

Composição, estrutura e dinâmica da regeneração natural ao longo de 18 meses de estudo em sub-bosque de *Pinus elliottii* Engelm

Composition, structure and dynamics of natural regeneration over 18 months of study in understory of *Pinus elliottii* Engelm

Composición, estructura y dinámica de la regeneración natural durante 18 meses de estudio en sotobosques de *Pinus elliottii* Engelm

Recebido: 06/05/2022 | Revisado: 30/05/2022 | Aceito: 11/06/2022 | Publicado: 20/06/2022

Thaís Regina Drezza

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5608-5678>
Universidade Federal do Paraná, Brasil
E-mail: lebis.t@gmail.com

Alexandre Dal Forno Mastella

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2872-5965>
Universidade Federal do Paraná, Brasil
E-mail: alexandremastella@gmail.com

Chaiane Rodrigues Schneider

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7839-1740>
Universidade Federal do Paraná, Brasil
E-mail: chai.rodriguesschneider@gmail.com

Viviane Helena Palma

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4178-6225>
Universidade Federal do Paraná, Brasil
E-mail: vivihpalma@gmail.com

Ana Carolina Coelho Schimaleski

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6444-6576>
Universidade Federal do Paraná, Brasil
E-mail: anacarolinaschim@gmail.com

Karen Koch Fernandes de Souza

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5869-8059>
Universidade Federal do Paraná, Brasil
E-mail: karenkfsouza@gmail.com

Dagma Kratz

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3062-424X>
Universidade Federal do Paraná, Brasil
E-mail: kratzdagma@gmail.com

Alessandro Camargo Angelo

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3435-300X>
Universidade Federal do Paraná, Brasil
E-mail: alessandrocamargo@gmail.com

Resumo

O estudo da dinâmica da regeneração natural em sub-bosque de *Pinus elliottii* Engelm auxilia em estratégias de manejo, conservação e melhoria de condições para regeneração natural de espécies nativas de sub-bosque. Nesse sentido, há a hipótese do aproveitamento desse sub-bosque para prestação de serviços ambientais e fornecimento de dados indicativos sobre o grau de perturbação gerado pelo dossel da espécie exótica, podendo sugerir coexistência entre a espécie exótica e as espécies nativas regenerantes. O presente estudo teve como objetivo caracterizar a regeneração natural de sub-bosque de *P. elliottii* e verificar a dinâmica da regeneração com a presença desta espécie ao longo de 18 meses de estudo. Para caracterizar a vegetação do sub-bosque de pinus foram alocadas 24 parcelas de 40x5 m. Para acompanhar a dinâmica da regeneração, analisou-se 8 sub-parcelas de 5x5 m. As variâncias dos números de indivíduos e espécies, indivíduos separados por pioneiros e não pioneiros e indivíduos de pinus, foram testadas quanto à sua homogeneidade pelo teste de Bartlett. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey (5% de probabilidade) e os parâmetros fitossociológicos foram analisados para compreender a estrutura da vegetação no local. Observou-se predomínio de espécies e indivíduos não pioneiros, destacando-se as famílias Lauraceae e Myrtaceae. Não foram verificadas alterações na evolução da dinâmica dos regenerantes naturais do sub-bosque no período do estudo, entretanto, a presença da espécie exótica moldou a expressão da regeneração, tendo em vista o predomínio de espécies e famílias com características de fases sucessionais mais avançadas.

Palavras-chave: Silvicultura; Espécies invasoras; Restauração florestal.

