

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

VINICIUS MARCILIO DA SILVA

A FACILITAÇÃO DURANTE A EXPANSÃO FLORESTAL SOBRE CAMPOS NO
PARANÁ

CURITIBA

2013

VINICIUS MARCILIO DA SILVA

A FACILITAÇÃO DURANTE A EXPANSÃO FLORESTAL SOBRE CAMPOS NO
PARANÁ

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Ecologia e Conservação, junto ao Curso de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação, Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Dra. Valéria C. Muschner
Co-orientador: Dra. Márcia C. M. Marques

CURITIBA

2013

*A Gerson Rodrigues da Silva e Salete Cecilia Marcilio da Silva,
minha eterna gratidão.*

AGRADECIMENTOS

Impossível um homem fazer um bom trabalho sozinho, e se o fizer, o faz sem a graça. Por isso quero agradecer a todos as pessoas que me ajudaram neste estudo.

Aos meus amados pais Gerson R. da Silva e Salete C.M. da Silva, pelo amor incondicional, pelo sustento até aqui, pelo apoio nas decisões e nos momentos conturbados. Agradeço por sempre serem esses pais maravilhosos que me fizeram quem sou.

À minha amada Julia Lopes Henke, pelo apoio, carinho, afeto e amor, mesmo nos momentos em que eu não merecia. Sua bondade, meiguice e confiança me inspiram, me tornam alguém melhor. Feliz por dividir esse momento especial com alguém especial como você.

À minha Orientadora, Prof^a. Dra. Valéria Cunha Muschner, a minha gratidão pela confiança que em mim depositou ao aceitar me orientar e no decorrer de todo o trabalho. Sua amizade, seu sempre sorriso e seu otimismo, me ajudaram a enfrentar os momentos difíceis.

À minha co-orientadora, orientadora, amiga, Prof^a. Dra. Márcia C. M. Marques, pelo companheirismo, bondade, amizade, disponibilidade, profissionalismo, ética e contribuição em mais este trabalho que fazemos em parceria. O espaço é curto para minha imensa gratidão de todos esses anos de graduação e pós-graduação. Aprendi muito mais que Ecologia com você. Espero que esta parceria só aumente, bem como o numero de churrascos!

Aos professores que gentilmente aceitaram o convite para participar da banca examinadora, Prof. Dr. Flávio A. M. do Santos, Dr. Pedro Cavalin e Prof. Dr. André Andrian Padial, pelas valiosas contribuições ao trabalho.

Aos amigos, Ricardo A. Camargo e Pedro Cavalin, pela parceria e companheirismo: sem vocês, literalmente, seria impossível a concretização deste trabalho.

A todos companheiros do LEV (Laboratório de Ecologia Vegetal), com os quais é muito gratificante trabalhar. Dani (Daniele Moraes) pelas identificações dos *Baccharis*; Fabiano Maia pelo mapa e pelas “melasto”; Carolina Shimamoto e Fer Fer (Fernanda Fernandes), a dupla dinâmica pela alegria e companheirismo; Jana

M. Souza, Aline Danieli Silva, Fernanda Cardoso, Victor P. Zwiener, Márcia Malanotte, Bianca Warring, Luana Rodrigues, a todos, pela amizade, carinho, discussões, café, paciência, e por tornarem nossos dias de trabalho muito melhores e agradáveis.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação, da Universidade Federal do Paraná, por tornar possível a realização de meu Mestrado. Aos professores, pelas disciplinas ministradas durante o Mestrado, e que contribuíram grandemente para a minha formação.

As colegas da Botânica Duane Fernandes e Monica Bolson pela ajuda na identificação das plantas coletadas.

Aos meus colegas da Biologia e do mestrado, pelas discussões e distrações, ambas necessárias para um bom trabalho.

Aos meus queridos amigos, irmãos da vida, Carlos Rosa, João Paulo Ruiz, Diogo Teixeira, Alberto Peroza, Jonathan Schmidt, Edson Moura, Asaph Eleutério, Valéria Zimmermann, e a tantos outros e por tantas coisas.

À Prof^a. Dra. Marta Regina Barrotto do Carmo (UEPG) e equipe pela ajuda crucial na identificação das plantas coletadas, e pelo companheirismo em geral.

À Prof^a. Dra. Rosemeri Segecin Moro (UEPG) pela simpatia e grande ajuda ao disponibilizar os dados de seu livro, muito utilizados e de grande importância no presente trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa concedida.

A rede de pesquisa “Biodiversidade dos campos e dos ecótonos campo-floresta no sul do Brasil: bases ecológicas para sua conservação e uso sustentável” (SISBIOTA), pela ajuda no custeio das viagens ao campo.

Ao Instituto Ambiental do Paraná (IAP) pela licença de pesquisa e coleta concedidas para o trabalho de campo nos Parques Estaduais do Guartelá e Vila Velha. Ao Cristóvam S. Quiroz, gerente do Parque Estadual do Guartelá, e demais funcionários do IAP, pelo profissionalismo, disposição, compreensão, e presteza.

Aos belíssimos Campos Gerais do Paraná, paisagem que desde muito cedo me inspira e encanta.

A todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram com o trabalho,

Muito obrigado!!!

*“Quando o vento da mudança sopra forte, alguns constroem muralhas,
outros constroem moinhos.”*

Provérbio Chinês

RESUMO

Nos Campos Gerais do Paraná, encontram-se extensas regiões de mosaico entre campo e floresta. Nessa região há o encontro do limite Sul do Cerrado e do limite Norte dos Campos Sulinos, além da Floresta com Araucária e a Floresta Estacional Semidecidual, gerando mosaicos de distintas fisionomias vegetais. Análises palinológicas e modelos de predição de vegetação em grande escala indicam uma tendência das florestas expandirem sobre os campos nessa região. Tal expansão pode se dar pelas bordas florestais ou pela colonização de espécies florestais sobre a matriz campestre. Nesta ocupação dos campos, as espécies florestais sofrem grande estresse, o qual pode ser atenuado pelo sombreamento promovido por plantas isoladas – *nurse plants* – num processo chamado facilitação. No presente estudo avaliamos a facilitação por espécies lenhosas na expansão florestal sobre campos, em uma região de ecótono entre Campo Sulino, associado à Floresta com Araucária e Cerrado, no Sul do Brasil. Comparamos o processo em dois parques estaduais que diferem no contexto fitogeográfico: Parque Estadual Guartelá (PEG), com maior influência de flora do Cerrado e Parque Estadual de Vila Velha (PEVV) com menor influência desta formação. Para avaliar o processo de facilitação na expansão das florestas sobre os campos, percorremos os dois parques e, em locais de ocorrência de campos associados a capões de florestas, estabelecemos transecções de 80m (quatro em cada parque), aproximadamente paralelas à borda dos capões e avaliamos a expansão da floresta sobre o campo a partir de plantas facilitadoras e em manchas florestais. Houve uma menor porcentagem de cobertura de espécies campestres sob a copa dos indivíduos facilitadores, em comparação às áreas de campo associadas. Além disso, esses indivíduos apresentaram maiores abundância e riqueza de plantas lenhosas recrutadas sob suas copas, comparado com os campos. Encontramos 35 espécies lenhosas facilitadoras, sendo cinco dessas comuns aos dois parques, 15 exclusivas do PEG e 15 exclusivas no PEVV. Nas manchas florestais encontramos sete espécies de plantas nucleadoras no PEG e 13 no PEVV, sendo duas comuns aos dois. Os dois parques também diferiram na porcentagem de grupos de ocorrência de espécies; grupos típicos de Cerrado foram mais abundantes no PEG enquanto grupos florestais foram mais abundantes no PEVV. Evidenciamos, para os dois parques, o papel da facilitação na expansão florestal e concluímos que áreas com influências de floras distintas apresentam diferenças nos potenciais de facilitação e na estruturação inicial dos núcleos florestais. Desta forma, a expansão florestal sobre os campos no Sul do Brasil através da facilitação é um processo dependente da influência do *pool* de espécies de cada região.

Palavras-chave: recrutamento, nucleação, potencial de facilitação, Campos Sulinos, Floresta com Araucária, Cerrado

ABSTRACT

The Campos Gerais region are extensive areas of mosaic between grassland and forest in Southern Brazil. In this region the Southern limit of the Cerrado and the Northern limit of the Campos Sulinos, beyond the Araucaria Forest and Semideciduous Forest, create mosaics of different vegetation physiognomies. Pollen analysis and large-scale prediction models indicate that forests trend to expand over the grasslands in this region. Such expansion is given by forest edges or colonization by forest species on the grassland matrix. For this occupation, forest species suffer great stress, which can be mitigated by the shading promoted by isolated plants - nurse plants - in a process of facilitation. In the present study we investigated the facilitation by woody species in forest expansion over grasslands in a grassland-forest - Cerrado ecotone, in Southern Brazil. We compared the process in two state parks that differ in fitogeographic context: Guartelá State Park (PEG), with greater influence of the Cerrado flora and Vila Velha State Park (PEVV) less influenced by Cerrado. To evaluate the facilitation we established transects of 80m (4 in each park) in grasslands areas associated with forest patches and evaluate recruits below nurse plants and in open grassland. There was lower coverage of grassland species under the canopy of nurse plants, compared to associated grasslands. In addition, these nurses had higher abundance and species richness of woody plants recruited under their canopies compared with the grasslands areas. We found 35 species of woody nurse plants, 5 of these being common to both parks, 15 exclusive to PEG and 15 exclusive to PEVV. In the PEG forest patches we found 7 nurse species and 13 in PEVV, 2 common to both. Parks also differed in the percentage of groups of species considering their occurrence. Typical Cerrado species were more abundant in PEG while forestry species were more abundant in PEVV. We showed, for the two parks, the role of facilitation in forest expansion and concluded that areas with influences from different floras differ in the potential of facilitating and in structuring of initial forests patches. Thus, forest expansion over grasslands in Southern Brazil by facilitating is a process dependent of the species pool in each region.

Key-words: recruitment, nucleation, facilitation potential, Campos Sulinos, Araucaria Forest, Cerrado

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1** Comparação dos tipos de agrupamento de plantas amostrados no Parque Estadual do Guartelá (PEG) e do Parque Estadual de Vila Velha (PEVV), sul do Brasil. NS = diferença não significativa ($P > 0,05$).....25
- Tabela 2** Relação ente (a) abundância e (b) riqueza de plantas recrutadas, com o primeiro eixo da ordenação das plantas facilitadoras por seus atributos, para o Parque Estadual de Vila Velha e o Parque Estadual do Guartelá, Sul do Brasil.....26

LISTA DE FIGURAS

Introdução geral

Figura 1 Alguns tipos vegetacionais existentes na região dos Campos Gerais, Paraná A. Campo sujo; B. Ecótono campo-floresta (capões de Floresta com Araucária); C. Campo rupestre; D. Cerrado; E. Capão de floresta margeada por propriedades rurais onde inexistem áreas de campos naturais. Foto: Fabiano Maia.....6

Capítulo 1

Figura 1 Mapa da região sul do Brasil, com a localização do Parque Estadual do Guartelá, Parque Estadual de Vila Velha e a distribuição potencial das formações vegetais, adaptado de IBGE (2004).....19

Figura 2 Boxplot da porcentagem de cobertura por espécies campestres sob a copa de indivíduos isolados em campo (facilitadores) e sobre o campo, para o Parque Estadual do Guartelá e o Parque Estadual de Vila Velha, Sul do Brasil.....21

Figura 3 Boxplot da abundância (a) e riqueza (b) médias de plantas recrutadas sob a copa de indivíduos lenhosos em campo e sobre o campo, para o Parque Estadual do Guartelá e o Parque Estadual de Vila Velha, Sul do Brasil.....22

Figura 4 Relação ente (a) abundância e (b) riqueza de plantas recrutadas, com o primeiro eixo da ordenação das plantas facilitadoras por seus atributos, para o Parque Estadual de Vila Velha e o Parque Estadual do Guartelá, Sul do Brasil.....23

Figura 5	Análise das coordenadas principais (PCoA) dos indivíduos isolados em campo (facilitadores), de acordo com a composição de recrutas sob copas, para o Parque Estadual de Vila Velha (PEVV) e o Parque Estadual do Guartelá (PEG).	27
Figura 6	Distribuição das espécies lenhosas amostradas, por classe de ocorrência, como (a) facilitadores, (b) recrutas sob a copa de indivíduos facilitadores, (c) recrutas sobre o campo e (d) para o total das amostras (a + b + c), para o Parque Estadual do Guartelá (n = 279) e o Parque Estadual de Vila Velha (n = 240), Sul do Brasil	28
Figura 7	Distribuição de recrutas amostrados, por classe de ocorrência, sobre o campo (PEG n = 47; PEVV n = 60), sob a copa de indivíduos facilitadores (PEG n = 149; PEVV n = 94) e dentro das manchas florestais (PEG n = 212; PEVV n = 78) para (a) Parque Estadual do Guartelá e (b) Parque Estadual de Vila Velha, Sul do Brasil.....	30

SUMÁRIO

RESUMO	vii
ABSTRACT	viii
Lista de tabelas	ix
Lista de figuras.....	x
INTRODUÇÃO GERAL	1
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	7
CAPÍTULO 1: A facilitação durante a expansão florestal sobre os campos no sul do Brasil	10
Introdução	11
Área de estudo	14
Métodos	16
Análise de dados.....	19
Resultados	20
Discussão	31
Referências bibliográficas	36
Anexos	41
CONSIDERAÇÕES FINAIS	45

INTRODUÇÃO GERAL

Em comunidades de plantas, a interação entre os indivíduos ocorre de diferentes maneiras, positivas e negativas. Eles podem competir por luz, água, nutrientes, polinizadores, entre outros recursos, mas, ao mesmo tempo, podem proteger uns aos outros dos impactos da herbivoria, de climas extremos, amenizar variações microambientais, entre outras interações positivas possíveis (BROOKER *et al.*, 2008). A facilitação é uma interação positiva onde pelo menos um dos organismos que interagem se beneficia e nenhum é prejudicado. Ela pode incluir relações mutuamente obrigatórias, que co-evoluíram, bem como interações facultativas. Outras interações de facilitação podem ser mais íntimas, como o papel dos polinizadores e dos dispersores que podem ser cruciais para a reprodução e dispersão de várias espécies de plantas (CALLAWAY, 1995). A facilitação encontra-se presente em diversos fenômenos evolutivos, tais como na origem das células eucarióticas, na radiação das plantas com flores, no desenvolvimento dos recifes de corais, entre outros (BOUCHER, 1985; BRONSTEIN, 1994).

