisagismo urbano, em contrapartida às práticas comumente utilizadas com plantas de outras áreas geográficas. No ecossistema urbano a rede constituída por elementos naturais que agrega uma conectividade física, ecológica e funcional é chamada de infraestrutura verde (OSTEIC et al., 2017). Essa rede ganha uma importância diferenciada em termos de apoio para a conservação da biodiversidade quando é constituída por espécies arbóreas nativas da formação florestal local. Desta forma os resultados deste trabalho, contribuem para a gestão dos recursos florestais previstas nas prioridades estratégicas do Plano de Ação Global de Ação para a Conservação, Uso Sustentável e Desenvolvimento de Recursos Genéticos Florestais (FAO, 2013).

4.5.1 Formação florestal

Os resultados encontrados para a formação florestal no Parque Natural Municipal de Sertão confirmam o local como pertencente à Floresta Ombrófila Mista (PIROLI; NASCIMENTO, 2008; SLAVIERO; BUDKE; CANSIAN, 2014, p. 43; AGUIAR et al., 2016). Embora tenham sido encontrados 42 indivíduos de 7 espécies diferentes pertencentes a Floresta Estacional, o levantamento identificou 73 espécies que ocorrem em Floresta Ombrófila Mista de forma exclusiva ou em conjunto com a Floresta Estacional (SOBRAL et al., 2013; REFLORA, 2017), representando 90% das espécies e 97% dos indivíduos amostrados (Figuras 6a e 6b). A presença de *Hovenia dulcis*, espécie exótica de origem Asiática, por ser de fácil dispersão zoocórica, compete com as espécies nativas sendo que sua presença é constatada com frequência em levantamentos realizados

nestas formações florestais (POSSETTE et al., 2015). O número de espécies e indivíduos das famílias botânicas estão próximos dos valores encontrados em outros levantamentos para Floresta Ombrófila Mista (SLAVIERO; BUDKE, CANSIAN, 2014, p. 41-65; POSSETTE et al., 2015; SOUZA; TÉO; GUARESCHI, 2016), assim como para a distribuição das famílias em todas as formações florestais do planeta, especialmente Rubiaceae, Myrtaceae e Lauraceae (BEECH et al., 2017).

Das espécies encontradas no levantamento *Araucaria angustifolia* está citada internacionalmente como Criticamente em Perigo (CR) (IUCN, 2017), nacionalmente como Em Perigo (EN) (BRASIL, 2014) e regionalmente como Vulnerável (VU) (RIO GRANDE DO SUL, 2014). *Dicksonia sellowiana* nacionalmente está classificada como Em Perigo (EN) (BRASIL, 2014) e regionalmente está classificada na categoria de ameaça Vulnerável (VU) (RIO GRANDE DO SUL, 2014). *Persea willdenowii* está classificada regionalmente como Criticamente em Perigo (CR), assim como *Maytenus evonymoides* como Em Perigo (EN) (RIO GRANDE DO SUL, 2014). Esses fatos reforçam a necessidade de manter a conservação do local e abrem a possibilidade de utilização de *Persea willdenowii*, *Maytenus evonymoides* e *Dicksonia sellowiana* no paisagismo urbano como uma estratégia de conservação para as mesmas, assim como para a *Araucaria angustifolia*. Porém para esta última recomenda-se o seu uso para o interior de grandes parques urbanos, evitando sua utilização em áreas privadas, pequenos espaços e na arborização de ruas.

4.5.2 Comparação entre as três áreas de estudo dentro do PNMS

O índice de similaridade de Jaccard entre as três áreas (Tabela 5) revelou que as mesmas podem ser consideradas floristicamente semelhantes, pois apresentaram valores maiores que 25 (MUELLER-DOMBOIS; ELLENBERG, 1974). Vários fatores podem ser considerados para explicar a similaridade entre áreas dentro do PNMS, principalmente o fato das mesmas se localizarem no mesmo fragmento florestal e apresentarem características de solo e microclima semelhantes, embora com algumas diferenças de estado de preservação, presença de recurso hídrico e de localização dentro do fragmento.

Isto sugere que a distância geográfica também seja um forte determinante da similaridade florística, sendo que valores mais elevados de similaridade são encontrados entre locais mais próximos (MESSIAS et al., 2012).

Embora o índice de Jaccard tenha revelado um certo grau de similaridade florística entre as três áreas, as diferenças encontradas em relação a riqueza de espécies, número de indivíduos e índice de Shannon-Wiener (Tabela 5), revelam a existência também de uma heterogeneidade do componente arbóreo, o que corrobora com o objetivo do desenho amostral melhor representar a distribuição das unidades amostrais no PNMS. A diferença da área de influência hídrica (Área 1) para as demais, apontada pelo teste Tukey (Tabela 6), revela que neste local houve um maior número de indivíduos e maior riqueza de espécies, porém com altura e perímetro menores, característica de vegetação florestal às margens de cursos d'água, fitoecologicamente denominada de mata ciliar (ALVARENGA; BOTELHO; PEREIRA, 2006). A influência das condições hídricas promove comunidades de plantas diversas quando comparadas com locais adjacentes, fornecendo muitas conexões funcionais entre sistemas aquáticos e terrestres (GOEBEL; PREGITZER; PALIK, 2012; OLIVEIRA; OLIVERIA, 2016). As diferenças encontradas indicam que as espécies de florestas tropicais e subtropicais se caracterizam por se distribuírem espacialmente em mosaicos e mesmo as comunidades situadas em áreas próximas podem apresentar diferenças em sua florística e estrutura (FERREIRA JUNIOR et al., 2008). Estas diferenças estruturais refletem as adequações das comunidades florestais às variações dos fatores abióticos ao longo do PNMS (LINGNER et al., 2015).

O valor encontrado para o índice de Shannon-Wiener (H') calculado para a área total do PNMS foi maior do que o calculado isoladamente para cada área, demonstrando o aumento da heterogeneidade no conjunto dos ambientes estudados (MESSIAS et al., 2012). Valores para o índice de Shannon-Wiener (H') acima de 3,11 indicam formações vegetais conservadas, como é o caso do PNMS (SAPORETTI JUNIOR; MEIRA NETO; ALMADO, 2003; FERREIRA JÚNIOR et al., 2008). A equabilidade encontrada para as três áreas e para a área total sugere alta uniformidade nas proporções do número de indivíduos/número de espécies dentro da comunidade vegetal.

4.5.3 Tamanho, grupos ecológicos e indicação de espécies

O esforço amostral utilizado para o levantamento fitossociológico revelou uma tendência à estabilização a partir de 0,8 ha (Figura 4), assim como o encontrado em outros levantamentos em Floresta Ombrófila Mista (NARVAES; BRENA; LONGHI, 2005; SOUZA; TÉO; GUARESCHI, 2016). Essa informação revela que para a criação de áreas verdes urbanas o tamanho de 0,8 ha seria a área mínima para estes locais, levando em consideração a biodiversidade encontrada em formações florestais, especialmente em Floresta Ombrófila Mista. Este tamanho seria o mínimo para expressar a riqueza de espécies do bioma regional, sendo que esses espaços atuariam como museus verdes no ecossistema urbano.

Os grupos ecológicos encontrados revelam que 35 espécies, totalizando 687 indivíduos (45%), são classificadas como secundárias tardias ou clímax (Figuras 7a e 7b), sendo espécies que precisam preferencialmente do desenvolvimento inicial da vegetação para se instalarem, com abundante regeneração sob o dossel (KULCHETSCKI et al., 2006; ARAUJO et al., 2010; SOUZA; TÉO; GUARESCHI, 2016). Esse fato indica que o local encontra-se em um estágio de desenvolvimento intermediário de sucessão, com substituição gradativa de espécies pioneiras e secundárias iniciais por espécies de estágio mais avançado.

Embora o ecossistema urbano apresente características físicas e químicas diferentes daquelas encontradas no habitat natural das formações florestais em que as espécies arbóreas se encontram, algumas características são essenciais para o sucesso dessas espécies com a finalidade de paisagismo urbano. Características como crescimento rápido e tolerância à luz, além de presença de sementes e frutos leves, são critérios fundamentais para a utilização de espécies nativas para esse fim (KULCHETSCKI et al., 2006; SANTOS; ROCHA; BERGALLO, 2010). Espécies do grupo ecológico das pioneiras e secundárias apresentam esse perfil e são as mais indicadas para uso em paisagismo urbano.

Das espécies encontradas no levantamento fitossociológico, *Allophylus edulis*, *Nectandra megapotamica*, *Matayba elaeagnoides*, *Cupania vernalis*, *Prunus myrtifolia*, *Ilex brevicuspis*, *Casearia decandra*, *Casearia silvestres*, *Cinnamodendron dinisii*, *Pilocarpus pennatifolius*, *Ocotea pulchella*, *Rudgea jasminoides*, *Trichilia elegans* e *Coussarea contracta* se destacaram com os maiores valores de importância (VI), sendo espécies com grande número de indivíduos, frequentes em várias unidades amostrais, representando sucesso na ocupação de espaços e na regeneração da Floresta Ombrófila Mista. Estas espécies aparecem também em destaque outros levantamentos em Floresta Ombrófila Mista (SLAVIERO; BUDKE, CANSIAN, 2014, p. 41-65; POSSETTE et al., 2015; SOUZA; TÉO; GUARESCHI, 2016; MISSIO et al., 2017), demonstrando maior plasticidade e normalmente se adaptam melhor a uma gama mais ampla de situações ambientais (LINGNER et al., 2015). Estes motivos fazem com que as espécies com os maiores valores de importância em um levantamento fitossociológico, sejam também as mais indicadas para uso na arborização urbana no local do bioma onde se realizou o estudo, contribuindo além das suas funções ecológicas, com a identidade local. Em casos de ausência de estudo fitossociológico local, recomenda-se a procura por estudos fitossociológicos regionais no mesmo bioma, onde para a utilização de espécies na arborização urbana, se leve em conta o número de indivíduos e de espécies das famílias botânicas mais ocorrentes nestes estudos.