Abstract

The study of the dynamics of natural regeneration in understory of *Pinus elliottii* Engelm assists in strategies of management, conservation and improvement of conditions for natural regeneration of native understory species. In this sense, there is the hypothesis of using this understory to provide environmental services and providing indicative data on the degree of disturbance generated by the canopy of the exotic species, which may suggest coexistence between the exotic species and the native regenerating species. The present study aimed to characterize the natural regeneration of understory of *P. elliottii* and to verify the dynamics of regeneration with the presence of this species over the course of 18 months of study. To characterize the understory vegetation of *P. elliottii*, 24 plots of 40x5 m were allocated. To monitor the regeneration dynamics were analyzed 8 subplots of 5x5 m. Variations in the number of individuals and species, the number of individuals separated by pioneers and non-pioneers, and pine individuals were tested for homogeneity by Bartlett's test. The averages were compared by Tukey test (5% probability) and the phytosociological parameters were analyzed to understand the vegetation structure. There was a predominance of species and non-pioneer individuals, highlighted the families Lauraceae and Myrtaceae. There were no changes in the evolution of the dynamics of understory natural regenerants during the study period, however, the presence of the exotic species shaped the expression of regeneration, in view of the predominance of species and families with characteristics of more advanced successional phases.

Keywords: Silviculture; Invasive species; Forest restoration.

Resumen

El estudio de la dinámica de regeneración natural en el sotobosque de *Pinus elliottii* Engelm permite el conocimiento de esta vegetación y el aprovechamiento de este sotobosque para servicios ambientales y aporte de datos indicativos sobre el grado de perturbación que genera el dosel de las especies exóticas, puede sugerir la coexistencia entre las especies exóticas y las especies nativas en regeneración. El presente estudio tuvo como objetivo caracterizar la regeneración natural del sotobosque de *P. elliottii* y verificar la dinámica de regeneración con la presencia de esta especie durante 18 meses. Para caracterizar la vegetación del sotobosque de *P. elliottii* se destinaron 24 parcelas de 40x5 m. Para monitorear la dinámica de regeneración se analizaron 8 subparcelas de 5x5 m. Las varianzas de los números de individuos y especies, individuos separados por pioneros y no pioneros e individuos de *P. elliottii*, se probaron para su homogeneidad mediante la prueba de Bartlett. Se compararon las medias mediante la prueba de Tukey (5% de probabilidad) y se analizaron parámetros fitosociológicos para comprender la estructura de la vegetación en el sitio. Hubo un predominio de especies e individuos no pioneros, especialmente de las familias Lauraceae y Myrtaceae. No hubo cambios en la evolución de la dinámica de regeneración del sotobosque durante el período de estudio, sin embargo, la presencia de las especies exóticas moldeó la expresión de la regeneración, con predominio de especies y familias con características de fases sucesionales más avanzadas.

Palabras clave: Silvicultura; Especies invasoras; Restauración forestal.

1. Introdução

Ocupando posição de destaque no desenvolvimento da economia de baixo carbono, os cultivos florestais abastecem diferentes setores da indústria e, através de investimentos em pesquisas e inovação, é possível diversificar o uso da matéria prima suprimindo a crescente demanda de forma sustentável (CNI, 2017). No Brasil há cerca de 9,55 milhões de hectares de florestas plantadas, dos quais 7,47 milhões são plantios de *Eucalyptus* spp. e 1,7 milhões de *Pinus* spp. (IBÁ, 2021). Adjacente aos cultivos florestais, as empresas do setor destinam 6 milhões de hectares para a conservação (IBÁ, 2021). Essas áreas são distribuídas na paisagem na forma de “mosaicos florestais”, onde são mesclados cultivos florestais com florestas nativas formando corredores ecológicos (Mesquita, et al., 2011).

No entanto, as espécies exóticas existentes, por não terem coevoluído com as espécies nativas, podem apresentar maior vantagem competitiva para se estabelecerem, reproduzirem e se desenvolverem, tornando os plantios comerciais dessas espécies possíveis fontes de contaminação em áreas naturais (Spiazzi et al., 2017). Dessa forma, atualmente, há a necessidade legal e cobrança das certificadoras florestais, como exemplo o *Forest Stewardship Council* (FSC), pela remoção de espécies exóticas invasoras de áreas destinadas à preservação, exigindo, por exemplo, que indivíduos de *Pinus elliottii* Engelm plantados ou regenerando nestes locais sejam erradicados, visto que, este táxon lenhoso é mais invasor, excedido apenas por plantas herbáceas (Durigan et al., 2020; Bechara et al., 2013).