A facilitação em plantas ocorre quando um indivíduo torna o ambiente mais favorável para outro, seja diretamente (diminuindo estresses térmico, hídrico ou de nutrientes, por sombreamento ou por simbiose nutricional) ou indiretamente (removendo competidores ou dificultando a predação) (STACHOWICZ, 2001). Muitas espécies modificam o ambiente local e facilitam espécies vizinhas simplesmente por suas presenças; por exemplo, a sombra formada pela copa das árvores altera os regimes de luz e umidade no solo, propiciando habitat para inúmeras outras espécies (CALLAWAY, 1995) e impedindo outras de se estabelecerem.

Recentes pesquisas experimentais mostram o importante papel da facilitação sobre a estruturação dos ecossistemas terrestres (BRUNO *et al.* 2003) bem como nos seus processos (CALLAWAY, 1995; BROOKER; CALLAGHAN, 1998; BROOKER *et al.*, 2008), como na expansão de vegetações florestais sobre campestres (PILLAR, 2003; DUARTE *et al.*, 2006; SANTOS, *et al.* 2011). Espécies florestais colonizando campos abertos devem ser capazes de tolerar condições ambientais extremamente distintas das comumente encontradas nas florestas, como a alta variação de temperatura e umidade do solo, déficit de pressão de vapor atmosférico e a competição com gramíneas (SCHOLE; ARCHER, 1997; SANKARAN *et al.*, 2004). Nessas condições menos favoráveis, a facilitação se torna uma interação crucial para o estabelecimento de muitas espécies (BERTNESS; CALLAWAY, 1994; BROOKER; CALLAGHAN, 1998).

Evidências paleoecológicas obtidas em sítios atualmente cobertos com Floresta com Araucária (Floresta Ombrófila Mista) no sul do Brasil indicam que a sua expansão, a partir de refúgios em vales profundos e corredores ripários, sobre os Campos, tem sido um processo relativamente recente (Holoceno; em torno de 4.000 anos A.P.) e que se acelerou em torno de 1.000 anos A.P., provavelmente em resposta ao surgimento de um clima mais úmido (BEHLING *et al.*, 2004). O clima, comparado às condições atuais, foi mais frio e seco até cerca de 10.000 anos A.P., mais quente e estacional de 10.000 a cerca de 4.000 anos A.P. e, a partir de então, mais frio e regularmente úmido como atualmente. Além da influência das mudanças climáticas em larga escala, esse processo é claramente dependente dos regimes locais de fogo e pastejo (PILLAR, 2003). Em áreas com exclusão de fogo e de pastejo, o processo de expansão florestal ocorre em bordas de floresta contínua (OLIVEIRA; PILLAR, 2004) ou em manchas mais ou menos circulares de floresta

inseridas no campo (MACHADO, 2004). Nas mesmas condições, a expansão da floresta também ocorre pela colonização aos “saltos” de indivíduos florestais na matriz campestre (KLEIN, 1960), como evidenciado na região nordeste do Rio Grande do Sul, onde indivíduos de *Araucaria angustifolia* que se estabelecem no campo, facilitam o recrutamento de outras espécies florestais (DUARTE *et al.*, 2006). No entanto, em outros locais de ocorrência do ecótono campo-floresta, não se sabe a natureza deste processo de facilitação.

A vegetação potencial natural atual do sul do Brasil inclui, principalmente, ecossistemas florestais – Mata Atlântica (*stricto sensu* Floresta Ombrófila Densa), Floresta com Araucária e Florestas Estacionais. A Mata Atlântica, sensível a geadas, alcança seu limite sul de ocorrência no Brasil, estendendo-se como um cinturão ao longo da costa atlântica e sobre as escarpas leste da Serra Geral e da Serra do Mar (KLEIN, 1978; POR, 1992). A temperatura média anual é em torno de 17° a 24°C, com chuvas distribuídas ao longo do ano (NIMER, 1989). A Floresta com Araucária é encontrada nas regiões mais elevadas, entre as latitudes 24° e 30°S, principalmente entre 1.000 e 1.400 m de altitude e com temperatura média anual entre 12° e 18°C (HUECK, 1966).

Fitogeograficamente, os Campos do sul do Brasil estão na região Neotropical e fazem parte de dois domínios biogeográficos, o Amazônico e o Chaquenho, representados pelas províncias do Paraná (PR, SC e norte do RS) e Pampeana (sul do RS), respectivamente (CABRERA; WILLINK, 1980). O limite entre essas províncias mais ou menos corresponde ao paralelo 30° de latitude sul, o mesmo limite que separa os biomas Mata Atlântica e Pampa na classificação brasileira (IBGE, 2004). Na Província Paranaense, o relevo é ondulado (Planalto Sul-Brasileiro), a precipitação é alta (1.500–2.000 mm), sem estação seca, e as

temperaturas médias anuais variam entre 16 e 22°C, exceto em altitudes elevadas (que podem atingir 1.800 m, em SC), onde a média é 10°C (NIMER, 1990). Apesar dos verões serem quentes, podem ocorrer geadas e neve no inverno, especialmente nas áreas mais elevadas. A vegetação campestre que co-ocorre com as florestas subtropicais e de Araucária é considerada uma zona distinta dentro da Província do Paraná, mas, geograficamente, ela está mais ou menos interconectada com a Província Pampeana (CABRERA; WILLINK, 1980). Na Província Pampeana, isto é, na metade sul do RS e áreas adjacentes do Uruguai e Argentina, tanto a precipitação média anual (ca. 1.200–1.600 mm) como a temperatura média anual (13–17°C) são mais baixas que na Paranaense. O tipo de vegetação campestre predomina, com muitas espécies herbáceas, arbustivas e de arvoretas coexistindo na matriz de gramíneas. A maior parte da flora tem origem Chaquenha, mas também há espécies dos domínios Amazônico e Andino-Patagônico (CABRERA; WILLINK, 1980).

No Paraná, mais especificamente na região dos Campos Gerais (MAACK, 1948), encontram-se extensas regiões de mosaico entre campo e floresta. Nessa região temos o encontro do limite Sul do Cerrado e do limite Norte dos Campos Sulinos, além da Floresta com Araucária e a Floresta Estacional Semidecídua (CERVI *et al.*, 2007; OVERBECK *et al.*, 2007; CARMO *et al.*, 2012; MORO 2012). A paisagem é variável nessas áreas de ecótono no Paraná onde mosaicos de distintas fisionomias vegetais compõem o padrão geral dessa região (CERVI *et al.*, 2007; CARMO *et al.*, 2012; MORO, 2012), juntamente com áreas antropizadas (FIGURA 1).

Este trabalho foi realizado em dois parques no Sul do Brasil, na região paranaense dos Campos Gerais: Parque Estadual do Guartelá, no município de

Tibagi, e o Parque Estadual de Vila Velha, em Ponta Grossa. Esses parques, relativamente próximos (aproximadamente 80km de distância em linha reta), possuem influências diferentes das vegetações de Campos Sulinos, Floresta com Araucária, Floresta Estacional Semidecídua e Cerrado. O objetivo deste trabalho foi verificar o papel da facilitação no processo de expansão florestal nessa região ecotonal entre campo, floresta e Cerrado. A dissertação é apresentada em um capítulo estruturado como artigo científico, seguindo-se normas brasileiras de formatação (ABNT).



FIGURA 1 – Alguns tipos vegetacionais existentes na região dos Campos Gerais, Paraná A. Campo sujo; B. Ecótono campo-floresta (capões de Floresta com Araucária); C. Campo rupestre; D. Cerrado; E. Capão de floresta margeada por propriedades rurais onde inexistem áreas de campos naturais. Foto: Fabiano Maia

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BEHLING H., PILLAR V. D., ORLÓCI L. & BAUERMANN S. G. Late Quaternary Araucaria forest, grassland (Campos), fire and climate dynamics, studied by high-resolution pollen, charcoal and multivariate analysis of the core in southern Brazil. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology** 203, 277–97, 2004.
- BERTNESS, M. & CALLAWAY, R.M. Positive interactions in communities. **Trends in Ecology and Evolution**, 9, 191–193, 1994.
- BOUCHER, D.H. The idea of mutualism, past and future. In *The Biology of Mutualism: Ecology and Evolution* (Boucher, D.H., ed.), pp. 1–27, **Oxford University Press**, 1985.
- BRONSTEIN, J.L. Our current understanding of mutualism. **The Quarterly Review of Biology** 69, 31–51, 1994.
- BROOKER, R.W. & CALLAGHAN, T.V. The balance between positive and negative plant interactions and its relationship to environmental gradients: a model. **Oikos**, 81, 196–207, 1998.
- BROOKER, R.W., F. T. MAESTRE, R. M. CALLAWAY, C. L. LORTIE, L. CAVIERES, G. KUNSTLER, P. LIANCOURT, K. TIELBÖRGER, J. M. J. TRAVIS, F. ANTHELME, C. ARMAS, L. COLL, E. CORCKET, S. DELZON, E. FOREY, Z. KIKVIDZE, J. OLOFSSON, F. I. PUGNAIRE, C. L. QUIROZ, P. SACCONI, K. SCHIFFERS, M. SEIFAN, B. TOUZARD & MICHALET, R. Facilitation in plant communities: the past, the present and the future. **Journal of Ecology**, 96, 18–34, 2008.
- BRUNO J. F., Stachowicz J. J. & Bertness M. D. Inclusion of facilitation into ecological theory. **Trends in Ecology and Evolution** 18, 119–25, 2003.
- CABRERA A.L. & WILLINK A. *Biogeografia da America Latina*. 2 ed. **OEA**, Washington, 117 p. 1980.

- CALLAWAY R. M. Positive interactions among plants. **Botanical Review**. 61, 306–49, 1995.
- CARMO, M.R.B., ANDRADE, A.L.P., DOS SANTOS, G.A.S.D. & ASSIS, M.A. Análise estrutural em relictos de Cerrado no Parque Estadual do Guartelá, município de Tibagi, estado do Paraná, Brasil. **Ciência Florestal**, v. 22, n. 3, p. 505-517, 2012.
- CERVI, A.C.; VON LINSINGEN, L.; HATSCHBACH, G.; RIBAS, O.S. A vegetação do Parque Estadual de Vila Velha, município de Ponta Grossa, Paraná, Brasil. **Boletim do Museu Botânico Municipal**, Curitiba, v. 69, p.1-52, 2007.
- DUARTE, L. S., DOS-SANTOS, M. M., HARTZ, S. M. & V. D. PILLAR. Role of nurse plants in Araucaria Forest expansion over grassland in south Brazil. **Austral Ecology** 31: 520- 528, 2006.
- HUECK K. Die Wälder Südamerikas. **Fischer**, Stuttgart, 422 p. 1966.
- IBGE. Mapa da vegetação do Brasil e Mapa de biomas do Brasil, **IBGE**, 2004.
- KLEIN R. M. O aspecto dinâmico do pinheiro brasileiro. **Sellowia** 12, 17–51, 1960.
- KLEIN R.M. Mapa fitogeográfico do estado de Santa Catarina. **Flora Ilustrada Catarinense** 1978.
- MAACK, R. Notas preliminares sobre clima, solos e vegetação do Estado do Paraná. Curitiba, **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, v.II, p.102-200, 1948.
- MACHADO, R.E. Padrões vegetacionais em capões de floresta com araucária no planalto nordeste do Rio Grande do Sul, Brasil. MSC. Dissertação de mestrado, Porto Alegre, **UFRGS**, 2004.
- MORO, R.S. Padrões biogeográficos dos relictos de cerrado nos Campos Gerais – p.53-67. Biogeografia do cerrado nos Campos Gerais. Ponta Grossa: **Ed. UEPG**, 207p., 2012.
- NIMER E. Clima. In: Geografia do Brasil: Região Sul (ed. IBGE). **IBGE** Rio de Janeiro, pp. 151-187. 1990.