Pertencentes ao grupo ecológico das secundárias iniciais *Allophylus edulis*, *Matayba elaeagnoides*, *Cupania vernalis*, *Ocotea pulchella* e *Prunus myrtifolia*, além de *Casearia silvestris* como pioneira, são as espécies mais indicadas por este trabalho para o uso em paisagismo visando o sombreamento, além das funções ecológicas e sociais, nos mais diversos locais do ecossistema urbano como avenidas, praças e canteiros, mas que de preferência, não apresentem rede elétrica aérea. *Nectandra megapotamica*, *Ilex brevicuspis*, *Casearia decandra* e *Cinnamodendron dinisii* pertencentes ao grupo das secundárias tardias também são indicadas para esse uso, pois apesar de apresentarem um crescimento mais lento, principalmente na presença de luz, apresentam maior ciclo de vida e conseqüentemente menor possibilidade de serem substituídas (BATISTA et al., 2013).

Para locais com rede de distribuição de energia elétrica a tendência é plantar arbustos ou espécies de pequeno porte para que estes não interfiram na rede (VELASCO; LIMA; COUTO, 2006). Para esses locais as espécies *Pilocarpus pennatifolius*, *Rudgea jasminoides*, *Trichilia elegans* e *Coussarea contracta* por pertencerem ao estrato arbustivo e por apresentarem destaque no levantamento fitossociológico, são as mais indicadas.

Apesar da importância da participação dos grupos ecológicos para a seleção de espécies para o paisagismo urbano, a análise de agrupamentos e de componentes principais apontou a época de floração e o porte das espécies como as principais características para os agrupamentos encontrados (Figuras 8 e 9). Com relação à floração, havendo um bom planejamento na aplicação das espécies selecionadas, é possível obter flores durante o ano todo, isso proporciona não só efeitos estéticos agradáveis como também fonte de alimento para polinizadores, principalmente abelhas. (BATISTA et al., 2013). Dessa forma, *Ocotea pulchella* e *Cinnamodendron dinisii* como espécies arbóreas e *Coussarea contracta* como arbusto, são as espécies indicadas com floração nos primeiros três meses do ano, enquanto *Cupania vernalis* também arbórea, pode ser usada visando floração no segundo trimestre (Tabela 7). As demais espécies indicadas apresentam floração no segundo semestre do ano, sendo de porte arbustivo *Pilocarpus pennatifolius* e *Rudgea jasminoides* no terceiro trimestre e *Trichilia elegans* nos últimos três meses do ano. Para as espécies de porte arbóreo *Nectandra megapotamica*, *Prunus myrtifolia*, *Casearia silvestres*, *Allophylus edulis* e *Casearia decandra* todas com floração no terceiro trimestre e *Matayba elaeagnoides* e *Ilex brevicuspis* nos últimos meses do ano, são as indicadas (Tabela 7). Desta forma usando as quatorze espécies indicadas pelo levantamento fitossociológico, todos os meses do ano terão representantes com floração, tanto as espécies de médio e grande porte, quanto as arbustivas.

Levando em conta a presença de folhas perenes ou decíduas, *Allophylus edulis*, *Casearia decandra* e *Pilocarpus pennatifolius* apresentam folhas decíduas e para locais de clima temperado e subtropical, representando uma alternativa para maior penetração de luz solar no outono e inverno, período em que ocorre a perda das folhas. Todas as

espécies indicadas são atrativas para a fauna, pois apresentam dispersão zoocórica (BATSITA et al., 2013; FERREIRA et al., 2013), o que reforça o papel ecológico e a importância para a biodiversidade com o uso destas espécies no ecossistema urbano.

4.6 Conclusões

Conclui-se que o Parque Natural Municipal de Sertão pertence à Floresta Ombrófila Mista, sendo que as principais espécies encontradas no levantamento fitossociológico, são também as mais indicadas para uso em paisagismo urbano nas regiões com essa mesma formação florestal, sendo que *Araucaria angustifolia* é recomendada para uso em parques urbanos. Estas espécies pertencem ao grupo ecológico das pioneiras e secundárias, apresentando a forma de crescimento e tolerância a luz adequados ao uso em ecossistemas urbanos. Os critérios utilizados neste trabalho apontam para que no paisagismo urbano, seja levado em consideração a utilização de levantamento fitossociológico para identificar a formação florestal local e posteriormente utilizar as espécies mais representativas do local, através de seus valores de importância, na arborização urbana. A área mínima indica para a criação de áreas verdes urbanas, especialmente para representação de biomas de formações florestais subtropicais é de 0,8 ha. Ferramentas auxiliares como a análise de agrupamentos e análise de componentes principais (PCA) fornecem os dados necessários para a escolha de critérios para a forma de utilização das espécies de acordo com suas características ornamentais. O uso no paisagismo urbano de espécies ameaçadas, embora não aparecendo como importantes no levantamento fitossociológico, se apresenta como uma estratégia de conservação para as mesmas. A partir dos resultados deste trabalho, novos estudos apontam para aplicação *in loco* destas espécies, com ênfase em técnicas de propagação com o objetivo de produção de matrizes.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho foi desenvolvido sobre uma paisagem que teve como sujeito de pesquisa o Parque Natural Municipal de Sertão, um fragmento de floresta subtropical dentro do domínio do Bioma Mata Atlântica, que com os resultados encontrados, foi confirmado como pertencente à Floresta Ombrófila Mista. As informações obtidas pelo trabalho através da aplicação da fitossociologia, trouxeram uma melhor compreensão de como a vegetação arbórea deste local está estruturada. Além disso uma análise dos atributos do solo em parte das unidades amostrais do levantamento fitossociológico, também ajudou na tentativa de melhor compreender a relação das espécies arbóreas com o solo que as sustenta.

Estes resultados foram utilizados com o objetivo de aplicá-los em outro tipo de paisagem: o ecossistema urbano. Com uma abordagem nova, utilizou-se da fitossociologia que é tradicionalmente utilizada para análise de vegetação, para indicar espécies para uso na arborização urbana. Com a ideia de que o Brasil é o país com a maior diversidade de árvores do planeta e que a maioria das espécies utilizadas na arborização urbana são exóticas, o uso das árvores nativas da formação florestal onde o ambiente urbano está localizado, traz além da valorização da identidade local, uma série de benefícios ecológicos e paisagísticos que foram discutidos neste trabalho. Estes resultados representam, portanto, uma nova possibilidade para a arborização urbana através do uso da técnica da fitossociologia.

Para os locais que ainda não possuem estudos fitossociológicos, recomenda-se a utilização de levantamentos realizados em regiões com o mesmo bioma. Nestes casos pode ser utilizado como critério de seleção de espécies para uso na arborização urbana, a distribuição de indivíduos e espécies por famílias botânicas encontradas no lugar do valor de importância das espécies, pois muitas vezes as espécies encontradas nestes

levantamentos podem não ocorrer na região de interesse, independente de ser do mesmo bioma. No caso deste estudo as famílias mais representativas em número de indivíduos foram Sapindaceae, Lauraceae, Myrtaceae, Salicaceae e Rubiaceae, ao aplicar esta lógica seriam estas as famílias prioritárias para seleção de espécies em projetos de paisagismo urbano levando-se em conta o Bioma Mata Atlântica. Em número de espécies, como as famílias Myrtaceae e Lauraceae foram destaque, se usaria mais espécies destas famílias em relação as demais.

Os resultados encontrados também indicam sugestões de investigação para trabalhos futuros. Uma delas se refere a ampliação das análises dos atributos do solo nas unidades amostrais não contempladas e sua correlação com as espécies já descritas no levantamento fitossociológico, afim de confirmar as tendências encontradas ou verificar novas respostas.

Em relação as espécies de Floresta Ombrófila Mista indicadas para a arborização urbana, este trabalho deu preferência para as espécies com os maiores valores de importância encontradas no levantamento fitossociológico, porém todas as 83 espécies encontradas podem ser utilizadas no paisagismo urbano. Portanto novos estudos apontam para a descrição das recomendações de uso para as demais espécies não destacadas neste trabalho. Além disso, a aplicação *in loco* das espécies recomendadas e o estudo do seu comportamento no ecossistema urbano se faz necessário, principalmente a necessidade de manejo em vista das condições do solo na área urbana e o desenvolvimento de técnicas de propagação com o objetivo de produção de matrizes. Além disso, estudos envolvendo produtores rurais e a possível utilização de Áreas de Preservação Permanente (APPs) de suas propriedades com a finalidade de manter matrizes de sementes das espécies ou material para a propagação vegetativa.

O posterior contato com o Poder Público local também é uma ação importante, para que a idéia de utilização das espécies nativas regionais se torne prioridade no plano diretor de cidades, além dos planos de arborização de instituições e órgãos do poder público.