Contudo, em muitas destas áreas, já há um sub-bosque de espécies nativas formado enquanto as exóticas funcionavam como pioneiras. Diante da alteração desses locais ao longo do tempo, pesquisas sobre a composição, estrutura e dinâmica da

regeneração natural do sub-bosque de áreas compostas por espécies exóticas foram desenvolvidas em diferentes ecossistemas buscando compreender a dinâmica ecológica, bem como, o desenvolvimento da vegetação nativa em meio à espécie exótica, cenário que necessita ser conhecido para ações de controle de espécies exóticas, restauração ecológica e de conscientização ambiental (Katahira & Melo, 2011; Carvalho et al., 2016; Da Silva et al., 2016).

Nesse sentido, há possibilidade de aproveitamento desses sub-bosques para a prestação de serviços ambientais e fornecimento de dados indicativos do grau de perturbação gerado pelo dossel, podendo sugerir a coexistência entre a espécie exótica e as espécies nativas regenerantes. Logo, a presente pesquisa teve como objetivo caracterizar a regeneração natural de um sub-bosque de *Pinus elliottii* Engelm. a fim de verificar a dinâmica do processo de sucessão ecológica com a presença da espécie exótica ao longo de 18 meses de estudo.

2. Metodologia

O experimento foi conduzido em áreas de preservação permanente (APP's) da Guarda Florestal Trinita, pertencente à Fazenda Monte Alegre, de propriedade da empresa Klabin S.A. localizada no município de Telêmaco Borba – PR, nas seguintes coordenadas geográficas: 24° 12' 42" S e 50° 33' 26" O. Os indivíduos de pinus existentes são provenientes de regeneração, em função de propágulos advindos de áreas vizinhas, que, ao encontrarem dossel não formado e solo descoberto, ocuparam o local. Após alterações na legislação, as áreas constituem APP.

Existem dois climas predominantes na região: Cfa – subtropical úmido, com temperatura mínima média mensal menor ou igual a 18 °C e máxima mensal maior ou igual a 22°C e Clima Cfb – subtropical úmido, com temperatura média do mês mais quente menor ou igual a 22 °C e todos os meses do ano com temperatura maior ou igual a 10 °C, segundo a classificação Köppen (Alvares et al., 2013).

As áreas onde o experimento foi instalado apresentam solo do tipo Cambissolo Háplico alumínico, de textura argilosa a muito argilosa e relevo suavemente ondulado. A vegetação na região da Fazenda Monte Alegre é considerada de transição entre Floresta Ombrófila Mista (FOM) e Floresta Estacional Semidecidual (Torezan, 2002).

Para a caracterização da vegetação de sub-bosque de *P. elliottii* utilizou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado. Foram alocadas 24 parcelas de 40 x 5 m (200 m²) totalizando uma área amostral de 0,48 hectares. As parcelas foram instaladas em áreas que apresentavam distância semelhante de florestas com alta densidade de espécies nativas e plantios de pinus e eucalipto, buscando minimizar variações na influência da dispersão de sementes das áreas vizinhas. Os tratamentos e repetições foram alocados equidistantes do curso de água existente no local para que a influência do mesmo e a declividade do terreno também não fossem fontes de variação.

Para acompanhar a dinâmica da regeneração natural ao longo dos 18 meses do estudo, foram analisadas 8 sub-parcelas de 5 x 5 m (25 m²), pertencentes a 8 parcelas distintas do estudo, correspondendo a uma área de 0,02 hectares. Todos os indivíduos presentes nas sub-parcelas com altura acima de 50 cm foram marcados com placas de alumínio e tiveram a altura medida. Indivíduos com altura acima de 1,30 m também tiveram o DAP (diâmetro à altura do peito) mensurado.