- NIMER E. Climatologia do Brasil. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, **IBGE**, Rio de Janeiro, 1989.
- OLIVEIRA, J. M. & PILLAR, V. D. Vegetation dynamics on mosaics of Campos and Araucaria forest between 1974 and 1999 in Southern Brazil. **Community Ecology** 5, 197–202, 2004.
- OVERBECK, G.E., MULLER, S.C., FIDELIS, A.; PFADENHAUER, J., PILLAR, V.D., BLANCO, C.C., BOLDRINI, I.I., BOTH, R. & FORNECK, E.D. Brazil's neglected biome: the South Brazilian Campos. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics** 9: 101-116, 2007.
- PILLAR V. D. Dinâmica da expansão florestal em mosaicos de floresta e campos no sul do Brasil. In: Ecossistemas Brasileiros: Manejo E Conservação (ed. V. Claudino-Sales) pp. 209–16. **Expressão Gráfica**, Fortaleza, 2003.
- POR F.D. Soortama the Atlantic rain forest of Brazil. SPB Academic Publishing **The Hague**, The Netherlands, 130 p. 1992.
- SANKARAN M., RATNAM J. & HANAN N. P. Tree–grass coexistence in savannas revisited – insights from an examination of assumptions and mechanisms invoked in existing models. **Ecology Letters** 7, 480–90, 2004.
- SANTOS, M.M.G., OLIVEIRA, J.M., MULLER, S.C. E PILLAR, V.D. Chuva de sementes de espécies lenhosas florestais em mosaicos de floresta com Araucária e campos no Sul do Brasil. **Acta Botanica Brasilica** 25: 160-167, 2011.
- SCHOLES R. J. & ARCHER S. R. Tree–grass interactions in savannas. **Annual Review of Ecology and Systematic** 34, 575–604, 1997.
- STACHOWICZ, J.J. Mutualism, facilitation, and the structure of ecological communities. **Bioscience** 51, 235–246, 2001.

CAPÍTULO 1

A facilitação durante a expansão florestal sobre campos no sul do Brasil

INTRODUÇÃO

A facilitação, ou seja, uma interação positiva onde pelo menos uma espécie se beneficia e nenhuma é prejudicada (CALLAWAY, 1995; BRUNO *et al.*, 2003), tem sido um dos processos importantes para explicar a estruturação de comunidades ecológicas (CONNEL; SLATYER, 1977; BRUNO *et al.*, 2003; BROOKER *et al.*, 2008). Nesta, uma das espécies – facilitadora - modifica o microclima local, beneficiando, assim, outras espécies próximas, simplesmente por sua presença, protegendo-as dos impactos da herbivoria e de climas extremos, entre outras (CALLAWAY, 1995; BROOKER *et al.*, 2008). Segundo a hipótese do gradiente de estresse (BERTNESS; CALLAWAY, 1994; BROOKER; CALLAGHAN, 1998), a facilitação se torna a interação dominante em condições com baixa disponibilidade de recursos, como confirmado por vários estudos em diferentes ecossistemas como em desertos, dunas, campos de altitude e pastagens abandonadas (CALLAWAY *et al.*, 2002; GÓMEZ-APARICIO *et al.*, 2004; HOLZAPFEL *et al.*, 2006). Nos últimos anos, a facilitação teve sua importância evidenciada também em outros processos ecossistêmicos, como na estruturação da comunidade de dunas e de montanhas e na restauração ecológica de pastagens abandonadas (CALLAWAY, 1995; BROOKER; CALLAGHAN, 1998; BROOKER *et al.*, 2008; CASTANHO *et al.*, 2012), e também na expansão de vegetações florestais sobre campestres (PILLAR, 2003; DUARTE *et al.*, 2006; SANTOS *et al.*, 2011).

Na região Sul do Brasil encontram-se extensas áreas de mosaicos entre vegetação florestal e campestre (KLEIN, 1960; BEHLING *et al.*, 2004). Essa região é uma zona de transição entre os tipos de vegetação da Floresta subtropical, Floresta tropical e relictos de Cerrado, os quais são dominantes em direção ao norte do país, e as formações de pradarias (Campos e Pampas), as quais são dominantes de sul a

sudoeste (CABRERA, 1971; SCHULTZ, 1957). Análises palinológicas (BEHLING *et al.*, 2004) e modelos de predição de vegetação em grande escala (HOLDRIDGE, 1947; BOX, 1981) indicam uma tendência das florestas expandirem sobre os campos nessa região. Esse processo recente, iniciado há 4.000 anos A. P., se intensificou há 1.000 anos, provavelmente pelo surgimento de um clima mais úmido (BEHLING *et al.*, 2004).

Outros fatores, além das mudanças climáticas em larga escala, influenciam essa dinâmica de expansão, como os regimes de fogo e a pecuária (PILLAR, 2003). Em áreas com exclusão de fogo e de pastejo, o processo de expansão florestal ocorre em bordas de floresta contínua (OLIVEIRA; PILLAR, 2004) ou de manchas mais ou menos circulares de floresta inseridas no campo (MACHADO, 2004). Essas manchas são formadas pela colonização de indivíduos de espécies florestais na matriz campestre (KLEIN, 1960), como evidenciado na região nordeste do Rio Grande do Sul, onde indivíduos de *Araucaria angustifolia* que se estabelecem no campo facilitam o recrutamento de outras espécies florestais (DUARTE *et al.*, 2006).

Espécies florestais colonizando campos abertos devem ser capazes de tolerar condições ambientais extremamente distintas das comumente encontradas nas florestas, como a alta variação de temperatura e umidade do solo, déficit de pressão de vapor atmosférico e a competição com gramíneas (SCHOLLES; ARCHER, 1997; SANKARAN *et al.*, 2004). Nessas condições de baixa disponibilidade de recursos, a facilitação se torna uma interação crucial para o estabelecimento de indivíduos florestais sobre o campo (BERTNESS; CALLAWAY, 1994; BROOKER; CALLAGHAN, 1998). Árvores e arbustos isolados em campo mostram-se relevantes à atração de dispersores e ao incremento na chegada de sementes de espécies florestais sobre o campo, facilitando os processos de sucessão florestal (GUEVARA

et al., 1992; PETERSON; HAINES, 2000; GÓMEZ-APARICIO, 2005; SANTOS *et al.*, 2011). O microambiente disponibilizado sob a copa de tais plantas oferece vantagens para a germinação das sementes e desenvolvimento das plântulas de forma direta, amenizando a variação da temperatura, disponibilizando melhores condições de luz, umidade e nutrientes e de forma indireta, diminuindo a pressão dos predadores e a competição com gramíneas (VALIENTE-BANUET; EZCURRA, 1991; CALLAWAY, 1992; CASTRO *et al.*, 2002; GROENEVELD *et al.*, 2007).

Apesar de existirem efeitos semelhantes de facilitação entre plantas lenhosas isoladas em campo (i.e. servir de poleiro para aves, fazer sombra sobre o campo), os indivíduos podem diferir interespecificamente e intraespecificamente no potencial de facilitação (SLOCUM, 2001; DUARTE *et al.*, 2006; CAMPOS, 2010). Fatores como idade, tamanho, arquitetura da copa e síndrome de dispersão das plantas lenhosas, podem refletir diretamente sobre as taxas de recrutamento e estabelecimento, sendo determinantes nas diferenças do potencial de facilitação entre indivíduos e espécies (SLOCUM, 2001). Desta forma, locais com diferentes composições de espécies vegetais devem, por isso, apresentar diferenças no processo de facilitação.

No presente estudo avaliamos o processo de facilitação e nucleação por espécies lenhosas na expansão florestal sobre campos em uma região de ecótono entre Campo Sulino, associado à Floresta com Araucária e Cerrado, no Sul do Brasil. Comparamos o processo em dois parques que diferem no contexto biogeográfico: Parque Estadual Guartelá, com maior influência da flora do Cerrado e Parque Estadual de Vila Velha com menor influência desta formação. As hipóteses a serem testadas são: (1) em ambos os parques, espécies lenhosas facilitam, direta e indiretamente, a expansão da floresta sobre o campo; (2) indivíduos maiores (altura,

área basal e área da copa) promovem maiores riqueza e abundância de plantas recrutadas; (3) por estarem sob influência de floras distintas, os parques diferem na composição de espécies recrutadas; (4) a distribuição de grupos de espécies, de acordo com sua ocorrência (típicas de Cerrado ou floresta), difere entre os parques; (5) o processo de facilitação altera a distribuição de grupos de espécies em ambos os parques.

ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi conduzido em uma região ecotonal entre Campos Sulinos (Estepe Gramíneo-Lenhosa) associado à Floresta com Araucária (Floresta Ombrófila Mista) e Cerrado (Savana), no estado do Paraná, sul do Brasil (Figura 1). Os Campos Sulinos, pela classificação do IBGE (2004), estão incluídos no bioma Mata Atlântica, e, no estado do Paraná, encontram-se na região denominada de Campos Gerais. A Floresta Atlântica (Mata Atlântica *stricto sensu*, OLIVEIRA-FILHO; FONTES, 2000) no sul do Brasil, ocupa as encostas leste e os vales do Planalto Sul-Brasileiro, desde a planície costeira e as encostas do planalto do Paraná e Santa Catarina, até o nordeste do Rio Grande do Sul. A Floresta com Araucária (Floresta Ombrófila Mista) é encontrada desde o sul do estado de São Paulo até o norte do Rio Grande do Sul, formando mosaicos com os campos naturais, e caracteriza-se por apresentar dominância fisionômica de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze em seu estrato superior. A região dos Campos Gerais é também o limite sul da distribuição do Cerrado, onde encontra-se em relictos bastante fragmentados (MORO, 2012). A flora das áreas de Cerrado paranaense assemelha-se a dos Cerrados do norte-nordeste do estado de São Paulo, de fisionomias predominante campestres (DURIGAN *et al.*, 2003).

Os dados foram obtidos em duas áreas protegidas estaduais. O Parque Estadual do Guartelá (PEG), situado no município de Tibagi ao longo do cânion do rio Iapó, nas coordenadas 24°39'10"S e 50°15'25"W, com área total de 790 ha e em altitudes variando de 912 m a 1.000 m. A região onde se insere o PEG apresenta, segundo a classificação de Köppen, clima do tipo Cfa (subtropical úmido quente), com influência indireta do clima Cfb (temperado sempre úmido). Na região do parque, as médias de temperatura estão entre 18 e 19°C nas áreas mais elevadas, porém predominam médias entre 20 e 21°C, com pluviosidade anual entre 1.400 e 1.600 mm (CRUZ, 2007). O PEG é composto basicamente pelas formações vegetacionais Campos, Cerradão e Floresta com Araucária (CARMO *et al.*, 2012). Esses tipos vegetacionais se encontram em mosaicos com as florestas, de maneira maciça e contínua nas galerias e em manchas não extensas e isoladas, nos capões sobre a matriz campestre, que varia entre fisionomias de campo limpo, campo úmido e campo com afloramento rochoso e relictos de Cerrado (CARMO *et al.*, 2012).

O Parque Estadual de Vila Velha (PEVV) está situado no município de Ponta Grossa, nas coordenadas 25°14'09"S e 50°00'17"W, com área total de 3.803 ha e altitude média de 917 m. O clima na região é o Cfb - Clima Subtropical Úmido Mesotérmico (segundo a classificação de Köppen), com média de temperatura do mês mais quente inferior a 22° C e do mês mais frio inferior a 18° C e com pluviosidade anual entre 1.300 mm e 1.900 mm (CRUZ, 2007). No PEVV, são encontrados três tipos de formações vegetacionais, a Floresta com Araucária, Campo e Cerrado *sensu stricto* (CERVI *et al.*, 2007; MORO, 2012). O PEVV apresenta florestas em contínuos ao longo dos rios e em manchas sobre os extensos campos. Estes apresentam diferentes fisionomias (campo limpo/sujo,

campo úmido, campo rupestre) e com influência de elementos de Cerrado (CERVI *et al.*, 2007; MORO, 2012).

Embora relativamente próximos (80 Km em linha reta), os dois parques são influenciados por duas regiões fitogeográficas distintas. Por localizar-se mais ao norte, o PEG está mais próximo da área *core* do Cerrado brasileiro enquanto que, mais ao sul, o PEVV está mais próximo da região de ocorrência de Campos sulinos (Figura 1). Além disso, a flora do PEVV apresenta baixa similaridade florística com a área *core* do Cerrado (MORO, 2012). Ambas as regiões estão, naturalmente, predispostas à ocorrência de fogo, mas, de acordo com os relatos dos administradores dos parques, no PEG não há registros de fogo nos últimos 20 anos e no PEVV, houve diversos eventos localizados, sendo o último em julho de 2012.

Por apresentarem proximidade geográfica, variações de precipitação, altitude e temperatura, muito próximas, e com diferentes influências de floras distintas, os dois parques constituem o modelo ideal para testarmos as hipóteses.

MÉTODOS

Para avaliar o processo de facilitação na expansão das florestas sobre os campos, percorremos os dois parques em dezembro de 2012 e, em locais de ocorrência de campos associados a capões de florestas, estabelecemos transecções de 80 m (quatro em cada parque), aproximadamente paralelas à borda dos capões. No PEG as transecções estavam, em média, à 30 m do capão (máx. 70 m, mín. 10 m) e no PEVV, à 40 m (máx. 80 m, mín. 10 m). Nestas áreas avaliamos a expansão da floresta sobre o campo de duas maneiras: 1) a partir de indivíduos isolados ou plantas facilitadoras (*nurse plants*, *sensu* BRUNO *et al.*, 2003), e 2) em

manchas florestais, possivelmente decorrentes da expansão de áreas de nucleação promovidos pela planta facilitadora.