6 CONCLUSÃO GERAL

O Parque Natural Municipal de Sertão pertence à formação florestal Floresta Ombrófila Mista, sendo que as principais espécies encontradas no levantamento fitossociológico, com os maiores valores de importância (VI) são: *Allophylus edulis*, *Nectandra megapotamica*, *Araucaria angustifolia*, *Matayba elaeagnoides*, *Cupania vernalis*, *Prunus myrtifolia*, *Ilex brevicuspis*, *Casearia decandra*, *Casearia silvestres*, *Cinnamodendron dinisii*, *Pilocarpus pennatifolius*, *Ocotea pulchella*, *Rudgea jasminoides*, *Trichilia elegans* e *Coussarea contracta*.

Quanto a correlação dos atributos do solo com as espécies, o Potássio é a variável que apresenta correlação significativa com *Capsicodendron dinisii*, *Prunus myrtifolia* e *Sebastiania commersoniana*. Já as espécies *Trichilia elegans* e *Prunus myrtifolia* apresentam o maior número de correlação significativa positiva com as variáveis do solo.

As espécies com os maiores valores de importância são também as mais indicadas para uso em paisagismo urbano nas regiões com Floresta Ombrófila Mista, sendo que para a *Araucaria angustifolia* recomenda-se o seu uso para o interior de parques urbanos. As espécies pertencem ao grupo ecológico das pioneiras e secundárias, apresentando forma de crescimento e tolerância a luz adequados ao uso em ecossistemas urbanos.

O esforço amostral utilizado para o levantamento fitossociológico revelou que para a criação de áreas verdes urbanas o tamanho de 0,8 ha seria a área mínima para estes locais, levando em consideração a biodiversidade encontrada em formações florestais, especialmente em Floresta Ombrófila Mista. Este tamanho seria o mínimo para expressar a riqueza de espécies do bioma regional, sendo que esses espaços atuariam como museus verdes no ecossistema urbano.

Devido a seu porte arbóreo, são indicadas para uso em avenidas, praças, canteiros e outros espaços da infraestrutura verde as espécies *Cupania vernalis*, *Ocotea pulchella* e *Cinnamodendron dinisii* com época de floração no primeiro semestre do ano, além de *Nectandra megapotamica*, *Prunus myrtifolia*, *Matayba elaeagnoides*, *Ilex brevicuspis*, *Casearia silvestres*, *Allophylus edulis* e *Casearia decandra* com floração no segundo semestre. Por pertencerem ao estrato arbustivo, sugere-se para uso em ruas, inclusive em locais com rede elétrica aérea, *Coussarea contracta* com floração no primeiro semestre e *Pilocarpus pennatifolius*, *Rudgea jasminoides* e *Trichilia elegans* com floração no segundo semestre do ano.

O uso no paisagismo urbano das espécies ameaçadas *Persea willdenowii*, *Maytenus evenymoides* e *Dicksonia sellowiana*, embora não aparecendo como importantes no levantamento fitossociológico, se apresenta como uma estratégia de conservação para as mesmas.

Os critérios utilizados neste trabalho apontam que no paisagismo urbano, seja levado em consideração a utilização de levantamento fitossociológico para identificar a formação florestal local e posteriormente utilizar as espécies mais representativas do local, através de seus valores de importância, na arborização urbana. Ferramentas auxiliares a serem utilizadas são: a curva de acumulação de espécies para indicar tamanhos de áreas verdes a serem valorizados como repositórios de espécies de biomas regionais, além da análise de agrupamentos e análise de componentes principais (PCA), que fornecem os dados necessários para a escolha de critérios para a forma de utilização das espécies de acordo com suas características ornamentais.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, R. V.; PETRY, C.; SCOLARI, E.; BORTOLUZZI, E. C. Phytosociology and soil variables in Araucaria Forest in Southern Brazil. In: 6th International Conference on Landscape; Urban Horticulture. June 2016, Athens – Greece. **Anais...**Athens: ISHS, 2016.

AGUIAR, R.V. **Estrutura, variáveis ambientais e conservação de espécies florestais em uma área de transição entre formações florestais no Sul do Brasil**. 2009. 109 f. Dissertação - Programa de Pós-Graduação em Ecologia, URI, Erechim, RS, 2009.

ALMEIDA, C. M. **Relação solo-fitossociologia em um remanescente de Floresta Estacional Decidual**. 2010. 74 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010.

ALVARENGA, A. P.; BOTELHO, S. A.; PEREIRA, I. M. Avaliação da regeneração natural na recomposição de matas ciliares em nascentes na região sul de Minas Gerais. **Cerne**, v. 12, n. 4, p. 360-372, 2006.

ALVES, L. F.; METZGER, J. P. Forest regeneration in secondary forest areas at Morro Grande Forest Reserve, Cotia, SP. **Biota Neotropica**, v. 6, n. 2, p.1-26, 2006.

APG III – Angiosperm Phylogeny Group. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 161, n. 2, p. 105-121, 2009.

ARAUJO, M. M.; CHAMI, L.; LONGHI, S. J.; AVILA, A. L.; BRENA, D. A. Análise de Agrupamento em Remanescente de Floresta Ombrófila Mista. **Ciência Florestal**, v. 20, n. 1, p. 1-18, 2010.

BATISTA, M. L.; LOPES, A. G.; CARVALHO, F. A.; SILVA, L. F.; PEDRO, N. F.; STRANGHETTI, V. Indicação de essências regionais do noroeste paulista para enriquecimento da arborização de ruas, praças e avenidas. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 8, n. 1, p. 75-88, 2013.

BEECH, E.; RIVERS, M.; OLDFIELD, S.; SMITH, P. P. GlobalTreeSearch: The first complete global database of tree species and country distributions. **Journal of Sustainable Forestry**, v. 36, p. 1-36, 2017.

BENSETTITI, A.; BIORET, F.; BOULLET, V.; PEDROTTI, F. Un Siècle de Phytosociologie Sigmatiste en France: Du Temps des Pionniers aux Applications Modernes. **Braun-Blanquetia**, v. 46, p. 27-40, 2010.

BERTOL, O.J.; FEY, E.; FAVARETTO, N.; LAVORANTI, J.; RIZZI, N.E. Mobilidade de P, Cu, e Zn em colunas de solo sob sistemas de semeadura direta submetido às adubações minerais e orgânicas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 6, p.1841-1850, 2010.

BIONDI, E. Phytosociology today: Methodological and conceptual evolution. **Plant Biosystems**, vol. 145, p. 19-29, 2011.

BOTREL, R.T.; OLIVEIRA FILHO, A.T.; RODRIGUES, L.A.; CURI, N. Influência do solo e topografia sobre as variações da composição florística e estrutura da comunidade arbóreoarbustiva de uma floresta estacional semidecidual em Ingaí, MG. **Brazilian Journal of Botany**, v. 25, n. 2, p. 195-213, 2002.

BRASIL, L. S.; GIEHL, N. F. S.; SANTOS, J. O.; SANTOS, A. O.; MARIMON, B. S.; JUNIOR, B. H. M. Efeito de Borda sobre a Camada de Serrapilheira em Área de Cerradão no Leste de Mato Grosso, **Biotemas**, v. 26, n. 3, p. 37-47, 2013.

BRASIL. PORTARIA MMA nº 443, de 17 de dezembro de 2014. Anexo: Lista Nacional Oficial de Espécies da Flora Ameaçadas de Extinção. **Diário Oficial da União**, Brasília, 18 de dezembro de 2014. Seção 01, p. 110-121.

BRAUN-BLANQUET, J. **Fitossociologia: bases para el estudio de las comunidades vegetales**. Madrid: H. Blume, 1979. 820 p.

BUDKE, J. C.; JARENKOW, J. A.; OLIVEIRA-FILHO, A. T. Relationships between tree component structure, topography and soils of a riverside forest, Rio Botucará, Southern Brazil. **Plant Ecology**, v. 189, n. 2, p. 187–200, 2006.

CALLEGARO, R.; LONGHI, S. Grupos florísticos em uma Floresta Ombrófila Mista, Nova Prata, RS, Brasil. **Brazilian Journal of Agricultural Sciences**, v. 8, n. 4, p. 641-647, 2013.

CALLE-RENDÓN, B. R.; MORENO, F.; CÁRDENAS-LÓPEZ, D. Relación entre suelos y estructura del bosque en la Amazonía colombiana. **Revista de Biología Tropical**, v. 59, n 3. p. 1307- 1322, 2011.

CAMPBELL, L. K.; SVENDSEN, E. S.; ROMAN, L. A. Knowledge Co-production at the Research–Practice Interface: Embedded Case Studies from Urban Forestry. **Environmental Management**, v. 57, n. 6, p. 1262–1280, 2016.

CAPELO, J. **Conceitos e métodos da fitossociologia: formulação contemporânea e métodos numéricos de análise da vegetação**. Oeiras: Estação Florestal Nacional, Sociedade Portuguesa de Ciências Florestais, 2003. 107 p.

CHAMAS, C. C.; MATTHES, L. A. F. Método para levantamento de espécies nativas com potencial ornamental. **Revista Brasileira Horticultura Ornamental**, Campinas, v. 6, n. 1/2, p. 53-63, 2000.

CHAVES, A. D. C. G.; SANTOS, R. M. S.; SANTOS, J. O.; FERNANDES, A. A.; MARACAJÁ, P. B. A importância dos levantamentos florístico e fitossociológico para a conservação e preservação das florestas. **Agropecuária Científica do Semiárido**, v. 9, n. 2, p. 43-48, 2013.

CURTIS, J. T. **The vegetation of Wisconsin; an ordination of plant communities**. Madison: University of Wisconsin Press, 1959. 657 p.

CURTIS, J. T.; McINTOSH, R. P. The interrelations of certain analytic and synthetic phytosociological characters. **Ecology**, v. 31, n. 3, p. 434-455, 1950.