Para a identificação das espécies, foi coletado material vegetativo e reprodutivo, quando presente, além da montagem de exsicatas, as quais foram identificadas por meio de comparação com material disponível no Museu Botânico Municipal, em Curitiba – PR. As exsicatas foram depositadas no herbário da empresa. A classificação taxonômica foi realizada segundo Angiosperm Phylogeny Group II - APG II (Souza & Lorenzi, 2005). Para a caracterização sucessional, as espécies coletadas foram divididas em pioneiras e não pioneiras (secundárias iniciais e tardias) (Carvalho et al., 2007; São Paulo, 2008). Para a conferência dos nomes científicos e a autoria dos epítetos específicos, utilizou-se o banco de dados eletrônico do Missouri Botanical Garden (Mobot, 2019).

As variâncias do número de indivíduos e espécies, do número de indivíduos separados por pioneiros e não pioneiros e do número de indivíduos de pinus, foram testadas quanto a sua homogeneidade pelo teste de Bartlett. Os dados foram transformados por \sqrt{x} quando necessário. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade e a análise dos dados foi executada com auxílio do programa MSTAT, Versão 2.11.

Os parâmetros fitossociológicos foram analisados por meio do programa FITOPAC, versão 2.1 (Shepherd, 2010). Para avaliar a evolução temporal da regeneração foram utilizados os dados de coletas realizadas em cinco momentos diferentes: T0 (início das avaliações); T1 (um mês após o início); T6 (seis meses após o início); T12 (doze meses após o início); T18 (dezoito meses após o início).

3. Resultados

3.1 Caracterização da vegetação do sub-bosque de *Pinus elliottii*

Após a análise das 24 parcelas, a regeneração natural presente no sub-bosque de *P. elliottii* foi caracterizada utilizando os dados da primeira coleta (T0). Foram amostradas 60 espécies, pertencentes a 26 famílias de um total de 837 indivíduos, sendo 30 indivíduos do gênero *Pinus*. Das espécies amostradas, 44 foram classificadas como não pioneiras, 15 classificadas como pioneiras e uma espécie não foi classificada; além disso, em relação à síndrome de dispersão de cada espécie, a forma zoocórica (49 espécies ou 81,7%) predominou, seguida da forma anemocórica (7 espécies ou 11,7%), autocórica (3 espécies ou 5%) e autocórica/zoocórica (1 espécie ou 1,7%) (Tabela 1).

Tabela 1: Relação das famílias, espécies, indivíduos, parâmetros fitossociológicos, classificação sucessional e síndrome de dispersão das dez espécies com maior valor de importância.

Espécies	Família	N	DA	DR	FA	FR	DoA	DoR	Hmín	Hmáx	VI	Disp.	CS
<i>Pinus elliottii</i> L.	Pinaceae	30	62,5	3,6	54,2	3,39	0,33	85,7	0,7	26,0	30,88	Ane	P
<i>Calypttranthes concinna</i> DC.	Myrtaceae	82	170,8	9,8	83,3	5,22	0,01	2,8	0,5	8,0	5,93	Zoo	NP
<i>Cinnamomum sellowianum</i> (Nees & Mart.) Kosterm.	Lauraceae	65	135,4	7,8	87,5	5,48	0,0	0,1	0,5	3,0	4,44	Zoo	NP
<i>Psychotria hancorniaefolia</i> Benth.	Rubiaceae	57	118,8	6,8	75,0	4,70	0,0	0,2	0,5	2,7	3,90	Zoo	NP
<i>Ocotea nutans</i> (Nees) Mez	Lauraceae	55	114,6	6,6	50,0	3,13	0,0	0,3	0,5	6,0	3,34	Zoo	NP
<i>Clethra scabra</i> Pers.	Clethraceae	14	29,2	1,7	50,0	3,13	0,02	4,3	0,5	20,0	3,03	Ane	P
<i>Gomidesia sellowiana</i> O. Berg	Myrtaceae	40	83,3	4,8	54,2	3,39	0,0	0,6	0,5	7,0	2,91	Zoo	NP
<i>Myrcia selloi</i> (Spreng.) N.Silveira	Myrtaceae	38	79,2	4,5	54,2	3,39	0,0	0,4	0,5	7,0	2,77	Zoo	NP
<i>Solanum caayurana</i> Vell.	Solanaceae	42	87,5	5,0	41,7	2,61	0,0	0,3	0,6	3,2	2,66	Zoo	P
<i>Miconia sellowiana</i> Naudin	Melastomataceae	37	77,1	4,4	50,0	3,13	0,0	0,4	0,6	4,5	2,65	Zoo	P
Outras espécies		377	785,4	45	995,8	62,4	0,02	5,0	35,5	180,9	37,5		
Total		837	1744	100	1596	100	0,38	100	40,8	268,3	100		