Coletas em plantas isoladas: Em cada transecção estabelecemos cinco pontos de amostragem, distantes 20 m um do outro. Em cada ponto marcamos uma cruz, sendo que em cada quadrante amostramos um indivíduo lenhoso e isolado, desde que o mesmo tivesse altura $(h) > 1,5$ m. Consideramos isolados os indivíduos que não possuíam outras plantas lenhosas tocando a sua copa. Para cada indivíduo amostrado, marcamos as coordenada GTM, mensuramos a altura, a área basal (obtida a partir do diâmetro do caule) e a área de projeção da copa (obtida através das medidas de largura e comprimento da projeção da copa no solo). Nesta última, imediatamente abaixo de cada planta facilitadora, amostramos todos os indivíduos lenhosos (plantas recrutadas) com mais de 30 cm e até 1,5 m de altura, atribuindo-lhe a espécie ou coletando-a para posterior determinação desta. Para verificar o efeito diferencial no recrutamento de plantas sob a planta facilitadora e sem ela, dispomos uma mesma área amostral sobre a matriz campestre próxima, onde amostramos plantas dentro do mesmo critério de inclusão. Para a disposição destas parcelas amostrais, tomamos o cuidado de manter uma distância mínima igual ao maior diâmetro da copa da planta facilitadora. Em ambas as parcelas amostrais (sob a copa e sobre campo), estimamos a porcentagem de cobertura por espécies campestres.

Coletas em manchas florestais: Em cada um dos cinco pontos de cada transecção amostramos a mancha florestal mais próxima. Consideramos manchas florestais os conjuntos de plantas lenhosas, com sobreposições de suas copas, sem continuidade com as bordas dos capões florestais, compostas por, no mínimo, um indivíduo com diâmetro da base maior ou igual a 10 cm, o qual foi considerado como a planta

facilitadora daquela nucleação. Nós marcamos as coordenadas GTM das manchas e amostramos todos os indivíduos lenhosos com $h \geq 1,5$ m. Além disso, dispomos uma sub-parcela de 1 m² na mancha florestal e nela amostramos todas as plantas lenhosas com $0,3 \text{ m} \leq h \leq 1,5$ m. Cada mancha florestal teve também amostrada uma área de 1 m² de campo associado, onde anotamos os indivíduos lenhosos com este mesmo critério de inclusão. Cada sub-parcela de 1 m² dentro da mancha florestal e sobre o campo associado, tiveram estimadas as porcentagens de cobertura de espécies campestres, como descrito acima.

A partir do mapeamento dos indivíduos facilitadores e das manchas florestais feito com base em suas coordenadas GTM, calculamos a distância média do indivíduo mais próximo e da mancha mais próxima para os dois parques.

Nós determinamos, ao menor nível taxonômico possível, todos os indivíduos amostrados e, posteriormente, classificamos as espécies de acordo com o tipo da vegetação no qual ocorrem (Cerrado, Cerrado e Floresta, Floresta), de acordo com descrições das floras regionais (Flora Ilustrada Catarinense, REITZ, 1965). Espécies com ocorrência em mais de dois tipos vegetacionais, para nossas análises, foram consideradas de ampla ocorrência. As espécies cuja classificação não foi encontrada (indeterminada), não foram computadas nas análises gerais e representam apenas 2% do total dos indivíduos amostrados.

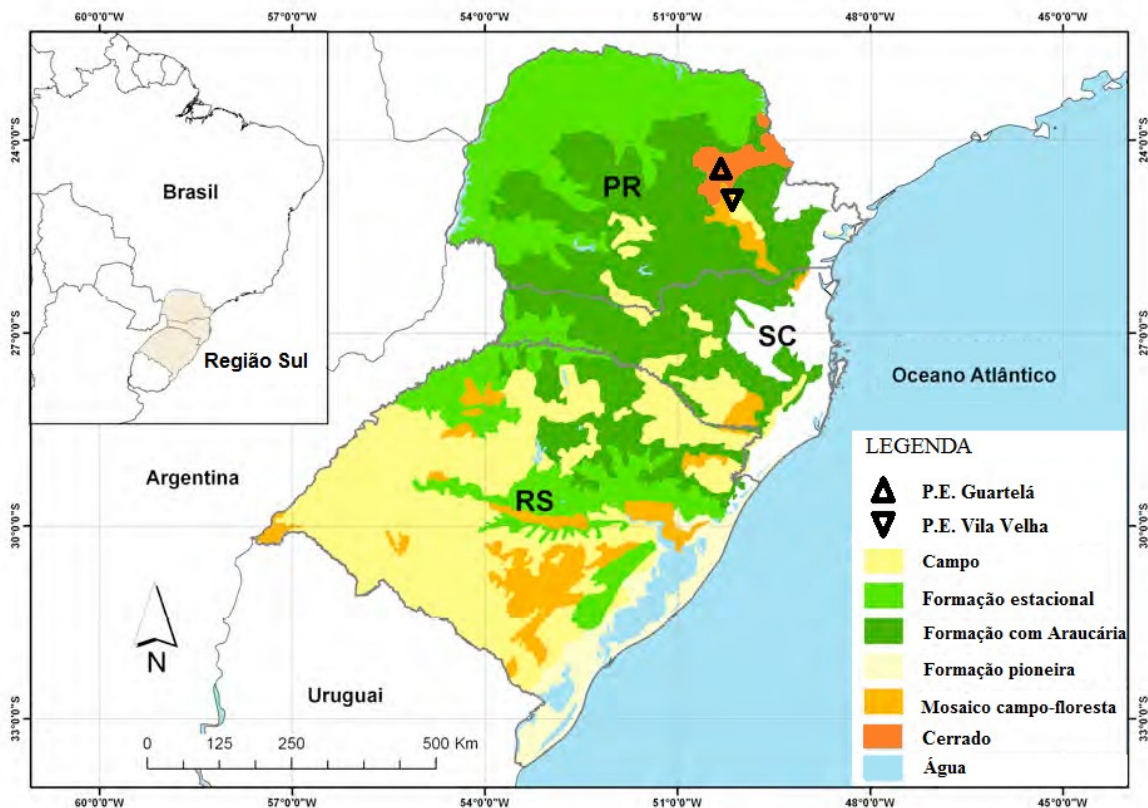


Figura 1. Mapa da região sul do Brasil, com a localização do Parque Estadual do Guartelá, Parque Estadual de Vila Velha e a distribuição potencial das formações vegetais, adaptado de IBGE (2004).

Análise de dados

Para verificar as evidências de facilitação indireta, comparamos a porcentagem de cobertura de espécies campestres, estimada abaixo das copas dos indivíduos facilitadores e sobre o campo associado, utilizando o teste não paramétrico de Mann-Whitney-Wilcoxon com $\alpha = 0,05$. Utilizamos dessa mesma abordagem para verificar evidências de facilitação direta, comparando abundância e riqueza de plantas lenhosas sob a copa de facilitadores e sobre o campo associado. Baseamos-nos no teste do qui-quadrado ($\alpha = 0,05$), para confirmar as diferenças entre os parques e entre as plantas facilitadoras e recrutadas, em cada parque, com relação à abundância em cada grupo de ocorrência (Cerrado, floresta, Cerrado e floresta ou ampla). Geramos uma ordenação das plantas facilitadoras, em ambos os

parques, pela abundância de plantas sob suas copas, utilizando uma Análise de Coordenadas Principais (PCoA), computada com as distâncias de dissimilaridade de Bray-Curtis.

Para verificar a relação da abundância e riqueza de plantas recrutadas com os atributos das facilitadoras, fizemos outra ordenação (PCoA) das plantas facilitadoras baseando-se na dissimilaridade (Bray-Curtis) de seus atributos (área basal, altura e área de copa). Posteriormente, utilizamos o primeiro eixo desta ordenação como simplificação das dimensões dos atributos, para verificar a existência de tais relações através de regressões lineares. As análises foram feitas utilizando o software R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2011) com os pacotes “vegan” e “labdsv”.

RESULTADOS

Efeitos da facilitação nos dois parques: No geral, para as duas áreas de estudo, houve uma menor porcentagem de cobertura de espécies campestres sob a copa dos indivíduos facilitadores, em comparação às áreas de campo associadas ($U = 5.758,5$; $n = 200$; $P < 0,001$) (Figura 2). Além disso, esses indivíduos apresentaram maiores abundância ($U = 12.216,5$; $n = 200$; $P < 0,001$) e riqueza ($U = 12.518$; $n = 200$; $P < 0,001$) de plantas lenhosas recrutadas sob suas copas, em comparação às áreas amostradas nos campos associados a cada um deles (Figura 3).

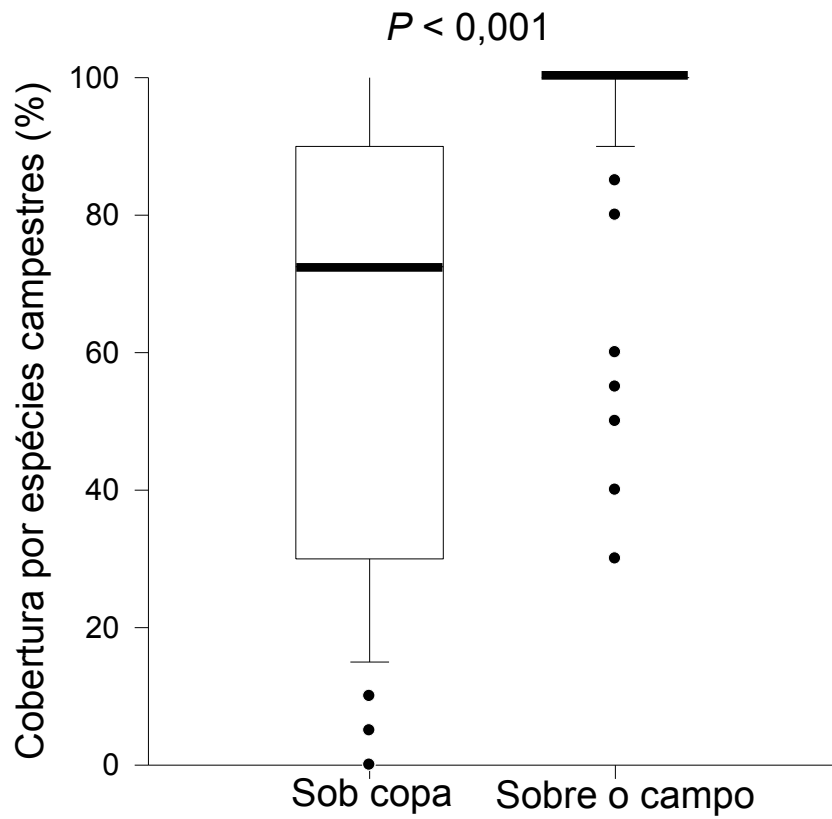


Figura 2. *Boxplot* da porcentagem de cobertura por espécies campestres sob a copa de indivíduos isolados em campo (facilitadores) e sobre o campo, para o Parque Estadual do Guartelá e o Parque Estadual de Vila Velha, Sul do Brasil (n = 200).

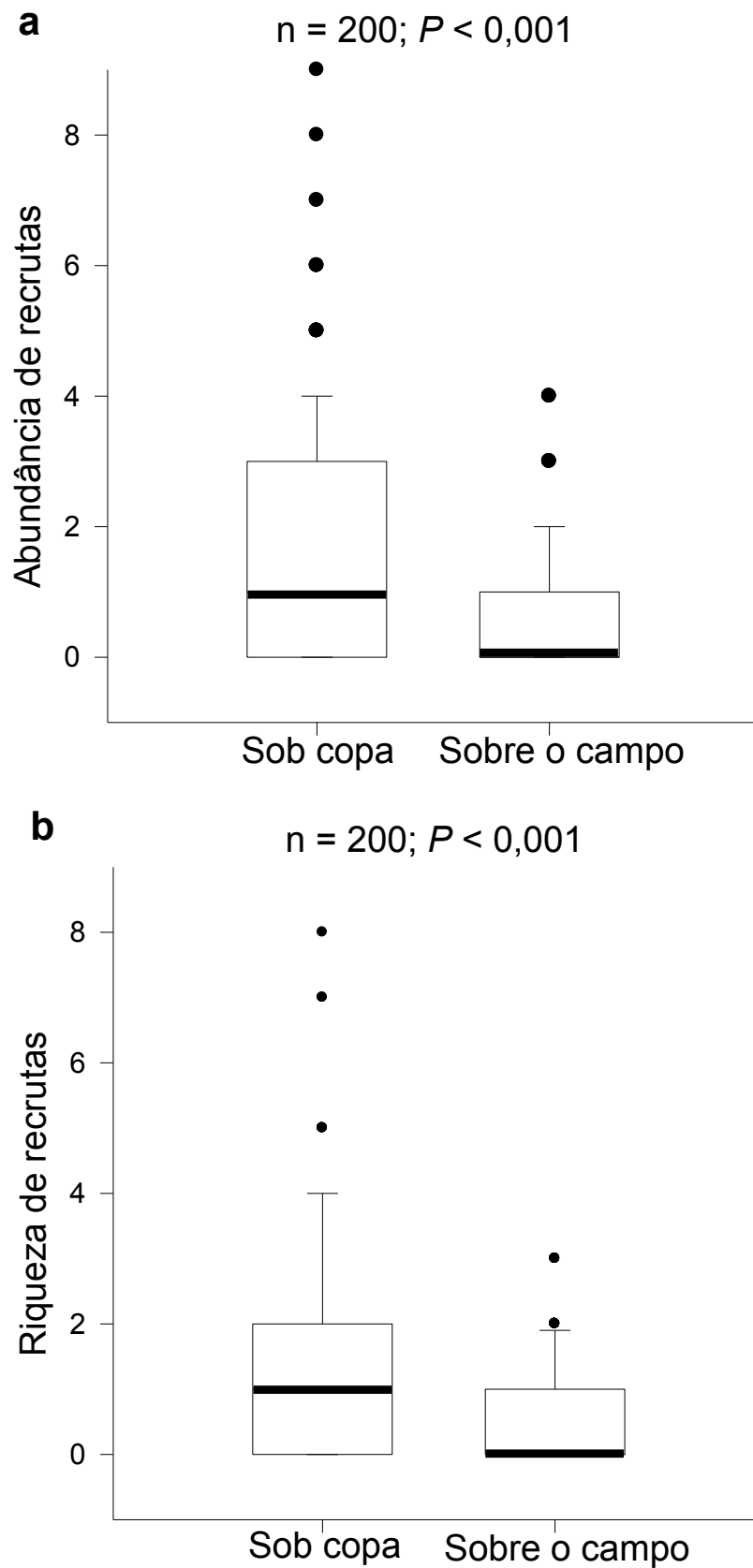


Figura 3. *Boxplot* da abundância (a) e riqueza (b) médias de plantas recrutadas sob a copa de indivíduos lenhosos em campo e sobre o campo, para o Parque Estadual do Guartelá e o Parque Estadual de Vila Velha, Sul do Brasil.