DANIEL, O. Subsídios el uso del índice de diversidad de Shannon. In: Anais do I Congresso Latinoamericano IUFRO, Valdivia. **Anais...** Valdivia: IUFRO, 1998.

DENGLER, J. Phytosociology. In: RICHARDSON, D.; CASTREE, N.; GOODCHILD, M. F.; KOBAYASHI, A. L.; LIU, W.; MARSTON, R. (Eds.). **The international encyclopedia of geography: people, the Earth, environment, and technology**. Chichester: Wiley-Blackwell, 2016.

DIAS, A. C. **Composição florística, fitossociologia, diversidade de espécies e comparação de métodos de amostragem na Floresta Ombrófila Densa do Parque Estadual Carlos Botelho/Sp-Brasil**. 2005. 184 f. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

DICK, G.; SCHUMACHER, M. V. Relações entre solos e fitofisionomias em florestas florestais. **Ecologia e Nutrição Florestal**, v. 3, n. 2, p. 31-39, 2015.

DULLIUS, M. **Vegetação e solos de uma Floresta Estacional do Rio Grande do Sul**. 2012. 127 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012.

EGERTON, F. N. History of Ecological Sciences, Part 48: Formalizing Plant Ecology, about 1870 to mid-1920s. **Bulletin of the Ecological Society of America**, v. 94, n. 04, p. 341- 378, 2013.

EISENLOHR, P. V. Challenges in data analysis: pitfalls and suggestions for a statistical routine in Vegetation Ecology. **Brazilian Journal of Botany**, São Paulo, v. 36, n. 1, p. 83-87, 2013.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análises de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA, Centro Nacional e Pesquisa de Solos, 1997. 212 p.

EMBRAPA. **Centro Nacional de Pesquisa do Trigo – CNPT**. Estação de agrometeorologia, 2011.

EUROPEAN COMMISSION. **The Habitats Directive**. Disponível em: <http://ec.europa.eu/environment/nature/legislation/habitatsdirective/index_en.htm>. Acesso em 11 jul. 2016.

FAO. **Global Forest Resources Assessment 2015**. FAO Forestry Paper N.1. Rome: UN Food and Agriculture Organization, 2015.

FAO. **Global plan of action for the conservation, sustainable use and development of forest genetic resources**. Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture, Rome: Food and Agriculture Organization - FAO, 2013.

FERREIRA JÚNIOR, E. V.; SOARES, T. S.; COSTA, M. F. F.; SILVA, S. M. Composição, diversidade e similaridade florística de uma floresta tropical semidecídua submontana em Marcelândia – MT. **Acta Amazônica**, v. 38, n. 4, p. 673-680, 2008.

FERREIRA JUNIOR, W. G.; SCHAEFER, C. E. G. R.; SILVA, A. F. Uma visão pedogeomorfológica sobre as formações florestais da Mata Atlântica. In: MARTINS, S.V. (Org). **Ecologia de Florestas Tropicais no Brasil**. Viçosa: UFV, 2012. 371 p.

FERREIRA, P. I.; GOMES, J. P.; BATISTA, F.; BERNARDI, A. P.; COSTA, N. C. F.; BORTOLUZZI, R. L. C.; MANTOVANI, A. Espécies potenciais para Recuperação de Áreas de Preservação Permanente no Planalto Catarinense. **Floresta e Ambiente**, v. 20, n. 2, p. 173-182, 2013.

FLORIANO, E. P. **Fitossociologia florestal**. São Gabriel: Unipampa, 2009. 144 p.

FREIRE, J. L.; JÚNIOR, J. C. B. D.; LIRA, M. A.; FERREIRA, R. C.; SANTOS, M. V. F.; FREITAS, E. V. Deposição e composição química de serrapilheira em um bosque de sabiá. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 8, p. 1650-1658, 2010.

FREITAS, W. K.; MAGALHÃES, L. M. S. Métodos e parâmetros para estudo da vegetação com ênfase no estrato arbóreo. **Floresta e Ambiente**, v. 19, n. 4, p. 520-540, 2012.

GALETTI, M.; DIRZO, R. Ecological and evolutionary consequences of living in a defaunated world. **Biological Conservation**, v. 163, p. 1–6, 2013.

GANDOLFI, S.; LEITÃO-FILHO, H. F.; BEZERRA, C. L. F. Levantamento florístico e caráter sucessional das espécies arbustivo-arbóreas de uma floresta mesófila semidecídua no município de Guarulhos, SP. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 55, n.4, p. 753-767, 1995.

GOEBEL, P. C.; PREGITZER, K. S.; PALIK, B. J. Influence of Flooding and Landform Properties on Riparian Plant Communities in an Old-Growth Northern Hardwood Watershed. **Wetlands**, v. 32, p. 679–691, 2012.

GONÇALVES, I. S.; DIAS, H. C. T.; MARTINS, S. V.; SOUZA, A. L. Fatores edáficos e as variações florísticas de um trecho de mata ciliar do rio Gualaxo do Norte, Mariana, MG. **Revista Árvore**, v. 35, n. 6, p. 1235-1243, 2011.

GORENSTEIN, M. R. **Métodos de amostragem no levantamento da comunidade arbórea em Floresta Estacional Semidecidual**. 2002. 130 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

GRIME, J. P. Vegetation classification by reference to strategies. **Nature**, v. 250, n. 5461, p. 26-31, 1974.

GUARIGUATA, M.R.; OSTERTAG, R. Neotropical secondary succession: changes in structural and functional characteristics. **Forest Ecology and Management**, v.148, v. 1-3, p. 185-206, 2001.

HANSEN, M. C.; STEHMAN, S. V.; POTAPOV, P. V.; LOVELAND, T. R.; TOWNSHEND, J. R. G.; DEFRIES, R. S.; PITTMAN, K. W.; ARUNARWATI, B.; STOLLE, F.; STEININGER, M. K.; CARROLL, M.; DIMICELI, C. Humid tropical forest clearing from 2000 to 2005 quantified by using multitemporal and multiresolution remotely sensed data. **Proceedings of the National Academy of Sciences USA**, v. 105, p. 9439–9444, 2008.

HIGUCHI, P.; OLIVEIRA FILHO, A.T.; BEBBER, D. P.; BROWN, N. D.; SILVA, A. C. da.; MACHADO, E. L. M. Spatio-temporal patterns of tree community dynamics in a tropical forest fragment in South-east Brazil. **Plant Ecology**, v. 199, n. 1, p. 125-135, 2008.

HIGUCHI, P.; SILVA, A. C.; FERREIRA, T. S.; SOUZA, S. T.; GOMES, J. P.; SILVA, K. M.; SANTOS, K. F.; LINKE, C.; PAULINO, P. S. Influência de variáveis ambientais sobre o padrão estrutural e florístico do componente arbóreo, em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Montana em Lages, SC. **Ciência Florestal**, v. 22, n. 1, p. 79-90, 2012.

HOWE, H. F.; SMALLWOOD, J. Ecology of seed dispersal. **Annual Review Ecology**, v.13, p. 201–228, 1982.

IBGE. **Manual técnico da vegetação brasileira**. RJ: Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 2012. 271 p.

IUCN. **The IUCN Red List of Threatened Species**. Versão 2017.1. Disponível em <<http://www.iucnredlist.org>>. Acesso em: 18/05/2017.

IPNI. **The International Plant Names Index**. Disponível em: <<http://www.ipni.org/index.html>>. Acesso em 04 abr. 2017.

ISERHAGEN, I.; MENEZES-SILVA, S.; GALVÃO, F. **A fitossociologia florestal no Paraná: listagem bibliográfica comentada**. Disponível em <<http://www.ipef.br/servicos/teses/arquivos/isernhagen,i.pdf>>. Acesso em: 10 jul. 2016.

JARDIM, F. C. S.; SERRÃO, D. R.; NEMER, T. C. Efeito de diferentes Tamanhos de clareiras, sobre o crescimento e a mortalidade de espécies arbóreas, em Moju-PA. **Acta Amazônica**, v. 37, n. 1, p. 37-48, 2007.

JARENKOW, J. A.; WAECHTER, J. L. Composição, estrutura e relações florísticas do componente arbóreo de uma floresta estacional no Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 24, n. 3, p. 263-272, 2001.

JENNY, H. **Factors of soil formation**. A System of Quantitative Pedology. New York: McGraw-Hill, 1941. 281 p.

JÖRG, E. A critique for phytosociology. **Journal of Vegetation Science**, v. 14, p.291-296, 2003.

KERN, D. I.; SCHMITZ, J. A. K. Arborização de vinte quarteirões amostrados na região central de Santa Cruz do Sul, RS. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 8, n.3, p. 79-95, 2013.

KLEIN, R. M. Árvores nativas da Floresta Subtropical do Alto Uruguai. **Sellowia**, v. 24, p. 9-62, 1972.

KONTOGIANNIA, A.; SITSONIA, T.; GOUDELISB, G. Index based on silvicultural knowledge for tree stability assessment and improved ecological function in urban ecosystems. **Ecological Engineering**, v.37, p. 914-919, 2011.

KORASAKI, V.; MORAIS, J. W.; BRAGA, R. F. Macrofauna. In: MOREIRA, F. M. S.; CARES, J. E.; ZANETTI, R.; STÜRMER, S. L. (Eds.). **O Ecossistema solo: componentes, relações ecológicas e efeitos na produção vegetal**. Lavras: Ed. UFLA, 2013. p. 119-138.