Legenda- N: número de indivíduos; DA: densidade absoluta (ind.ha⁻¹); DR: densidade relativa (%); FA: frequência absoluta (%); FR: frequência relativa (%); DoA: dominância absoluta (m².ha⁻¹); DoR: dominância relativa (%); Hmín: altura mínima; Hmáx.: altura máxima; VI: valor de importância (%); Dis.: síndrome de dispersão; CS: classificação sucessional. Fonte: Autores.

Deve-se destacar que a dispersão por Zoocórica é um fato relevante, uma vez que atesta o comparecimento da fauna no local. No que diz respeito aos indivíduos amostrados, 613 (70%) são classificados como não pioneiros, 203 (27%) são classificados como pioneiros e 21 não foram classificados sucessionalmente (3%). As famílias com maior densidade de indivíduos foram: Lauraceae (23,78%), Myrtaceae (23,54%), Rubiaceae (9,32%), Melastomataceae (7,77%), Sapindaceae (6,45%) e Solanaceae (5,38%). Já as famílias com maior riqueza de espécies foram: Lauraceae com 12 espécies, Myrtaceae com 11 espécies, Fabaceae com 5 espécies, Rubiaceae e Melastomataceae com 3 espécies cada.

3.2 Dinâmica da regeneração natural da vegetação no sub-bosque de *P. elliottii*

A dinâmica da regeneração natural no sub-bosque de *P. elliottii* foi avaliada por meio da definição da quantidade de indivíduos presentes no período de cada coleta, para as diferentes espécies, durante os 18 meses de monitoramento do experimento (Tabela 2).

Tabela 2: Número de indivíduos amostrados; T0 = início do trabalho; T1 = um mês após o início; T6 = seis meses após o início; T12 = doze meses após o início; T18 = dezoito meses após o início.

Família / Espécie		Número de indivíduos / avaliação				
		T0	T1	T6	T12	T18
Anacardiaceae						
	<i>Lithraea brasiliensis</i> Marchand	2	2			
Annonaceae						
	<i>Annona coriacea</i> Mart.	1	2	2	2	2
	<i>Annona cacans</i> Warm.	1	1	1	1	1
Aquifoliaceae						
	<i>Ilex paraguariensis</i> A.St.-Hil.	2	1	2	2	2
Araucariaceae						
	<i>Araucaria angustifolia</i> (Bertol.) Kuntze	2	3	3	3	3
Asteraceae						
	<i>Vernonanthura discolor</i> (Spreng.) H.Rob.	3	3	3	2	2
Clethraceae						
	<i>Clethra scabra</i> Pers.	5	5	5	5	5
Crassulaceae						
	<i>Sedum dendroideum</i> Moc. & Sessé ex DC.		1			
Euphorbiaceae						
	<i>Alchornea triplinervia</i> (Spreng.) Müll.Arg.	4	4	4	3	4
	<i>Tetrorchidium rubrivenium</i> Poepp.	1	2	1	1	1
Fabaceae						
	<i>Albizia polycephala</i> (Benth.) Killip ex Record	1		1	1	1
	<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan	2	2	1	2	2
	<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	1	1	1	1	1
	<i>Dalbergia brasiliensis</i> Vogel	1			1	
Lauraceae						
	<i>Aniba firmula</i> (Nees & Mart.) Mez	2	2	4	4	5
	<i>Cinnamomum sellowianum</i> (Nees & Mart.) Kosterm.	11	14	12	13	10
	<i>Endlicheria paniculata</i> (Spreng.) J.F.Macbr.	1	1			1
	<i>Nectandra grandiflora</i> Nees	4	2	4	3	4
	<i>Ocotea nutans</i> (Nees) Mez	8	8	9	7	7
	<i>Ocotea puberula</i> (Rich.) Nees	4	4	5	5	5
	<i>Ocotea pulchella</i> (Nees & Mart.) Mez	4	4	4	5	4
	<i>Persea racemosa</i> (Vell.) Mez	4	4	5	6	6
	<i>Persea venosa</i> Nees & Mart.	12	14	11	15	12
Melastomataceae						
	<i>Miconia cinerascens</i> Miq.	3	5	5	10	13
	<i>Miconia sellowiana</i> Naudin	22	22	21	19	18
	<i>Miconia petropolitana</i> Cogn.	3	4	5	4	6