Verificamos relação positiva entre a abundância ($r^2 = 0,08$; $F = 11,42$; $P < 0,001$) e a riqueza ($r^2 = 0,07$; $F = 13,53$; $P < 0,001$) de recrutadas com o primeiro eixo da ordenação das facilitadoras, ordenadas por seus atributos (área basal, altura e área de copa) (Figura 4a e 4b). Este eixo, que explica 78% da variação nos dados, é positivamente relacionado com os três atributos.

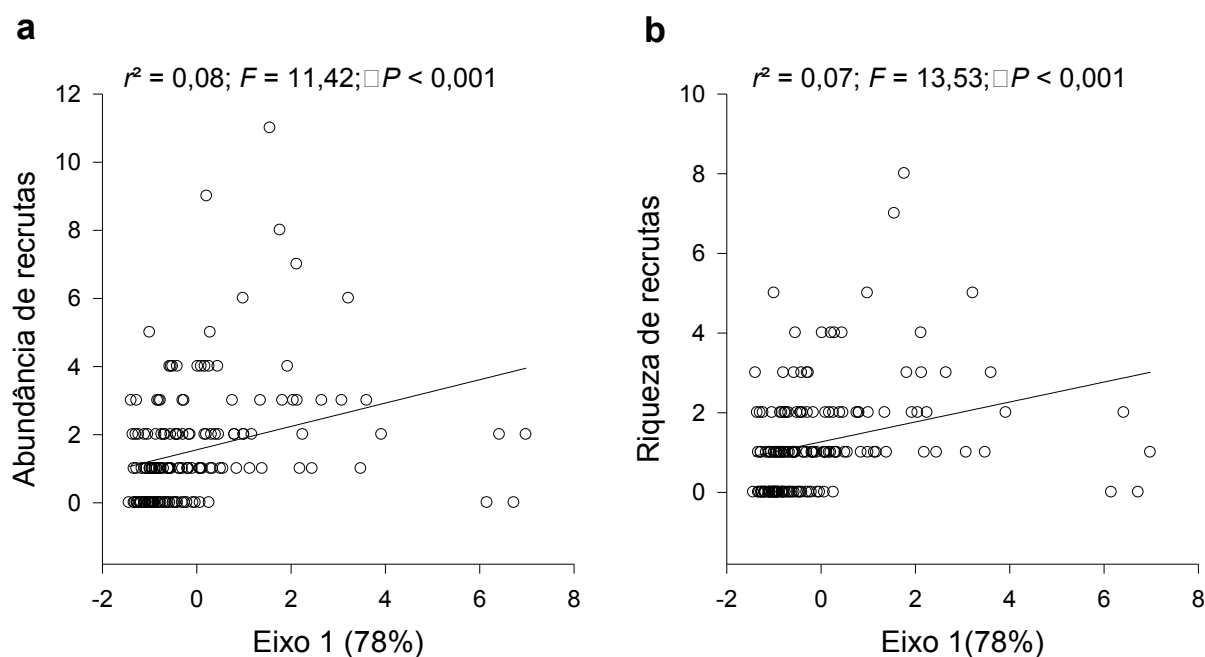


Figura 4. Relação ente (a) abundância e (b) riqueza de plantas recrutadas, com o primeiro eixo da ordenação das plantas facilitadoras por seus atributos, para o Parque Estadual de Vila Velha e o Parque Estadual do Guartelá, Sul do Brasil.

Comparação entre parques: Foram encontradas 35 espécies lenhosas ocorrendo isoladas em campo, denominadas neste estudo de “facilitadores” por serem os potenciais facilitadores. Dessas espécies, cinco são comuns aos dois parques, 15 exclusivas no PEG e 15 exclusivas no PEVV (Anexo 1). No PEG, *Myrsine umbellata* e *Miconia sellowiana* apresentaram maiores abundâncias entre as plantas facilitadoras (23 e 19, respectivamente), enquanto no PEVV, *Clethra scabra*, com 29 indivíduos e *Rhamnus sphaerosperma*, com 19 indivíduos, tiveram as maiores

abundâncias (Anexo 1). Nas manchas florestais isoladas em campo foram encontradas sete espécies de plantas nucleadoras no PEG e 13 no PEVV, sendo *Myrsine umbellata* e *M. ferruginea* comuns aos dois parques, nessa situação (Anexo 1).

Os dois parques não diferiram quanto à altura média das plantas facilitadoras, mas sim na área média de suas copas, sendo maior para o PEVV (Tabela 1). A média de distância ao indivíduo mais próximo, entre as facilitadoras, foi menor para o PEVV ($7,82 \pm 0,58$ m); já a média de distância entre as manchas foi menor para o PEG ($28,79 \pm 2,18$ m) (Tabela 1). Os parques não tiveram diferenças significativas de riqueza e abundância para as plantas recrutadas sob a copa das facilitadoras (Tabela 2). Já os indivíduos recrutados sobre os campos no PEVV tiveram maiores médias de riqueza ($0,70 \pm 0,08$) e abundância ($0,80 \pm 0,10$) em comparação ao PEG ($0,47 \pm 0,09$ e $0,56 \pm 0,11$, respectivamente) (Tabela 2).

Tabela 1. Comparação dos tipos de agrupamento de plantas amostrados no Parque Estadual do Guartelá (PEG) e do Parque Estadual de Vila Velha (PEVV), sul do Brasil. NS = diferença não significativa ($P > 0,05$).

Tipo de agrupamento	Parâmetro	PEG	PEVV	U; P
Indivíduos isolados	N	80	80	–
	Riqueza de facilitadores	20	20	–
	h média (\pm EP)	2,32 \pm 0,07	2,65 \pm 0,12	NS
	Área média da copa (\pm EP)	2,38 \pm 0,23	4,50 \pm 0,62	U = 2409,5; P = 0,007
	Distância média (\pm EP)	11,27 \pm 0,90	7,82 \pm 0,58	U = 2402,5; P = 0,007
Manchas	N	20	20	–
	Riqueza de facilitadores	7	13	–
	Área média (\pm EP)	19,65 \pm 3,26	23,32 \pm 3,31	NS
	Distância média (\pm EP)	28,79 \pm 2,18	42,60 \pm 3,77	U = 92,0; P = 0,004
	Riqueza de recrutas ($h \geq 1,5m$)	53	11	–
	Riqueza de recrutas ($0,30 m \geq h \leq 1,5m$)	57	30	–

Tabela 2. Comparação das plantas recrutadas ($0,30 \text{ m} \geq h \leq 1,50 \text{ m}$) em indivíduos isolados (facilitadoras) no Parque estadual do Guartelá (PEG) e do Parque Estadual de Vila Velha (PEVV), sul do Brasil. NS = diferença não significativa ($P > 0,05$).

Espécies	Parâmetro	PEG	PEVV	U; P
Facilitadoras	Riqueza total	20	20	–
Recrutadas sob facilitadoras	Riqueza média	$1,55 \pm 0,18$	$0,99 \pm 0,10$	NS
	Abundância média	$1,89 \pm 0,24$	$1,22 \pm 0,14$	NS
Recrutadas sobre campo	Riqueza média	$0,47 \pm 0,09$	$0,70 \pm 0,08$	$U = 2506;$ $P = 0,008$
	Abundância média	$0,56 \pm 0,11$	$0,80 \pm 0,10$	$U = 2425;$ $P = 0,01$
Total	Riqueza	48	35	–
	Abundância	279	240	–

A ordenação dos indivíduos isolados em campo, baseada na composição de plantas lenhosas sob suas copas (Figura 5), também indica uma diferenciação entre os parques, pois a distribuição dos pontos dos indivíduos do PEG se relacionou mais com o eixo PCo1, que é ortogonal ao eixo mais relacionado aos pontos dos indivíduos do PEVV, eixo PCo2.

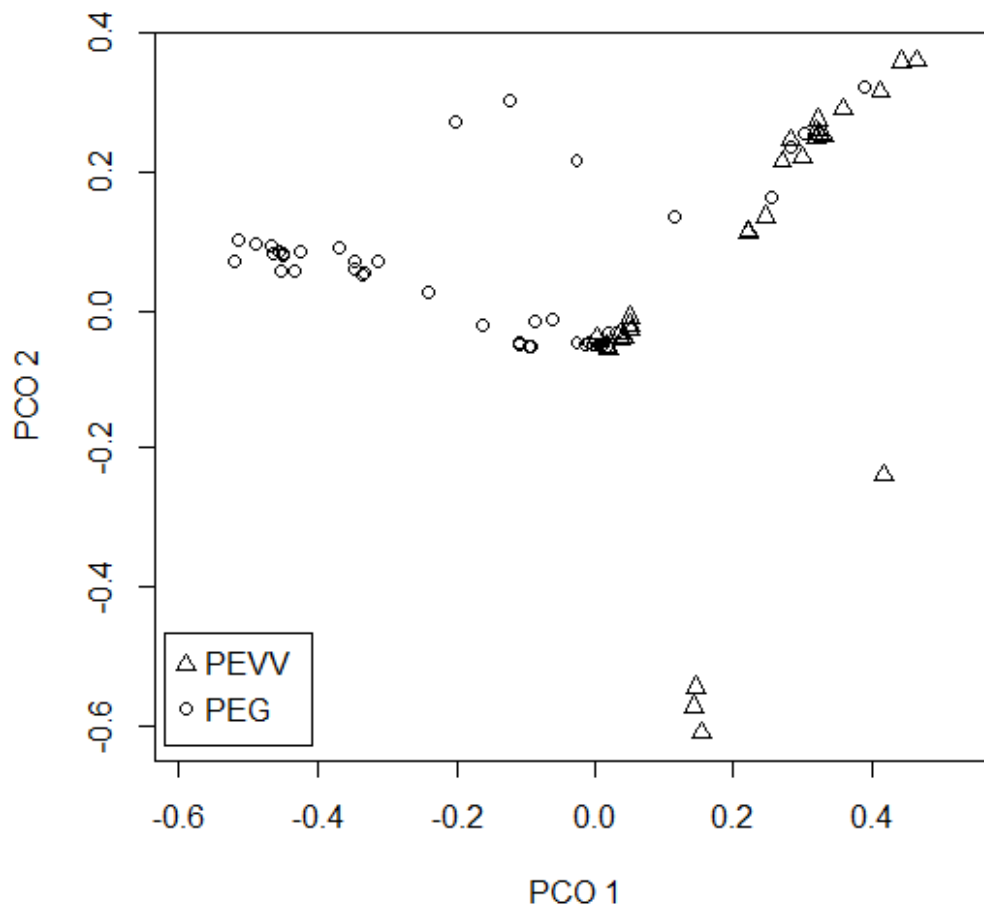


Figura 5. Análise das coordenadas principais (PCoA) dos indivíduos isolados em campo (facilitadores), de acordo com a composição de recrutas sob copas, para o Parque Estadual de Vila Velha (PEVV) e o Parque Estadual do Guartelá (PEG).

Os dois parques também diferiram na porcentagem dos indivíduos, de acordo com o padrão de ocorrência das espécies (Figura 6). Essa diferença se manteve ($P < 0,001$) para todos os agrupamentos analisados: facilitadores ($\chi^2 = 58,35$; GL = 4), recrutas sob copa ($\chi^2 = 106,22$; GL = 4), recrutas sobre o campo ($\chi^2 = 53,32$; GL = 4) e para o total de indivíduos amostrados em cada parque ($\chi^2 = 205,60$; GL = 4).