KULCHETSCKI, L.; CARVALHO, P. E.; KULCHETSCKI, S. S.; RIBAS, L. F. F.; GARDINGO, J. R. Arborização urbana com essências nativas: uma proposta para a região centro-sul brasileira. **Publicatio UEPG: Ciências Exatas e da Terra, Ciências Agrícolas e Engenharia**, v. 12, n. 3, p. 25-32, 2006.

LAU, A. V.; JARDIM, M. A. G. Relação entre banco de sementes e a composição química do solo em uma floresta de várzea. **Biota Amazônia**, v. 4, n. 2, p. 96-101, 2014.

LEGENDRE, P.; LEGENDRE, L. **Numerical ecology**. Second English edition. Amsterdam: Elsevier Science BV, 1988. 839 p.

LINGNER, D. V.; SCHORN, L. A.; SEVEGNANI, L.; GASPER, A. L.; MEYER, L.; VIBRANS, A. C. Floresta Ombrófila Densa de Santa Catarina – Brasil: Agrupamento e ordenação baseados em amostragem sistemática. **Ciência Florestal**, v. 25, n. 4, p. 933-946, 2015.

LOCKE, D. H.; GROVE, J. M.; LU, J. W. T.; TROY, A.; O'NEIL-DUNNE, J. P. M.; BECK, B. D. Prioritizing Preferable Locations for Increasing Urban Tree Canopy in New York City. **Cities and the Environment**, v. 3, n. 1, p 1-18, 2010.

LONGHI, S. J. **Agrupamento e análise fitossociológica de comunidades florestais na sub-bacia hidrográfica do Rio Passo Fundo- RS**. 1997. 198 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1997.

LOUZADA, J.; ZANETTI, R. Bioindicadores de impactos ambientais. In: MOREIRA, F. M. S.; CARES, J. E.; ZANETTI, R.; STÜRMER, S. L. (Eds.). **O ecossistema solo: componentes, relações ecológicas e efeitos na produção vegetal**. Lavras: Ed. UFLA, 2013. p. 139-168.

MAGALHÃES, S. R. **Fatores abióticos condicionantes da distribuição de espécies arbóreas em quatro formações florestais do Estado de São Paulo**. 2016. 146 f. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2016.

MAGNAGO, L. F. S.; ROCHA, M. F.; MEYER, L.; MARTINS, S. V.; MEIRA-NETO, J. A. A. Microclimatic conditions at forest edges have significant impacts on vegetation structure in large Atlantic forest fragments. **Biodiversity Conservation**, v. 24, n. 9, p. 2305–2318, 2015.

MAGURRAN, A. E. **Measuring biological diversity**. Oxford: Blackwell Publishing, 2004. 264 p.

MARANGON, L. C.; SOARES, J. J.; FELICIANO, A. L. P.; LANI, J. L.; MATOS, L. V. Relação entre vegetação e pedoformas na Mata do Paraíso, Município de Viçosa, Minas Gerais. **Revista Árvore**, v. 37, n. 3, p. 441-450, 2013.

MARTINS, F. R.; SANTOS, F. A. M. Técnicas usuais de estimativa da biodiversidade. In: Anais do I Congresso Brasileiro de Conservação e Manejo da Biodiversidade, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto: Universidade Estadual Paulista, 1999.

MATTEUCCI, S. D.; COLMA, A. **Metodologia para el estudio de la vegetation**. Secretaria General de la Organizacion de los Estados Americanos, Washington DC, 1982. 86 p.

MCINTOSH, R. P. (Ed.). **Phytosociology**. Benchmark Papers in Ecology. Stroudsburg: Dowden, Hutchinson & Ross Inc., 1978.

MCKINNEY, M. L. Urbanization as a major cause of biotic homogenization. **Biological Conservation**, v. 127, p. 247–260, 2006.

MELO, A. S. O que ganhamos ‘confundindo’ riqueza de espécies e equabilidade em um índice de diversidade? **Biota Neotropica**, v. 8, n. 3, p. 21-27, 2008.

MESSIAS, M. C. T. B.; LEITE, M. G. P.; MEIRA-NETO, J. A. A.; KOZOVITS, A. R. Fitossociologia de campos rupestres quartzíticos e ferruginosos no Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais. **Acta Botanica Brasilica**, v. 26, n. 1, p. 230-242, 2012.

MEURER, E. J. Fatores que influenciam o crescimento e desenvolvimento das plantas. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V., H. V., BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Ed.). **Fertilidade do solo**. 1ª ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007.

MICHAELIS, J.; PANNEK, A.; DIEKMANN, M. Soil pH limits of forest vascular plants determine range size and threat level. **Journal of Vegetation Science**, v. 27, p. 535-544, 2016.

MISSIO, F. F.; DA SILVA, A. C.; HIGUCHI, P.; LONGHI, S. J.; BRAND, M. A.; D'ANGELO RIOS, P.; DALLA ROSA, A.; BUZZI JUNIOR, F.; BENTO, M. A.;

GONÇALVES, D. A.; LOEBENS, R.; PSCHEIDT, F. Atributos funcionais de espécies arbóreas em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista em Lages - SC. **Ciência Florestal**, v. 27, n. 1, p. 215-224, 2017.

MOREIRA, F. M. S.; CAMPOS, C. R. A. Micro-organismos. In: MOREIRA, F.M.S.; CARES, J. E.; ZANETTI, R.; STÜRMER, S. L. (Eds.). **O ecossistema solo: componentes, relações ecológicas e efeitos na produção vegetal**. Lavras: Ed. UFLA, 2013. P. 201-222.

MORO, M. F.; CASTRO, S. F. C. A check list of plant species in the urban forestry of Fortaleza, Brazil: where are the native species in the country of megadiversity? **Urban Ecosystems**, v. 18, p. 47–71, 2015.

MOSCOVICH, F. A. **Dinâmica de crescimento de uma Floresta Ombrófila Mista em Nova Prata, RS**. 2006. 130 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria – RS, 2006.

MUELLER-DOMBOIS, D; ELLENBERG, H. **Aims and Methods of Vegetation Ecology**. New York: John Wiley & Sons, 1974. 547 p.

NARVAES, I. S.; BRENA, D. A.; LONGHI, S. J. Estrutura da regeneração natural em floresta Ombrófila Mista na Floresta Nacional de São Francisco de Paula, RS. **Ciência Florestal**, v. 15, n. 4, p. 331-342, 2005.

NEGRELLE, R. R. B. Composição e estrutura do componente arbóreo de Mata com Acuri no Pantanal Matogrossense, Brasil. **Ciência Florestal**, v. 26, n. 2, p. 589-600, 2016.

ODUM, E. P. **Fundamentos de Ecologia**. 6. ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2001. 927 p.

OLDFIELD, E. E.; WARREN, R. J.; FELSON¹, A. J.; BRADFORD, M. A. Challenges and future directions in urban afforestation. **Journal of Applied Ecology**, v. 50, p. 1169–1177, 2013.

OLIVEIRA, T. S.; OLIVERIA, E. D. Análise espacial da zona ripária do córrego gleba Cambará, Marumbi-PR. **Ambiência**, v.12, n. 1, p. 147-163, 2016.

OLIVEIRA-FILHO, A. T.; FLUMINHAN-FILHO, M. Ecologia da vegetação do Parque Florestal Quedas do Rio Bonito. **Cerne**, v. 5, n. 2, p. 51-64, 1999.

OLIVEIRA-FILHO, A. T.; VILELA, E. A.; GAVILANES, M. L.; CARVALHO, D. A. Comparison of the woodyflora and soils of six areas of montane semideciduous forest in southern Minas Gerais, Brazil. **Edinburgh Journal of Botany**, v. 51, n. 3, p. 355-389, 1994.

ORIHUELA, R. L. L.; PERES, C. A.; MENDES, G.; JARENKOW, J. A.; TABARELLI, M. Markedly Divergent Tree Assemblage Responses to Tropical Forest Loss and Fragmentation across a Strong Seasonality Gradient. **PLoS ONE**, v. 10, n. 8, p. 1-19, 2015.

OSTEIĆ, S. K.; BOSCH, C. C. K. V. D.; VULETIĆ, D.; STEVANOV, M.; ZIVOJINOVIĆ, D.; CIROVIĆ, S. M.; LAZAREVIĆ, J.; STOJANOVA, B.; BLAGOJEVIĆ, D.; STOJANOVSKA, M.; NEVENIĆ, R.; MALOVRH, S. P. Citizens' perception of and satisfaction with urban forests and green space: Results from selected Southeast European cities. **Urban Forestry; Urban Greening**, v. 23, n. 3, p. 93-103, 2017.

PEET, R. K.; DAVID, W. R. Classification of Natural and Semi-natural Vegetation. In: MAAREL, E. V. D.; FRANKLIN, J. (Ed.). **Vegetation Ecology**, 2. ed. Chichester: Wiley-Blackwell, 2013. p. 28-70.

PEREIRA-SILVA, E. F. L.; SANTOS, J. E.; KAGEYAMA, P. Y.; HARDT, E. Florística e fitossociologia dos estratos arbustivo e arbóreo de um remanescente de cerradão em uma Unidade de Conservação do Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 27, n. 3, p. 533-544, 2004.