Monimiaceae	<i>Mollinedia clavigera</i> Tul.	1	2	1	2	1
Myrtaceae	<i>Calypttranthes concinna</i> DC.	33	34	41	43	45
	<i>Campomanesia guaviroba</i> (DC.) Kiaersk.	1	2	2	2	2
	<i>Campomanesia xanthocarpa</i> (Mart.) O.Berg	1				
	<i>Eugenia longipedunculata</i> Nied.	1	1	1	1	1
	<i>Eugenia pitanga</i> (O.Berg) Nied.	1	1	1	1	1
	<i>Eugenia uniflora</i> L.	3	2	3	3	4
	<i>Gomidesia sellowiana</i> O. Berg	21	21	19	20	20
	<i>Myrcia rostrata</i> DC.		1	1	1	1
	<i>Myrcia selloi</i> (Spreng.) N.Silveira	9	10	11	10	11
	<i>Myrciaria tenella</i> (DC.) O.Berg	1	1	1	1	1
Pinaceae	<i>Pinus elliottii</i> L.	16	16	15	15	15
Rosaceae	<i>Rubus urticifolius</i> Poir.		1			
	<i>Prunus sellowii</i> Koehne	2	3	4	5	4
Rubiaceae	<i>Psychotria hancorniaefolia</i> Benth.	19	20	22	25	24
	<i>Psychotria leiocarpa</i> Cham. & Schltdl.		1			
	<i>Psychotria suterella</i> Müll.Arg.	2	1	2	3	4
Rutaceae	Sp. 1		3	3	3	
	<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.	9	9	8	9	8
Salicaceae	<i>Casearia decandra</i> Jacq.	3				
	<i>Casearia obliqua</i> Spreng.	1	3	2	4	4
Sapindaceae	<i>Allophylus edulis</i> (A.St.-Hil. et al.) Hieron. ex Niederl.	7	6	7	6	5
	<i>Matayba elaeagnoides</i> Radlk.	14	12	12	17	10
Solanaceae	<i>Solanum caavurana</i> Vell.	3	6	6	9	8
	<i>Solanum mauritianum</i> Scop.			1	1	1
	<i>Solanum pseudoquina</i> A.St.-Hil.	1			1	2
Styracaceae	<i>Styrax leprosus</i> Hook. & Arn.	2	2	2	2	2
Symplocaceae	<i>Symplocos tenuifolia</i> Brand	5	8	8	8	10

Fonte: Autores.

Aproximadamente 3% dos indivíduos permaneceram sem classificação com relação ao estágio sucessional. Na média das coletas, foram encontrados 200 indivíduos não pioneiros e 75 indivíduos pioneiros (Tabelas 1 e 2).

Não ocorreu aumento nem diminuição significativa do número de indivíduos, espécies e famílias amostradas ao longo dos 18 meses de estudo (Tabela 3).

Tabela 3: Média do número de indivíduos e espécies amostrados; T₀ = início do trabalho; T₁ = um mês após o início; T₆ = seis meses após o início; T₁₂ = doze meses após o início; T₁₈ = dezoito meses após o início.