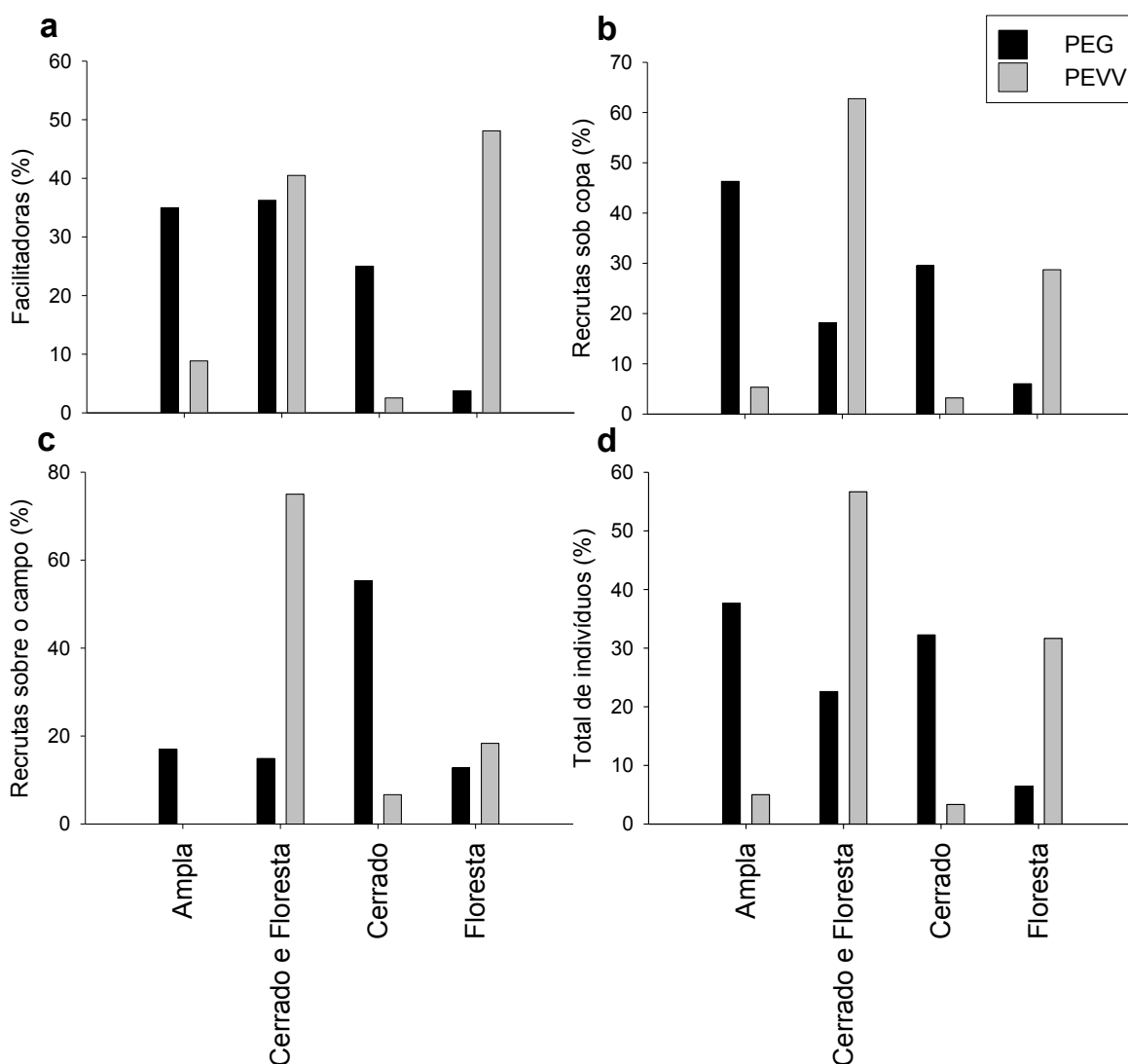


Figura 6. Distribuição das espécies lenhosas amostradas, baseada nas abundâncias, por classe de ocorrência, como (a) facilitadores, (b) recrutas sob a copa de indivíduos facilitadores, (c) recrutas sobre o campo e (d) para o total das amostras (a + b + c), para o Parque Estadual do Guartelá (PEG; n = 279) e o Parque Estadual de Vila Velha (PEVV; n = 240), Sul do Brasil.

Enquanto o PEG apresentou grande porcentagem de indivíduos de ocorrência ampla (38%) e de Cerrado (32%), o PEVV apresentou grande porcentagem de indivíduos de floresta e Cerrado (57%) e floresta (32%). Uma diferença de distribuição da composição de recrutas, baseada na porcentagem de grupos de ocorrência, sobre os campos, sob a copa dos facilitadores e dentro das manchas florestais, foi identificada para o PEG ($\chi^2 = 89,63$; GL = 6; $P < 0,001$) e para o PEVV

($\chi^2 = 28,65$; GL = 6; $P < 0,001$). No PEG, em maioria, os recrutas sobre o campo eram espécies de Cerrado (54%), os recrutas sob as facilitadoras de ocorrência ampla (46%), e também os recrutas dentro das manchas florestais (52% de ocorrência ampla) (Figura 7a). Já no PEVV, obtivemos uma maior porcentagem de espécies de floresta recrutadas nos indivíduos amostrados em campo (17%) e sob a copa de facilitadoras (28%) (Figura 7b).

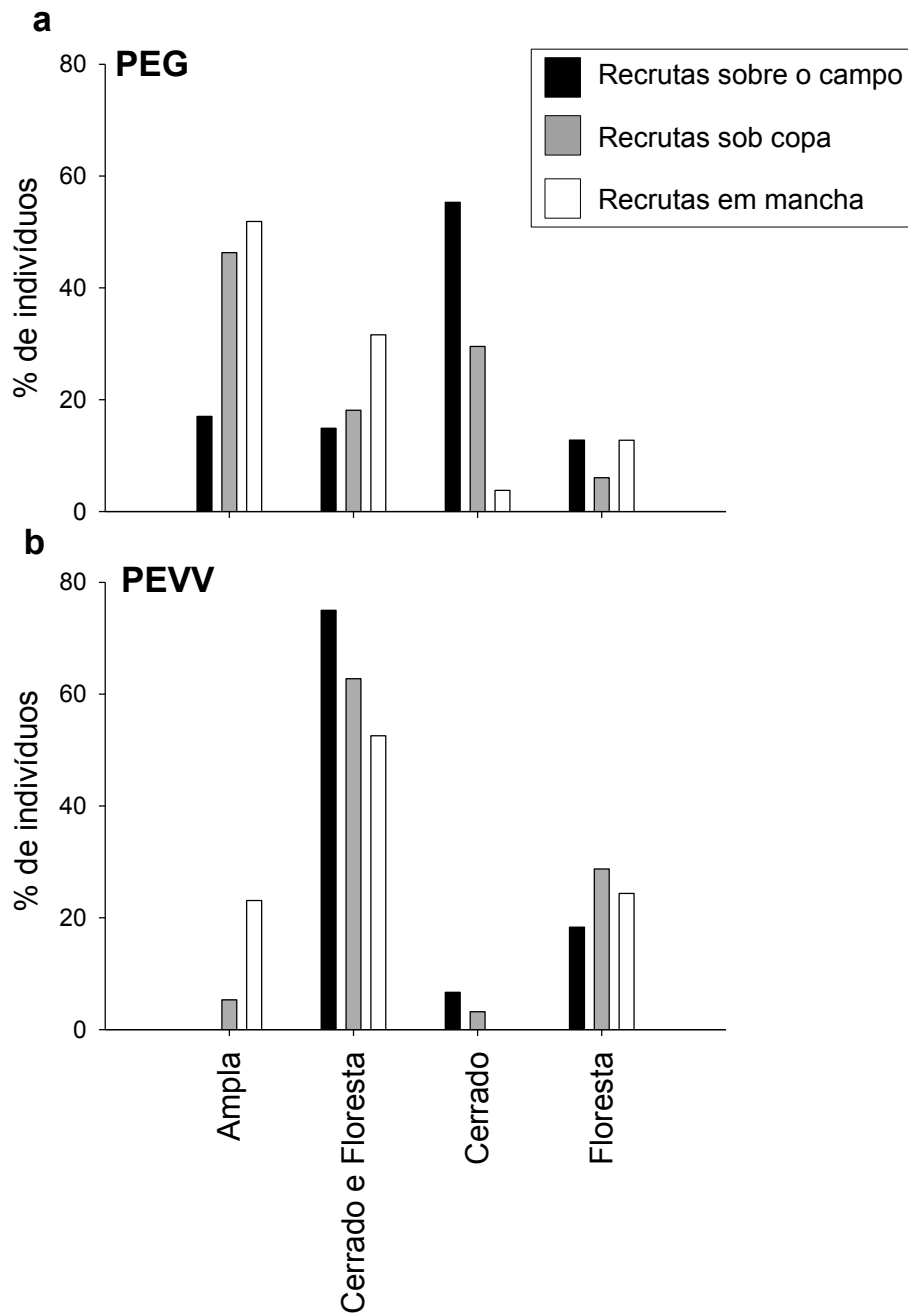


Figura 7. Distribuição de recrutas amostrados, por classe de ocorrência, sobre o campo (PEG n = 47; PEVV n = 60), sob a copa de indivíduos facilitadores (PEG n = 149; PEVV n = 94) e dentro das manchas florestais (PEG n = 212; PEVV n = 78) para (a) Parque Estadual do Guartelá (PEG) e (b) Parque Estadual de Vila Velha (PEVV), Sul do Brasil.

DISCUSSÃO

Efeitos da facilitação na expansão florestal: A menor cobertura de espécies campestres, em sua maioria gramíneas, sob a copa das facilitadoras e dentro das manchas florestais, evidencia a facilitação indireta nos dois parques. A competição entre plântulas lenhosas e gramíneas é um grande fator limitante ao estabelecimento de espécies lenhosas (HOLL *et al.*, 2000). A sombra gerada pela copa de indivíduos lenhosos, já estabelecidos em campo, diminui o potencial competitivo das gramíneas, facilitando, dessa forma, de maneira indireta o estabelecimento de outros indivíduos lenhosos nessa área (HOLL, 2002; RIGINOS *et al.*, 2009). Como os efeitos da facilitação indireta, nesse caso, são difíceis de serem avaliados isoladamente, entendemos que estes estão presentes e agindo em sinergia com a facilitação direta.

Como em ambos parques a riqueza e a abundância de plantas lenhosas foi maior sob a copa dos facilitadores em comparação aos campos associados, concluímos que plantas lenhosas isoladas sobre os campos promovem o recrutamento de lenhosas não campestres sob suas copas. Muitos estudos encontraram mais indivíduos de espécies lenhosas sob a copa de árvores e arbustos do que sobre pastagens abandonadas (SLOCUM, 2001; HOLL, 2002; CAMPOS, 2010). Na região Sul do Brasil, em áreas de mosaicos entre floresta e campos, como as do presente trabalho, outros autores também encontraram a promoção do recrutamento de indivíduos florestais sob a copa de lenhosas isoladas nos campos (DUARTE *et al.*, 2006; SANTOS *et al.*, 2011). Além de atraírem mais dispersores de espécies florestais, as árvores e arbustos isolados em campos, na região de mosaico entre vegetações florestais e campestres, servem como extensões do ambiente florestal na matriz campestre (SANTOS *et al.*, 2011).

O efeito da facilitação no recrutamento de espécies lenhosas não campestres sobre os campos está relacionado positivamente com o tamanho dos indivíduos facilitadores. Como a amostragem das plantas recrutadas foi feita na projeção da área de copa, indivíduos maiores tiveram mais área amostrada e, sabendo-se da relação entre número de espécies e o tamanho da área amostrada (ARRHENIUS, 1921; BROWN; LOMOLINO, 1998), não podemos deixar de levar em consideração esse fator na interpretação da relação encontrada. Além disso, de maneira geral, o tamanho das plantas está relacionado com a sua idade, e uma planta facilitadora mais velha teve mais tempo para que outras plantas fossem recrutadas sob sua copa, fato este que também gera um viés nessa relação entre abundância e riqueza de recrutadas e o tamanho da facilitadora. Apesar disso, indivíduos lenhosos maiores, com copas maiores, podem fazer mais sombra sobre espécies campestres, facilitando indiretamente, como discutido acima, o recrutamento de plantas não campestres. Plantas maiores isoladas sobre os campos também podem ser mais atrativas para a avifauna (HOLL, 1998; DUNCAN; CHAPMAN, 1999; SHIELS; WALKER, 2003), sendo mais facilmente percebidas e com maior área de empoleiramento, incrementando a chegada de sementes de espécies ornitocóricas sob suas copas.

O processo de facilitação no recrutamento de espécies não campestres sobre os campos, encontrados no presente estudo corrobora os padrões descritos para áreas degradadas em sucessão ou restauração ecológica (SLOCUM, 2001; HOLL *et al.*, 2002; CAMPOS, 2010), ou na expansão de fisionomias florestais sobre campestres (DUARTE *et al.*, 2006; SANTOS *et al.*, 2011) e, aparentemente, são a regra no adensamento florestal em áreas de campos.

Dinâmica da vegetação florestal, Cerrado e Campo: Apesar de relativamente próximos, o PEG e o PEVV são influenciados por floras distintas, o que se reflete em composições diferenciadas de espécies facilitadoras e recrutadas, entre esses parques. Apesar de o PEVV ter uma riqueza total de plantas muito maior do que o PEG (MORO, 2012), aquele apresentou riqueza e abundância totais menores para as espécies amostradas no presente trabalho. Isso indica que uma maior parcela do total das espécies presentes no PEG, em comparação ao PEVV, deva participar diretamente na colonização florestal da matriz campestre, por nucleação. Não somente a composição taxonômica varia entre os parques, mas também a composição de grupos de ocorrência. O PEG apresentou muitas espécies de ocorrência em Cerrado e em Cerrado e floresta, o que corrobora a relação de similaridade florística encontrada por Moro (2012) entre este parque e locais com florística típica do Cerrado, mais ao norte do Paraná e em São Paulo. Já o PEVV possui maiores porcentagens, para o total de espécies, de indivíduos das fisionomias florestais e não do grupo de ocorrência exclusiva de Cerrado. Essa diferença encontrada na composição de grupos entre os parques corrobora os resultados apresentados por Moro (2012), em que o PEG e o PEVV, apesar de próximos, possuem florísticas únicas quando comparados entre si. Isto pode indicar que as espécies que participam do processo de facilitação são representantes da composição florística local, mais do que possíveis grupos de espécies que atuam especificamente neste processo em toda a região.