PHILLIPS, O. L.; BAKER, T. R.; ARROYO, L.; HIGUCHI, N.; KILLEEN, T.; LAURANCE, W. F.; LEWIS, S. L.; LLOYD, J.; MALHI, Y.; MONTEAGUDO, A.; NEILL, D. A.; NÚÑEZ VARGAS, P.; SILVA, J. N. M.; TERBORGH, J.; VÁSQUEZ MARTÍNEZ, R.; ALEXIADES, M.; ALMEIDA, S.; BROWN, S.; CHAVE, J.; COMISKEY, J. A.; CZIMCZIK, C. I.; DI FIORE, A.; ERWIN, T.; KUEBLER, C.; LAURANCE, S. G.; NASCIMENTO, H. E. M.; OLIVIER, J.; PALACIOS, W.; PATIÑO, S.; PITMAN, N. C. A.; QUESADA, C. A.; SALDIAS, M.; TORRES LEZAMA, A.; VINCETI, B. Pattern and process in Amazon tree turnover, 1976-2001. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences**, v. 359, n. 1443, p. 381-407, 2004.

PIELOU, E. C. **Ecological Diversity**. New York: John Wiley & Sons, 1975. 165 p.

PINTO, S. I. C.; MARTINS, S. V.; BARROS, N. F.; DIAS, H. C. T.; HUNZ, S. H. Influence of environmental variables on the shrub and tree species distribution in two Semi-deciduous Forest sites in Viçosa, Minas Gerais, Brazil. **Revista de Biología Tropical**, v. 56, n. 3, p. 1557-1569, 2008.

PIROLI, E. L.; NASCIMENTO, A. R. T. Análise florística e estrutura fitossociológica de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista no município de Sertão - RS. **Ambiência**, v. 4 n. 1, 2008.

POGGIANI, F. Ciclagem de nutrientes em Florestas do Brasil. In: MARTINS, S. V. (Org). **Ecologia de Florestas Tropicais no Brasil**. Viçosa: UFV, 2012. p. 371

POORTER, L.; BONGERS, F.; AIDE, T. M.; ZAMBRANO, A. M. A; BALVANERA, P.; BECKNELL, J. M.; BOUKILI, V.; BRANCALION, P. H. S.; BROADBENT, E. N.; CHAZDON, R. L.; CRAVEN, D.; ALMEIDA-CORTEZ, J.; CABRAL, G. A. L.; JONG; B. H. J.; DENSLOW, J. S.; DENT, D. H.; DEWALT, S. J.; DUPUY, J. M.; DURÁN, S. M.; ESPÍRITO-SANTO, M. M.; FANDINO, M.C.; CÉSAR, R. G.; HALL, J. S.; HERNANDEZ-STEFANONI, J. L.; JAKOVAC, C. C.; JUNQUEIRA, A. B.; KENNARD, D.; LETCHER, S. G.; LICONA, J. C.; LOHBECK, M.; MARÍN-SPIOTTA, E.; MARTINEZ-RAMOS, M.; MASSOCA, P.; MEAVE, J. A.; MORA, F.; MUNOZ, R.; MUSCARELLA, R.; NUNES, Y R. F.; OCHOA-GAONA, S.; MESQUITA, R.; OLIVEIRA, A. A.; ORIHUELA-BELMONTE, E.; PEÑA-CLAROS, M; PÉREZ-GARCÍA, E. A.; PIOTTO, D.; POWERS, J. S.; RODRÍGUEZ-VELÁZQUEZ, J.; ROMERO-PÉREZ, E.; RUÍZ, J.; SALDARRIAGA, J.G.; SANCHEZ-AZOFEIFA, A.; SCHWARTZ, N. B.; STEININGER, M. K.; SWENSON, N. G.; TOLEDO, M.; URIARTE, M.; BREUGEL, M. V.; WAL, H. V. D.; VELOSO, M. D. M.; VESTER, H. F. M.; VICENTINI, A.; VIEIRA, I. C. G.; BENTOS, T. V.; WILLIAMSON, G. B.; ROZENDAAL, D. M. A. Biomass resilience of Neotropical secondary forests. **Nature**, v. 530, n. 7589, p. 211-225, 2016.

PORTO, M. L. **Comunidades Vegetais e Fitossociologia**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2008. 240 p.

POSSETTE, R. F. S.; MIKICH, S. B.; HATSCHBACH, G. G.; RIBAS, O. S.; LIEBSCH, D. Floristic composition and dispersal syndromes in Araucaria Forest remnants in the municipality of Colombo, Paraná state, Brazil. **Check List**, v. 11, n. 5, 2015.

PRICHTETT, W. L.; FISHER, R. **Properties and management of forest soil**. 2. ed. Nova York: John Wiley & Sons, 1987. 488 p.

RAMBO, B. **A fisionomia do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Livraria Selbach, 1956. 456 p.

RATTER, J. A.; BRIDGEWATER, S.; RIBEIRO, J. F. Espécies lenhosas da fitofisionomia cerrado sentido amplo em 170 localidades do bioma Cerrado. **Boletim do Herbário Ezechias Paulo Heringer**, v. 7 p. 5-112, 2001.

REFLORA. **Flora do Brasil 2020 em construção**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>>. Acesso em: 27 Abril 2017.

REID, J. L.; HOLSTE, E. K.; ZAHAWI, R. A. Artificial bat roosts did not accelerate forest regeneration in abandoned pastures in southern Costa Rica. **Biological Conservation**, v. 167, p. 9-16, 2013.

RESENDE, M.; LANI, J. L.; RESENDE, S. B. Pedossistemas da Mata Atlântica: considerações pertinentes sobre a sustentabilidade. **Revista Árvore**, v. 26, n. 3, p.161-269, 2002.

RESENDE, V. L.; EISENLOHR, P. V.; VIBRANS, A. C.; OLIVEIRA-FILHO, A. T. Humidity, low temperature extremes, and space influence floristic variation across an insightful gradient in the Subtropical Atlantic Forest. **Plant Ecology**, v. 216, n. 6, p. 759–774, 2015.

RIBEIRO, M. C.; METZGER, J. P.; MARTENSEN, A. C.; PONZONI, F. J.; HIROTA, M. M. The Brazilian Atlantic Forest: how much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. **Biological Conservation**, v. 142, n. 6, p.1141–1153, 2009.

RIBEIRO, S. B. **Classificação e ordenação da comunidade arbórea da Floresta Ombrófila Mista da FLONA de São Francisco de Paula, RS**. 2004. 181f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, 2004.

RIO GRANDE DO SUL. Secretaria Estadual do Meio Ambiente. Departamento de Florestas e Áreas Protegidas. **Diretrizes ambientais para restauração de matas ciliares**. Porto Alegre: SEMA, 2007. 33 p.

RIO GRANDE DO SUL. Decreto N. 52.109 de 19 de dezembro de 2014. Declara as espécies da flora nativa ameaçadas de extinção no Estado do Rio Grande do Sul. **Diário Oficial**, Porto Alegre, 02 de dezembro de 2014.

RIOS, R. C.; GALVÃO, F.; CURCIO, G. R. Estructura de las principales especies arbóreas em el Parque Cruce Caballero y su similitud florística con áreas de Argentina y de Brasil. **Ciência Florestal**, v. 20, n. 2, p. 193-206, 2010.

ROCHA-SANTOS, L.; PESSOA, M. S.; TALORA, D. C.; MARIANO-NETO, E.; MORANTE-FILHO, J. C.; FARIA, D.; CAZETTA, E. The shrinkage of a forest: Landscape-scale deforestation leading to overall changes in local forest structure. **Biological Conservation**, v. 196, p. 1-9, 2016.

ROY, S.; BYRNE, J.; PICKERING, C. A systematic quantitative review of urban tree benefits, costs and assessment methods across cities in different climatic zones. **Urban Forestry; Urban Greening**, v. 11, n. 4, p. 351–363, 2012.

SADIA, S.; ZHANG, J.; SHEAYI, A. A.; TARIQ, A.; CAO, K. Tools and techniques in plant ecology – A review. **Journal of Environmental and Agricultural Sciences**, v. 7, p. 35-41, 2016.

SALAMI, B.; HIGUCHI, P.; SILVA, A.C.; FERREIRA, T. S.; MARCON, A. K.; JÚNIOR, F. B.; BENTO, M. A. Influência de variáveis ambientais na dinâmica do componente arbóreo em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista em Lages, SC. **Scientia Forestalis**, v.42, n. 102, p. 197-207, 2014.

SANTOS, L. B.; GUERRA, A. J. T. Influência da estrutura florestal nas características físico-químicas do solo e no estoque de serapilheira. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 8, n. 3, p. 867-880, 2015.

SANTOS, A. R.; ROCHA, C. F. D.; BERGALLO, H. G. Native and exotic species in the urban landscape of the city of Rio de Janeiro, Brazil: density, richness and arboreal deficit. **Urban Ecosystem**, v. 13, n. 1, p. 209-222, 2010.

SAPORETTI JUNIOR, A.; MEIRA NETO, J.A.; ALMADO, R.P. Fitossociologia de cerrado *sensu stricto* no município de Abaeté, MG. **Árvore**, v. 27, n. 3, p. 413-419, 2003.

SCHILLING, A. C.; BATISTA, J. L. F. Curva de acumulação de espécies e suficiência amostral em florestas tropicais. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 31, n. 1, p. 179-187, 2008.

SCIPIONI, M. C.; LONGHI, S. J.; REINERT, D. J.; ARAÚJO, M. M.; PEDRON, F. A. Distribuição do compartimento arbóreo em gradiente de relevo e solos na encosta Meridional da Serra Geral, RS. **Ciência Rural**, v. 40, n. 6, p. 1295-1301, 2010.