Tempo de análise	Número de indivíduos		Número de espécies	
T ₀	32,5	A	15,4	A
T ₁	34,6	A	16,8	A
T ₆	35,3	A	16,0	A
T ₁₂	38,4	A	16,9	A
T ₁₈	37,4	A	16,6	A

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na vertical e minúscula na horizontal, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Fonte: Autores.

O número total de indivíduos foi de 260 na primeira coleta, chegando a 307 na quarta coleta. Porém, na quinta coleta o valor foi de 299, indicando mortalidade da quarta para a quinta coleta. Estatisticamente, não houve diferença no número de indivíduos.

3.3 Fitossociologia

Os parâmetros fitossociológicos gerais foram comparados entre a primeira e a última coleta (Tabela 4).

Tabela 4: Comparação de parâmetros fitossociológicos entre a Coleta 1 (T₀) e a Coleta 5 (T₁₈).

Parâmetros	Coleta 1 (T ₀)	Coleta 5 (T ₁₈)
Nº de indivíduos	260	299
Nº de espécies	48	46
Nº de famílias	21	20
Nº de amostras	8	8
Densidade (ind./ha)	13000	14950
Frequência total	1537,5	1662,5
Frequência total das famílias	937,5	962,5
Área total da amostra (ha)	0,02	0,02
Diâmetro máximo (cm)	14,01	14,29
Diâmetro mínimo (cm)	0,16	0,03
Altura máxima (m)	24	28,10
Altura mínima (m)	0,5	0,5
Índice Shannon-Wiener	3,31	3,32

Fonte: Autores.

Pode-se observar que os números de famílias e espécies entre a primeira e última coleta diminuíram, enquanto houve um aumento no número de indivíduos.

4. Discussão

4.1 Caracterização da vegetação

Com a caracterização da vegetação do sub-bosque de *P. elliottii*, foi possível determinar que o desenvolvimento da regeneração natural condiciona a área para um grau sucessional avançado de recuperação, principalmente devido à presença das famílias Lauraceae com 23,78% e Myrtaceae com 23,54% do total dos indivíduos amostrados. Tais famílias são

representativas nos domínios da FOM, uma vez que se adaptam bem às regiões tropicais e subtropicais, favorecendo a sua dispersão e desenvolvimento nesse ambiente, com destaque para a presença da família Lauraceae, indicadora de avanço da recuperação de uma determinada área degradada (Santos et al., 2012).

Importante ressaltar que a comparação com outros trabalhos que caracterizaram o sub-bosque de pinus deve ser cuidadosa em função das particularidades de cada metodologia. Foi possível estabelecer relação com outras pesquisas nesta temática, como as de Da Silva et al. (2016), Carvalho et al. (2016), Venzke et al. (2012) e Andrae et al. (2005).

Em trabalho realizado por Da Silva et al. (2016) com *Pinus* spp., a espécie ofereceu condições para o aumento da diversidade de espécies espontâneas em área degradada devido aos indivíduos de pinus possuírem uma estrutura de copa, com quantidade de espaço ocupado pelos troncos, galhos, ramos e acículas, diferente da vegetação nativa, o que proporciona uma deposição distinta de material orgânico, cobrindo rapidamente o solo e fornecendo condições para que ocorra a sucessão da vegetação, assim como em nosso estudo, embora tal fato tenha se restringido a algumas espécies e famílias com aptidão para estabelecimento em áreas cobertas por pinus.

Carvalho et al. (2016), compararam o sub-bosque de povoamentos de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze e *Pinus* sp. e os resultados mostraram que a composição florística foi similar em ambos, o que denotou o potencial regenerativo do povoamento pinus; enquanto para parâmetros fitossociológicos e diversidade, o sub-bosque de *A. angustifolia* apresentou valores superiores e diferenciados. Cabe salientar que das 20 famílias encontradas por Carvalho et al. (2016) no sub-bosque de pinus, 17 coincidiram com as amostradas em nossa pesquisa. Venzke et al. (2012) também encontraram maior riqueza para as famílias Lauraceae e Myrtaceae na regeneração natural do estrato arbóreo-arbustivo sob talhão de pinus, assim como em nosso trabalho.