Encontramos maiores riqueza e abundância de espécies lenhosas não campestres sobre os campos e maior densidade (menor distância entre os indivíduos) de facilitadores isolados em campo no PEVV, em comparação ao PEG. Fatores da paisagem podem estar influenciando esses resultados, pois o PEVV

possui área total e área de floresta contínua maiores do que o PEG, favorecendo a dispersão de propágulos florestais sobre os campos, e assim, a expansão florestal. Apesar de possuir os indivíduos facilitadores em média mais distantes entre si, o PEG apresenta as manchas florestais em média mais próximas do que o PEVV, indicando uma maior densidade de manchas. Como indivíduos facilitadores tendem a formar, pelo estabelecimento de recrutas sob suas copas, núcleos ou manchas florestais, esses resultados parecem controversos. Um dos fatores que podem estar influenciando isto é o regime de incêndios, que foi distinto entre os parques, pelo menos nos últimos 20 anos, pois o fogo limita a expansão da floresta sobre os campos (PILLAR, 2003). Regimes esporádicos de incêndio podem ser responsáveis pela menor densidade de manchas florestais e menores riqueza e abundância de plantas lenhosas dentro das manchas no PEVV. Isso explicaria essa diferença entre as facilitadoras e as manchas neste parque. O fogo também pode estar influenciando a expansão florestal no PEG. A vegetação típica de Cerrado tende a ter um adensamento de indivíduos lenhosos com a exclusão de ocorrência de queimadas (MOREIRA, 2000). A exclusão total de incêndios nos últimos 20 anos, juntamente com a forte influência de elementos típicos de Cerrado, podem explicar a maior densidade de manchas florestais no PEG. Para conferir esses indícios, um estudo que avalie especificamente o efeito do fogo sobre o desenvolvimento de manchas florestais se faz necessário.

Atribuimos o efeito da facilitação sobre as porcentagens de grupos de ocorrência para as plantas recrutadas, ao compararmos os indivíduos lenhosos não campestres recrutados em campo, com os encontrados sob a copa das facilitadoras e dentro das manchas florestais. Esse efeito de facilitação na composição de recrutas, apresentado em vários estudos em diferentes regiões e processos

(CALLAWAY, 1992; CASTRO *et al.*, 2002; HOLL, 2002; GÓMEZ-APARICIO *et al.*, 2004; DUARTE *et al.*, 2006; CAMPOS, 2010; SANTOS *et al.*, 2011), ocorre em ambos os parques, mas de maneiras diferentes. No PEVV esse efeito de facilitação é mais discreto. O aumento na proporção de indivíduos de floresta com a diminuição de ocorrência do Cerrado e de Cerrado e floresta, mostra a tendência de recrutamento de indivíduos florestais nas nucleações, evidenciando a expansão florestal nessa região. No PEG o efeito da facilitação é mais expressivo. A diminuição da proporção de indivíduos de ocorrência em Cerrado sobre os campos e o aumento, sob as facilitadas e dentro das manchas, dos grupos de ocorrência ampla e Cerrado e floresta, indicam também a tendência da facilitação em alterar a fisionomia desse parque. Mesmo com a baixa variação da taxa de indivíduos de ocorrência exclusiva de floresta, esses resultados indicam o papel da facilitação no aumento de fisionomias florestais sobre os campos, corroborando resultados de outros locais no Sul do Brasil (DUARTE *et al.*, 2006; SANTOS *et al.*, 2011).

Evidenciamos para os dois parques o importante papel da facilitação na expansão florestal sobre os campos no Paraná. A diminuição da cobertura de espécies campestres, o aumento da abundância e da riqueza de espécies lenhosas não campestres e o aumento na proporção de indivíduos de fisionomia florestal, são evidências disso. As diferenças encontradas entre os parques mostram que, apesar de próximas, áreas com influências de floras diferentes apresentam diferenças na estruturação inicial dos núcleos florestais. Desta forma, a expansão florestal sobre os campos no sul do Brasil através da facilitação é um processo dependente da influência do *pool* de espécies de cada região.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARRHENIUS, O. Species and Area. **Journal of Ecology** 9, 95-99, 1921.
- BEHLING H., PILLAR V. D., ORLÓCI L. & BAUERMANN S. G. Late Quaternary Araucaria forest, grassland (Campos), fire and climate dynamics, studied by high-resolution pollen, charcoal and multivariate analysis of the core in southern Brazil. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology** 203, 277–97, 2004.
- BERTNESS, M. & CALLAWAY, R.M. Positive interactions in communities. **Trends in Ecology and Evolution**, 9, 191–193, 1994.
- BOX, E. O. Macroclimate and Plant Forms: An Introduction to Predictive Modelling in Phytogeography. **Junk, The Hague**, 1981.
- BROOKER, R.W. & CALLAGHAN, T.V. The balance between positive and negative plant interactions and its relationship to environmental gradients: a model. **Oikos**, 81, 196–207, 1998.
- BROOKER, R.W., F. T. MAESTRE, R. M. CALLAWAY, C. L. LORTIE, L. CAVIERES, G. KUNSTLER, P. LIANCOURT, K. TIELBÖRGER, J. M. J. TRAVIS, F. ANTHELME, C. ARMAS, L. COLL, E. CORCKET, S. DELZON, E. FOREY, Z. KIKVIDZE, J. OLOFSSON, F. I. PUGNAIRE, C. L. QUIROZ, P. SACCONI, K. SCHIFFERS, M. SEIFAN, B. TOUZARD & MICHALET, R. Facilitation in plant communities: the past, the present and the future. **Journal of Ecology**, 96, 18–34, 2008.
- BROWN, J.H.; LOMOLINO, M.V. **Biogeografia**. 2.ed. Ribeirão Preto: FUNPEC, 2006.
- BRUNO J. F., STACHOWICZ J. J. & BERTNESS M. D. Inclusion of facilitation into ecological theory. **Trends Ecol. Evol** 18, 119–25, 2003.
- CABRERA, A. L. Fitogeografía de la Republica Argentina. **Sociedad Argentina de Botanica**, Buenos Aires, 1971.
- CALLAWAY, RM. Effect of shrubs on recruitment of *Quercus douglasii* and *Quercus lobata* in California. **Ecology** 73:2118–2128, 1992.

- CALLAWAY R. M. Positive interactions among plants. **Botanical Review**. 61, 306–49, 1995.
- CALLAWAY, R.M., BROOKER, R.W., CHOLER, P., KIKVIDZE, Z., LORTIE, C.J., MICHALET, R., PAOLINI, L., PUGNAIRE, F.I., NEWINGHAM, B., ASCHEHOUG, E.T., ARMAS, C., KIKODZE, D. & COOK, B.J. Positive interactions among alpine plants increase with stress. **Nature**, 417, 844–848, 2002
- CARMO, M.R.B., ANDRADE, A.L.P., DOS SANTOS, G.A.S.D. & ASSIS, M.A. Análise estrutural em relictos de Cerrado no Parque Estadual do Guartelá, município de Tibagi, estado do Paraná, Brasil. **Ciência Florestal**, v. 22, n. 3, p. 505-517, 2012.
- CASTANHO, C.T., OLIVEIRA, A.A. & PRADO P.I. The importance of plant life form on spatial associations along a subtropical coastal dune gradient. **Journal of Vegetation Science** 23 952–961, 2012.
- CAMPOS, P. R. Espécies lenhosas pioneiras apresentam diferentes potenciais de facilitação da regeneração natural em pastagens abandonadas? Dissertação de mestrado. **Universidade Federal do Paraná**, 2010.
- CASTRO, J., R. ZAMORA, J.A. HODAR, & J.M. GOMEZ. Use of shrubs as nurse plants: a new technique for reforestation in Mediterranean mountains. **Restoration Ecology** 10:297- 305, 2002.
- CERVI, A.C.; VON LINSINGEN, L.; HATSCHBACH, G.; RIBAS, O.S. A vegetação do Parque Estadual de Vila Velha, município de Ponta Grossa, Paraná, Brasil. **Boletim do Musel Botânico Municipal**, Curitiba, v. 69, p.1-52, 2007.
- CONNELL, J.H. & SLATYER, R.O. Mechanisms of succession in natural communities and their role in community stability and organization. **American Naturalist** 111, 1119–1144, 1977.
- CRUZ, G.C.F. da C. Alguns aspectos do clima dos Campos Gerais. In: MELO, M.S.; MORO, R.S.; GUIMARAES, G.B. Patrimônio natural dos Campos Gerais do Paraná. Ponta Grossa: **Editora UEPG**, Cap. 5, p. 59-72, 2007.

- DUARTE, L. S., M. M. DOS-SANTOS, S. M. HARTZ, AND V. D. PILLAR. Role of nurse plants in Araucaria Forest expansion over grassland in south Brazil. **Austral Ecology** 31: 520- 528, 2006.
- DUNCAN, R.S. & CHAPMAN, C.A. Seed dispersal and potential Forest succession in abandoned agriculture in tropical Africa. **Ecological Applications** 9(3): 998-1008, 1999.
- DURIGAN, G.; RATTER, J.A.; BRIDGEWATER, S.; SIQUEIRA, M.F.de; FRANCO, G.A.D.C. Padrões fitogeográficos do cerrado paulista sob uma perspectiva regional. **Hoehnea**, v.30, n.1, p.39-51, 2003.
- GÓMEZ-APARICIO, L., ZAMORA, R., GÓMEZ, J.M., HÓDAR, J.A., CASTRO, J. & BARAZA, E. Applying plant positive interactions to reforestation in Mediterranean mountains: a meta-analysis of the use of shrubs as nurse plants. **Ecological Applications**, 14, 1128–1138, 2004.
- GÓMEZ-APARICIO, L.; GOMEZ, J.M.; ZAMORA, R. & BOETTINGER, J.L. Canopy vs. soil effects of shrubs facilitating tree seedlings in Mediterranean montane ecosystems. **Journal of Vegetation Science** 16: 191-198, 2005.
- GROENEVELD, E.V.G., MASSE, A. & ROCHEFORT L. Polytrichum strictum as a Nurse-Plant in peatland restoration. **Restoration Ecology**. 15:709-719, 2007.
- GUEVARA, S.; MEAVE, J.; MORENO-CASSOLA, P. & LABORDE, J. Floristic composition and structure of vegetation under isolated tress in neotropical pastures. **Journal of Vegetation Science** 3: 655-664, 1992.
- HOLDRIDGE, L. R. Determinations of world formations from simple climatic data. **Science** 105: 367-368, 1947.
- HOLL, K. D. Effect of shrubs on tree seedling establishment in an abandoned tropical pasture. **Journal of Ecology** 90: 179–187, 2002.
- HOLL, K. D., LOIK, M. E., LIN, E. H. V. & SAMUELS I. A. Tropical montane forest restoration in Costa Rica: overcoming barriers to dispersal and establishment. **Restoration Ecology** 8: 339–349, 2000.
- HOLL, K.D. Do bird perching structure elevate seed rain and seedling establishment in abandoned tropical pasture? **Restoration Ecology** 6: 253-261, 1998.

- HOLZAPFEL, C., TIELBÖRGER, K., PARAG, H.A., KIGEL, J. & STERNBERG, M. Annual plant–shrub interactions along an aridity gradient. **Basic and Applied Ecology**, 7, 268–279, 2006.
- IBGE. Mapa da vegetação do Brasil e Mapa de biomas do Brasil, **IBGE**, 2004.
- KLEIN R. M. O aspecto dinâmico do pinheiro brasileiro. **Sellowia** 12, 17–51, 1960.
- MACHADO, R.E. Padrões vegetacionais em capões de floresta com araucária no planalto nordeste do Rio Grande do Sul, Brasil. MSC. Dissertação, Porto Alegre, **UFRGS**, 2004.
- MOREIRA, A. G. Effects of fire protection on savanna structure in central Brazil. **Journal of Biogeography** 27: 1021–1029, 2000.
- MORO, R.S. Padrões biogeográficos dos relictos de cerrado nos Campos Gerais – p.53-67. Biogeografia do cerrado nos Campos Gerais. Ponta Grossa: **Ed. UEPG**, 207p., 2012.
- OLIVEIRA, J. M. & PILLAR, V. D. Vegetation dynamics on mosaics of Campos and Araucaria forest between 1974 and 1999 in Southern Brazil. **Community Ecology** 5, 197–202, 2004.
- OLIVEIRA-FILHO A.T. & FONTES M.A.L. Patterns of floristic differentiation among Atlantic Forest in Southeastern Brazil and the influence of climate. **Biotropica** 32: 793-810, 2000.
- PETERSON, C.J. & HAINES, B.L. Early succesional patterns and potential facilitacion of woody plant colonization by rotting logs in Premontane Costa Rican pastures. **Restoration Ecology** 8(4): 361-369, 2000.
- PILLAR V. D. Dinâmica da expansão florestal em mosaicos de floresta e Campos no sul do Brasil. In: Ecossistemas Brasileiros: Manejo E Conservação (ed. V. Claudino-Sales) pp. 209–16. **Expressão Gráfica**, Fortaleza, 2003.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing, reference index version 2.14.2. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2011.
- REITZ, R. **Flora Ilustrada Catarinense**, 1965.