SILVA, A. C.; BERG, E. V. D.; HIGUCHI, P.; NUNES, M. H. Dinâmica de uma comunidade arbórea após enchente em fragmentos florestais no sul de Minas Gerais. **Revista Árvore**, v. 35, n. 4, p. 883- 893, 2011.

SLAVIERO, L. B., BUDKE, J. C.; CANSIAN, R. L. As Florestas do Parque Natural Municipal de Serão. In: Tedesco, C.D.; Zanella, N. (Org.). **Parque Natural Municipal de Serão**. Passo Fundo: Editora Universidade de Passo Fundo, 2014. p.41-68.

SOBRAL, M.; JARENKOW, J. A.; BRACK, P.; IRGANG, B.; LAROCCA, J.; RODRIGUES, R. S. **Flora arbórea e arborecente do Rio Grande do Sul, Brasil**. São Carlos: Rima/Novo Ambiente, 2013. 350 p.

SOUZA, G. F.; TÉO, S. J.; GUARESCHI, D. G. Phytosociology of a fragment of araucaria moist forest, Irani, SC, Brazil. **Nativa**, v. 4, n. 3, p. 150-155, 2016.

SPELLERBERG, I. F.; FEDOR, P. J. A tribute to Claude Shannon (1916–2001) and a plea for more rigorous use of species richness, species diversity and the ‘Shannon–Wiener’ Index. **Global ecology and biogeography**, v. 12, n. 3, p. 177-179, 2003.

STRAUSS, T.; VON MALTITZ, M. J. Generalising Ward’s Method for Use with Manhattan Distances. **PLoS ONE**, v. 12, n. 1, p. 1-12, 2017.

STRECK, E. V.; KÄMPF, N.; DALMOLIN, R. S. D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P. C.; SCHNEIDER, P.; GIASSON, E.; PINTO L. F. S. **Solos do Rio Grande do Sul**. 2. ed. Porto Alegre: Emater/RS, 2008. 222 p.

TABARELLI, M.; PERES, C. A. Abiotic and vertebrate seed dispersal in the Brazilian Atlantic forest: implications for forest regeneration. **Biological Conservation**, v. 106, n. 2, p. 165-176, 2002.

TURCHETTO, F.; ARAUJO, M. M.; CALLEGARO, R. M.; GRIEBELER, A. M.; MEZZOMO, J. C.; BERGHETTI, A. L. P.; RORATO, D. G. Phytosociology as a tool for forest restoration: a study case in the extreme South of Atlantic Forest Biome. **Biodiversity and Conservation**, v. 26, n. 6, p. 1463-1480, 2017.

UNEP – **United Nations Environment Programme**, 2016. Disponível em <<http://www.unep.org/forests/AboutForests/tabid/29845/Default.aspx>>. Acesso em 07 jul. 2016.

VELASCO, G. D. N.; LIMA, A. M. L. P.; COUTO, H. T. Z. Análise comparativa dos custos de diferentes redes de distribuição de energia elétrica no contexto da arborização urbana. **Revista Árvore**, v. 30, n. 4, p. 679-686, 2006.

VELOSO, H. P.; MOURA, J. V.; KLEIN, R. M. Delimitação ecológica dos anofelíneos do subgênero *Kerteszia* na região costeira do sul do Brasil. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, n. 54, v. 3, p. 517-542, 1956.

VIEIRA, S. A. **Mudanças globais e taxa de crescimento arbóreo na Amazônia**. 2003. 133 f. Tese (Doutorado em Ciências) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

WALTER, B. M. T.; GUARINO, E. S. G. Comparação do método de parcelas com o levantamento rápido para amostragem de vegetação arbórea do Cerrado sentido restrito. **Acta Botânica Brasileira**, v. 20, n. 2, p. 285-297, 2006.

WARMING, E. **Ecology of plants: an introduction to the study of plant-communities**. Oxford : Clarendon Press, 1909. 422 p.

WEBER, H. E.; MORAVEC, J.; THEURILLAT, J. P. International Code of Phytosociological Nomenclature. 3rd edition. **Journal of Vegetation Science**, v. 11, n. 5, p. 739-768, 2009.

WHITMORE, T. C. Tropical rain forest dynamics and its implications for management. In: **Rain forest regeneration and management** (GÓMEZ-POMPA, A.; WHITMORE, T. C.; HADLEY, M. (Ed.)). Paris: UNESCO & Parthenon Publishing Group, 1991.

WOODELL, S. R. J. Phytosociology. **Ecology**, v. 60, n. 5, p. 1079-1080, 1979.

YOUNG, K. R.; EWEL, J. J.; BROWN, B. J. Seed dynamincs during forest succession in Costa Rica. **Vegetatio**, v.71, n. 3, p. 157-163, 1987.

ZANELLA, N.; PAULA, A.; GUARAGNI, S. A.; MACHADO, L. S. Herpetofauna of the Parque Natural Municipal de Sertão, Rio Grande do Sul, Brazil. **Biota Neotropica**, v. 13, n. 4, p.290-298, 2013.

ZAR, J. H. **Biostatistical analysis**. 5. ed. New Jersey: Prentice Hall, 2010. 944 p.

APÊNDICES

Apêndice I – “Phytosociology and soil attributes in an Araucaria Forest in Southern Brazil” – Artigo aceito para publicação na Acta Horticulturae

Phytosociology and soil attributes in an Araucaria Forest in Southern Brazil

R. V. Aguiar^{1,a}, C. Petry², E. Scolari¹, G. Lima¹ and E. C. Bortoluzzi²

¹Federal Institute of Education, Science and Technology of Rio Grande do Sul, Sertão, Brazil; ²University of Passo Fundo, Graduate Program in Agronomy from the University of Passo Fundo - Rio Grande do Sul, Brazil.

^a roberto.aguiar@sertao.ifrs.edu.br

Abstract

In the southern area of S. America the natural forests are widespread ecosystems. However, currently there are only small remnants remain. Knowledge about the species diversity and relationships between forest species and their environment provide important information on the functioning of these ecosystems. This study aimed to analyze phytosociologically the tree component of an Araucaria forest fragment, determining the main phytosociological indicators, and correlate soil attributes with species abundance and distribution. The study site, Parque Natural Municipal de Sertão, located in S. Brazil, is a conservation unit 570 ha, and it is mainly consists of an Araucaria Forest, part of the Atlantic Forest biome. The methodology employed consisted of sampling 90 plots of 10 x 10 m, totalizing 9,000 m² of area. All individuals with DBH (diameter at breast height) larger than 5 cm were identified and measured. Chemical analysis of soil was carried out on the first 10 plots, to check the normality of the data. The Pearson Correlation Coefficient was used to correlate species with more than five individuals with soil data. 88 tree species, belonging to 33 botanical families, with a total of 1.411 individuals were identified. Shannon diversity index (H') for species was 3.496 (nats) and evenness (J') was 0.771. The species with the highest Importance Value Index (IVI) were *Nectandra megapotamica*, *Allophylus edulis*, *Araucaria angustifolia*, *Matayba elaeagnoides*, *Prunus myrtifolia*, *Cupania vernalis*, *Ilex brevicuspis* and *Casearia decandra*. The families with the highest number of individuals were Sapindaceae (391) and Lauraceae (198). Soil potassium showed a significant positive correlation with three species (*Capsicodendron dinisii*, *P. myrtifolia* and *Sebastiania commersoniana*), and can be considered the most influential variable for the species distribution in this study.

Keywords: *Araucaria angustifolia*, *Nectandra megapotamica*, *Allophylus edulis*, Potassium, tree component

INTRODUCTION

Brazil is one of the countries with greatest biodiversity. Understanding of the composition of this diversity is fundamental for its conservation. Within this context, the forest formations are important, since there are diverse communities with unique ecosystems. The lack of thorough knowledge of the ecosystem in a region often have led to the extinction of commercially important species (Aguiar, 2009).

The climatic characteristics in southern of Brazil constitute a favorable situation for the development of forests, although it has been estimated that only 60% of the original cover was made up of forests (Jarenkow and Waechter, 2001). The forest formations that occur in southern of Brazil can be classified into mesophytic forests and rainforests, and areas with pioneer formations and sandbanks, characterized according to the floristic-

physiognomic variations of each region (IBGE, 2012). Currently, cattle pastures and cropland dominate the landscape, which was once a continuous area of Araucaria Forest (Orihuela et al., 2015). This study aimed to analyze the phytosociological tree components of Araucaria forest fragment located in Southern Brazil, determining the main phytosociological indicators, and to correlate soil attributes with the species abundance and distribution.

MATERIALS AND METHODS

The study site, Parque Natural Municipal de Sertão, located in S. Brazil, is a conservation unit 570 ha, and it is mainly consists of an Araucaria Forest, part of the Atlantic Forest biome. The phytosociological inventory was made through the plot method (Mueller-Dombois and Ellenberg, 1974). The area was divided into three blocks, totaling 90 sampling plots of 10 x 10 m. All individuals with perimeter at breast height (PAP) \geq 15 cm were measured. Their perimeters were measure with metric tape. The species followed the nomenclature proposed by Species List Flora of Brazil (JBRJ, 2016) and The International Plant Names Index (2016), the families were grouped as APG III (2009). We used an auger to collect soil samples. Each sample unit were comprised of five subsamples and mixed. Organic matter, Phosphorus, Aluminum, Potassium, Calcium, Magnesium, Copper, Zinc, Manganese and Iron beyond base saturation were all attributes measured.

For the data analysis the phytosociology was described as relative density, relative dominance, relative frequency, importance value index (IV) and coverage values (CV). To verify the data normality the Shapiro-Wilk test were used and the Pearson correlation coefficient in order to evaluate the correlation of soil attributes and abundance of species.