- RIGINOS, C., GRACE, J. B., AUGUSTINE, D. J. & YOUNG, T. P. Local versus landscapescale effects of savanna trees on grasses. **Journal of Ecology**. 97: 1337-1345, 2009.
- SANKARAN M., RATNAM J. & HANAN N. P. Tree–Grass coexistence in savannas revisited – insights from an examination of assumptions and mechanisms invoked in existing models. **Ecology Letters** 7, 480–90, 2004.
- SANTOS, M.M.G., OLIVEIRA, J.M., MULLER, S.C. E PILLAR, V.D. Chuva de sementes de espécies lenhosas florestais em mosaicos de floresta com Araucária e campos no Sul do Brasil. **Acta Botanica Brasilica** 25(1): 160-167, 2011.
- SCHOLES R. J. & ARCHER S. R. Tree–grass interactions in savannas. **Annual Review of Ecology and Systematic** 34, 575–604, 1997.
- SCHULTZ, A. R. Some fitogeographical and fitological data from Rio Grande do Sul, Brazil. **Vegetatio** 7: 355-360, 1957.
- SHIELS, A.B. & WALKER, L.R. Bird perches increase forest seeds on Puerto Rican landslides. Bird perches increase forest seeds on Puerto Rican landslides. **Restoration Ecology** 11(4): 457-465, 2003.
- SLOCUM, M. G. How tree species differ as recruitment foci in a tropical pasture. **Ecology** 82: 2547–2559, 2001.
- VALIENTE-BANUET, A. & EZCURRA, E. Shade as a cause of the association between the cactus *Neobuxbaumia tetetzo* and the nurse-plant *Mimosa luisana* in the Tehuacan Valley, Mexico. **Journal of Ecology** 79:961–971, 1991.

ANEXOS

Anexo 1. Lista de plantas lenhosas isoladas e em manchas florestais nos Parques Estaduais do Guartelá e Vila Velha, Sul do Brasil. Ocorrências: Ampla (A), Cerrado e Floresta (CF), Cerrado (C), Floresta (F) e não determinada (N).

Parque/ Espécie facilitadora	Família	Ocorrência	n	Altura média (m) ± EP	Área total da copa/mancha (m ²)	Plantas recrutadas (h > 1,5m)		Plantas recrutadas (0,3m ≥ h ≤ 1,5m)	
						Densidade (ind.m ⁻²)	Riqueza média	Densidade (ind.m ⁻²)	Riqueza média
PLANTAS ISOLADAS									
P.E. Guartelá									
<i>Myrsine umbellata</i> Mart.	Primulaceae	A	23	2,52 ± 0,16	45,21	-	-	1,02	0,87
<i>Miconia sellowiana</i> Naudin	Melastomataceae	CF	19	2,24 ± 0,08	52,3	-	-	0,75	0,84
<i>Leptolobium elegans</i> Vogel	Fabaceae	C	6	2,87 ± 0,28	22,74	-	-	0,79	2,00
<i>Miconia ligustroides</i> (DC.) Naudin	Melastomataceae	CF	4	1,86 ± 0,05	15,9	-	-	0,82	1,75
<i>Ouratea spectabilis</i> (Mart. ex Engl.) Engl.	Ochnaceae	C	4	2,07 ± 0,16	5,02	-	-	0,8	1,00
<i>Cinnamomum sellowianum</i> (Nees & Mart.) Kosterm.	Lauraceae	CF	3	2,37 ± 0,52	4,11	-	-	0,97	0,67
<i>Erythroxylum deciduum</i> A. St.-Hil.	Erythroxylaceae	A	3	1,70 ± 0,11	1,81	-	-	1,10	0,67
<i>Erythroxylum suberosum</i> A. St.-Hil.	Erythroxylaceae	C	2	1,80 ± 0,1	2,76	-	-	0,72	1,00
<i>Handroanthus chrysotrichus</i> (Mart. ex A. DC.) Mattos	Bignoniaceae	F	2	2,15 ± 0,25	2,73	-	-	0,00	0,00
<i>Leandra aurea</i> (Cham.) Cogn.	Melastomataceae	C	2	1,75 ± 0,15	1,57	-	-	1,27	1,00
<i>Rhamnus sphaerosperma</i> Sw.	Rhamnaceae	CF	2	1,55 ± 0,05	2,14	-	-	0,94	1,00
<i>Stryphnodendron adstringens</i> (Mart.) Coville	Fabaceae	C	2	2,35 ± 0,05	5,18	-	-	0,00	0,00
<i>Alchornea triplinervia</i> (Spreng.) Müll. Arg.	Euphorbiaceae	A	1	2,80	3,14	-	-	1,27	2,00
<i>Caryocar brasiliense</i> Cambess.	Caryocaraceae	C	1	2,10	4,49	-	-	0,22	1,00
<i>Leucochloron incuriale</i> (Vell.) Barneby & J.W. Grimes	Mimosaceae	C	1	5,00	5,5	-	-	1,09	5,00
<i>Miconia cinerascens</i> var. <i>cinerascens</i>	Melastomataceae	C	1	2,50	3,3	-	-	0,91	3,00
<i>Myrciaria tenella</i> (DC.) O. Berg	Myrtaceae	F	1	2,00	3,13	-	-	0,00	0,00
<i>Myrsine ferruginea</i> (Ruiz & Pav.) Spreng.	Primulaceae	A	1	1,90	0,49	-	-	2,02	1,00

Parque/ Espécie facilitadora	Família	Ocorrência	n	Altura média (m) ± EP	Área total da copa/mancha (m ²)	Plantas recrutadas (h > 1,5m)		Plantas recrutadas (0,3m ≥ h ≤ 1,5m)	
						Densidade (ind.m ⁻²)	Riqueza média	Densidade (ind.m ⁻²)	Riqueza média
Indeterminada 1	N	N	1	2,70	3,14	-	-	0,32	1,00
<i>Symplocos pubescens</i> Klotzsch Benth.	ex Symplocaceae	CF	1	2,00	2,07	-	-	1,45	3,00
Total Quartelá			80		186,77	-	-	0,82	
P.E. Vila Velha									
<i>Clethra scabra</i> Pers.	Clethraceae	F	29	3,14 ± 0,25	112,97	-	-	0,43	0,41
<i>Rhamnus sphaerosperma</i> Sw.	Rhamnaceae	CF	12	1,90 ± 0,09	38,18	-	-	0,37	0,42
<i>Baccharis brevifolia</i> DC.	Asteraceae	CF	5	2,40 ± 0,16	74,63	-	-	0,09	1,00
<i>Cinnamomum sellowianum</i> (Nees & Mart.) Kosterm.	Lauraceae	CF	5	2,30 ± 0,2	8,76	-	-	0,23	0,20
<i>Myrsine umbellata</i> Mart.	Primulaceae	A	5	3,18 ± 0,3	17,08	-	-	0,29	0,80
<i>Vernonia discolor</i> (Spreng.) Less.	Asteraceae	F	5	2,94 ± 0,66	39,55	-	-	0,03	0,33
<i>Baccharis myricifolia</i> DC.	Asteraceae	CF	3	2,34 ± 0,29	7,19	-	-	0,28	0,33
<i>Baccharis dracunculifolia</i> DC.	Asteraceae	A	2	1,85 ± 0,15	3,89	-	-	0,51	1,00
<i>Campomanesia adamantium</i> (Cambess.) O. Berg	Myrtaceae	CF	2	1,70	7,37	-	-	0,00	0,00
<i>Miconia sellowiana</i> Naudin	Melastomataceae	CF	2	3,6 ± 1,1	9,99	-	-	0,20	1,00
<i>Byrsonima intermedia</i> A. Juss.	Malpighiaceae	C	1	1,53	0,71	-	-	1,41	1,00
<i>Leandra aurea</i> (Cham.) Cogn.	Melastomataceae	C	1	2,00	1,12	-	-	0,00	1,00
<i>Miconia theaezans</i> (Bonpl.) Cogn.	Melastomataceae	CF	1	1,90	3,88	-	-	0,00	0,00
<i>Myrcia rupicola</i> D. Legrand	Myrtaceae	F	1	2,30	0,92	-	-	0,00	0,00
<i>Myrciaria delicatula</i> (DC.) O. Berg	Myrtaceae	F	1	2,00	0,86	-	-	3,47	2,00
<i>Piptocarpha axillaris</i> (Less.) Baker	Asteraceae	CF	1	4,00	15,01	-	-	0,13	1,00
Indeterminada 2		N	1	1,80	0,27	-	-	3,64	0,00
<i>Symplocos lanceolata</i> A. DC.	Symplocaceae	CF	1	1,90	1,41	-	-	0,00	0,00
<i>Symplocos tenuifolia</i> Brand	Symplocaceae	F	1	2,40	1,77	-	-	2,26	3,00

Parque/ Espécie facilitadora	Família	Ocorrência	n	Altura média (m) ± EP	Área total da copa/mancha (m ²)	Plantas recrutadas (h > 1,5m)		Plantas recrutadas (0,3m ≥ h ≤ 1,5m)	
						Densidade (ind.m ⁻²)	Riqueza média	Densidade (ind.m ⁻²)	Riqueza média
<i>Symplocos uniflora</i> (Pohl) Benth.	Symplocaceae	F	1	3,50	14,52	-	-	0,48	4,00
	Total Vila Velha		80		360,08	-	-	0,66	
MANCHAS FLORESTAIS									
P.E. Guartelá									
<i>Myrsine umbellata</i> Mart.	Primulaceae	A	11	5,35 ± 0,30	164,05	0,49	3,90	3,19	2,46
<i>Miconia sellowiana</i> Naudin	Melastomataceae	CF	3	4,74 ± 0,90	87,81	0,89	11,00	3,67	8,34
<i>Cinnamomum sellowianum</i> (Nees & Mart.) Kosterm.	Lauraceae		2	5,60 ± 0,40	15,19	0,92	5,50	3,00	6,00
<i>Alchornea triplinervia</i> (Spreng.) Müll. Arg.	Euphorbiaceae	A	1	5,00	17,59	0,51	3,00	7,00	6,00
<i>Casearia silvestris</i> Sw.	Salicaceae	A	1	6,50	22,46	0,58	10,00	5,00	12,00
<i>Myrsine ferruginea</i> (Ruiz & Pav.) Spreng.	Primulaceae	A	1	8,00	23,75	0,25	5,00	5,00	7,00
Indeterminada 1	N	N	1	7,00	62,09	0,34	8,00	4,00	10,00
	Total Guartelá		20		392,94	0,57	53,00	4,41	57,00
P.E. Vila Velha									
<i>Clethra scabra</i> Pers.	Clethraceae	F	5	5,56 ± 0,56	86,57	0,18	2,60	1,40	2,40
<i>Vernonia discolor</i> (Spreng.) Less.	Asteraceae	F	3	5,40 ± 0,83	101,66	0,13	2,70	0,67	2,34
<i>Lithraea molleoides</i> Engl.	Anacardiaceae		2	5,15 ± 0,15	72,51	0,11	2,00	5,00	1,50
Indeterminada 3			1	4,00	10,12	0,39	3,00	3,00	5,00
<i>Campomanesia adamantium</i> (Cambess.) O. Berg	Myrtaceae	CF	1	4,30	18,57	0,27	2,00	0,00	2,00
<i>Erythroxylum deciduum</i> A. St.-Hil.	Erythroxylaceae	A	1	2,00	12,44	0,32	2,00	4,00	5,00
<i>Myrcia splendens</i> (Sw.) DC.	Myrtaceae		1	4,50	18,89	0,32	3,00	4,00	3,00
<i>Myrsine ferruginea</i> (Ruiz & Pav.) Spreng.	Primulaceae	A	1	3,20	17,67	0,28	5,00	0,00	5,00
<i>Myrsine umbellata</i> Mart.	Primulaceae	A	1	4,50	14,92	0,33	5,00	1,00	5,00

Parque/ Espécie facilitadora	Família	Ocorrência	n	Altura média (m) ± EP	Área total da copa/mancha (m ²)	Plantas recrutadas (h > 1,5m)		Plantas recrutadas (0,3m ≥ h ≤ 1,5m)	
						Densidade (ind.m ⁻²)	Riqueza média	Densidade (ind.m ⁻²)	Riqueza média
<i>Ocotea puberula</i> (Rich.) Nees	Lauraceae		1	6,00	15,49	0,26	2,00	1,00	3,00
<i>Piptocarpha axillaris</i> (Less.) Baker	Asteraceae		1	7,00	17,59	0,23	3,00	0,00	3,00
Indeterminada 2	N	N	1	4,50	13,19	0,08	1,00	1,00	2,00
<i>Symplocos tenuifolia</i> Brand	Symplocaceae		1	6,50	66,76	0,04	3,00	3,00	3,00
	Total Vila Velha		20		466,39	0,23	11,00	1,85	30,00

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As evidências do papel da facilitação na expansão da floresta sobre os campos apresentadas neste estudo, enfatizam a importância das interações positivas em processos ecossistêmicos e na estruturação de comunidades. As diferenças encontradas na composição, abundância e riqueza de espécies, entre indivíduos recrutados sob plantas facilitadoras e diretamente sobre os campos, ressaltam essa importância. Além disso, verificamos que áreas com influências de floras diferentes apresentam diferenças na estruturação inicial dos núcleos florestais, e mesmo das espécies que participam do processo de facilitação. Isto revelou que a expansão florestal sobre os campos no sul do Brasil, através da facilitação, é um processo dependente da influência do *pool* de espécies de cada região. Além disso, fatores locais como a ocorrência de incêndios e o manejo da pecuária também influenciam esse processo. Desse modo, mesmo com uma tendência geral das florestas expandirem sobre os campos na região sul do Brasil, esse é um processo dependente de variáveis locais. O tempo que cada contínuo florestal vai levar para se expandir totalmente sobre os campos limítrofes, a forma preferencial dessa expansão (pelas bordas ou por nucleação), bem como a estrutura inicial dessas “novas florestas”, são fatores relativos a cada localidade. Assim, para uma melhor compreensão desse processo dinâmico de expansão florestal sobre os campos, são necessários mais estudos que avaliem como outras variações locais influenciam nesse processo em uma região.