RESULTS AND DISCUSSION

We identified 88 tree species belonging to 33 botanical families, a total of 1411 individuals. The Shannon diversity index (H') for the species was 3,496 (nats) and evenness (J') of evenness was 0.771. The species with the highest importance values (IV) were *Nectandra megapotamica*, *Allophylus edulis*, *Araucaria angustifolia*, *Matayba elaeagnoides*, *Prunus myrtifolia*, *Cupania vernalis*, *Ilex brevicuspis* and *Casearia decandra* (Table 1). These species also had the highest number of individuals sampled, and all were cited for Araucaria Forest (Sobral et al., 2013). These results are consistent with those found in other studies in the same place (Piroli and Nascimento, 2008; Slaviero et al., 2014.). The density of individuals found was similar to other studies in and an Araucaria Forest in Southern Brazil (Callegaro and Longhi, 2013).

Families with the largest number of individuals were Sapindaceae (391), Lauraceae (198), Myrtaceae (122), Rubiaceae (117) and Salicaceae (111) (Figure 1). In number of species Myrtaceae and Lauraceae families had respectively 15 and 7 species each, being the most representative; similar results in other surveys in Araucaria Forest (Callegaro and Longhi, 2013; Possete et al., 2015).

The results for soil attributes and tree species correlation showed that organic matter, calcium and manganese attributes were not correlated with species distribution. Other attributes correlated with at least one species. Potassium was the variable that showed the greatest association in the distribution of species, with significant correlation with *Capsicodendron dinisii*, *Prunus myrtifolia* and *Sebastiania commersoniana*. *Trichilia elegans* and *Prunus myrtifolia* species showed significant correlation with more attributes of soil than other species (Table 2). Potassium, as other local environmental factors, has association with the distribution and diversity of tree species of Araucaria Forest (Budke et al., 2006).

Table 1. Main tree species in order of importance values (IV) in Araucaria Forest in Southern Brazil (NI = number of individuals; DR = relative density; FR = relative frequency; DoR = relative dominance).

Species	NI	DR	FR	DoR	IV
<i>Nectandra megapotamica</i> Mez	127	9.00	1.348	9.00	30.66
<i>Allophylus edulis</i> (A. ST.-HIL. Et al.) Heiron. Ex Niederl.	232	16.44	2.635	9.28	30.21
<i>Araucaria angustifolia</i> (Bertol.) Kuntze	38	2.69	0.793	3.88	27.85
<i>Matayba elaeagnoides</i> Radlk.	72	5.10	1.041	5.96	19.15
<i>Cupania vernalis</i> Cambess.	68	4.82	1.042	5.54	16.26
<i>Prunus myrtifolia</i> (L.) Urb.	43	3.05	0.939	3.46	14.32
<i>Ilex brevicuspis</i> Reissek	25	1.77	0.600	2.91	12.54
<i>Casearia decandra</i> Jacq.	51	3.61	1.255	3.88	8.53
<i>Pilocarpus pennatifolius</i> Lem.	57	4.04	1.426	2.91	7.38
<i>Ocotea pulchella</i> (Nees) Mez	14	0.99	0.394	1.80	6.99

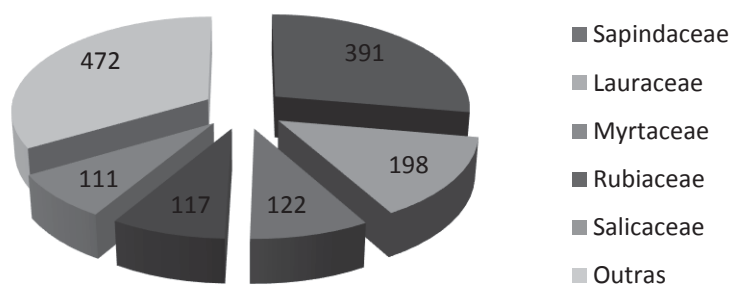


Figure 1: Number of individuals per families (Aguiar et al., 2015).

Table 2. Pearson correlation coefficient^{1,2} between soil attributes and species with the greatest number of individuals in Araucaria Forest in Southern Brazil.

Species	Soil attributes							
	P	K	Al	Mg	BS ³	Cu	Zn	Fe
<i>Araucaria angustifolia</i>	ns	ns	ns	ns	ns	0.005	0.036	ns
<i>Capsicodendron dinisii</i>	ns	0.044	ns	ns	ns	ns	ns	0.022
<i>Nectandra megapotamica</i>	ns	ns	ns	0.007	0.024	ns	ns	ns
<i>Prunus myrtifolia</i>	0.0	0.000	ns	ns	ns	ns	ns	0.014
<i>Sebastiania commersoniana</i>	ns	0.041	ns	ns	ns	ns	ns	ns
<i>Trichilia elegans</i>	ns	ns	0.029	0.024	0.024	ns	ns	ns

¹ p-value significant (p<0,05); ² ns - not significant; ³ Base saturation.

CONCLUSIONS

The species with the highest importance values in phytosociological study were *Nectandra megapotamica*, *Allophylus edulis*, *Araucaria angustifolia*, *Matayba elaeagnoides* and *Cupania vernalis*, all of which are cited for an Araucaria Forest. The amount of potassium on the soil was significantly correlated with three species, and can be considered the most association attribute for the distribution of species in this study. Correlation between all the soil attributes from sampling units and the number of species may confirm this trend.

ACKNOWLEDGEMENTS

First author want to thanks Capes the scientific scholarship PROSUP and the Instituto Federal do Rio Grande do Sul – *Campus Sertão* to the logistical support. Thanks to MCTI/MAPA/MDA/MEC/MPA/CNPq (call 81-2013) for resources to agroecology project/NEA-UPF. E.C.B. author thanks to CNPq to the fellowship accorded.

Literature cited

APG III The Angiosperm Phylogeny Group (2009). An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. Bot. J. Linn. Soc., 161, 105-121 <http://dx.doi.org/10.1111/j.1095-8339.2009.00996.x>.

Aguiar, R.V. (2009). Estrutura, variáveis ambientais e conservação de espécies florestais em uma área de transição entre formações florestais no Sul do Brasil. Programa de Pós Graduação em Ecologia, URI, Erechim, pp.109.

Aguiar, R.V., Scolari, E.T., Lima, G., Rosa, J.M., and Petry, C. (2015). Levantamento fitossociológico e variáveis de solo em uma área de Floresta Ombrófila Mista no Sul do Brasil. Paper presented at: XII Congresso de Ecologia do Brasil (São Lourenço, Minas Gerais: Sociedade de Ecologia do Brasil).

Budke, J.C., Jarenkow, J.A., and Oliveira-Filho, A.T. (2006). Relationships between tree component structure, topography and soils of a riverside forest, Rio Botucaraí, Southern Brazil. Plant Ecol., 189(2), 187–200 <http://dx.doi.org/10.1007/s11258-006-9174-8>.

Callegaro, R., and Longhi, S. (2013). Grupos florísticos em uma Floresta Ombrófila Mista, Nova Prata, RS, Brasil. Braz. J. Agric. Sci. 8 (4), 641-647 <http://dx.doi.org/10.5039/agraria.v8i4a2877>.

IBGE. (2012). *Manual técnico da vegetação brasileira*. RJ: Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. pp.271.

Jarenkow, J.A., and Waechter, J.L. (2001). Composição, estrutura e relações florísticas do componente arbóreo de uma floresta estacional no Rio Grande do Sul, Brasil. Braz. J. Bot. 24 (3): 263-272 <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-84042001000300004>.

JBRJ. (2016). *Lista de Espécies da Flora do Brasil*. Rio de Janeiro: Jardim Botânico do Rio de Janeiro <http://floradobrasil.jbrj.gov.br>.

Mueller-Dombois, D., and Ellenberg, H. (1974). Aims and methods of vegetation ecology (New York: John Wiley e Sons), pp. 574.

Orihuela, R.L.L., Peres, C.A., Mendes, G., Jarenkow, J.A., and Tabarelli, M. (2015). Markedly Divergent Tree Assemblage Responses to Tropical Forest Loss and Fragmentation across a Strong Seasonality Gradient. PLoS One 10 (8), 1-19 <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0136018>.

Pirolí, E.L., and Nascimento, A.R.T. (2008). Análise florística e estrutura fitossociológica de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista no município de Sertão - RS. *Ambiência*, V.4 n.1.

Possete, R.F.S. Mikich, S., Hatschbach, G., Ribas, O., and Liebsch, D. (2015). Floristic composition and dispersal syndromes in Araucaria Forest remnants in the municipality of Colombo, Paraná state, Brazil. Check List 11 (5), 1771 <http://dx.doi.org/10.15560/11.5.1771>.

Slaviero, L.B., Budke, J.C., and Cansian, R.L. (2014). As Florestas do Parque Natural Municipal de Serão. In: Tedesco, C.D., and Zanella, N. (ORGs.). Parque Natural Municipal de Sertão. Passo Fundo : Editora Universidade de Passo Fundo – UPF, p.41-68.

Sobral, M., Jarenkow, J A., Brack, P., Irgang, B., Larocca, J., and Rodrigues, R. S. (2013). *Flora arbórea e arborescente do Rio Grande do Sul, Brasil*. São Carlos: Rima/Novo Ambiente, 350 p.

The International Plant Names Index (2016). <http://www.ipni.org/index.html>.



PPGAgro

Programa de Pós-Graduação em Agronomia

Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária - FAMV