Pesquisa de Andrae et al. (2005) conduzida no Rio Grande do Sul, comparou 12 sub-bosques de pinus e registrou 121 espécies lenhosas (amostrados todos os indivíduos acima de 0,3 metros) pertencentes a 41 famílias, sendo Myrtaceae a família mais representada, seguida de Lauraceae. Quando analisado cada um dos povoamentos de pinus separadamente, os autores encontraram, no máximo, 61 espécies, semelhante ao encontrado nesta pesquisa. Das quatro espécies consideradas como onipresentes no sub-bosque de diferentes povoamentos de pinus (Andrae et al., 2005), três (*Allophylus edulis*, *Ocotea puberula* e *Nectandra megapotamica*), estavam presentes neste levantamento com exceção de *Cestrum corymbosum* Schlttdl.

Neste trabalho, 44 espécies foram classificadas como não pioneiras, enquanto somente 15 espécies foram classificadas como pioneiras. Como era esperado, e frente aos trabalhos citados, o número de indivíduos de espécies não pioneiras foi maior do que o número de indivíduos de espécies pioneiras, uma vez que o sub-bosque apresenta espécies tolerantes à sombra em maior quantidade, e, a espécie do dossel, tolerante ao sol, é principalmente o pinus, que representa 30,88% do valor importância (Tabela 1).

O tamanho valor de importância do pinus corrobora para o alerta de Bechara et al. (2013) sobre o potencial invasor da espécie. Entretanto, os resultados condizem com o trabalho de Lopes et al. (2016), onde o surgimento de novas espécies nativas no processo de regeneração natural no sub-bosque de um povoamento de *Pinus caribaea* Morelet. var. *caribaea* não foi impedido, e, a espécie exótica, pode estar favorecendo a sobrevivência dos indivíduos nas áreas dentro do período avaliado.

4.2 Dinâmica da regeneração natural

Em relação às famílias com maior número de indivíduos presentes, foi possível verificar que não ocorreram alterações no período de avaliação deste estudo. No total das coletas, a família mais abundante foi a Myrtaceae, com 71 indivíduos amostrados, seguida pela família Lauraceae, com 50 indivíduos, o que se manteve constante em todas as coletas. Essas duas famílias, típicas de ambientes em recuperação, e não mais de sucessão inicial, representaram, respectivamente, 27% e 19% do total de indivíduos presentes.

Em todas as coletas, as famílias com menor representatividade foram Monimiaceae, Anacardiaceae, Aquifoliaceae, Solanaceae e Styracaceae, seguidas por Asteraceae. As espécies pioneiras como as da família Asteraceae são encontradas geralmente em áreas em estágio mais inicial de recuperação, sendo substituídas por espécies de outros grupos ecológicos conforme a área avança no processo de sucessão (Ferreira et al., 2012).

As espécies com maior número de indivíduos, independente da coleta, foram: *Calyptanthus concinna* e *Gomidesia sellowiana*, ambas da família Myrtaceae, *Miconia sellowiana*, da família Melastomataceae e *Psychotria hancorniiifolia*, da família Rubiaceae, sendo que, a primeira espécie representou aproximadamente 14% do total de indivíduos em cada coleta, já as outras três, 7% cada uma. Com isso, apenas essas quatro espécies foram responsáveis por mais de 35% dos indivíduos amostrados em cada coleta.

As famílias com o maior número de espécies também foram Myrtaceae e Lauraceae, representando, cada uma, 20% das espécies presentes em cada coleta. Além destas, outras seis famílias representaram de 4% a 8% cada, sendo que as oito famílias com maior número de espécies em cada coleta constituíram, em conjunto, 70% das espécies presentes, demonstrando um padrão imposto pelas condições ambientais da área com a presença dos indivíduos de pinus.

Dentre as famílias com maior riqueza de espécies estavam aquelas típicas de condição de sub-bosque (Myrtaceae e Rubiaceae), bem como secundárias iniciais e/ou tardias (Lauraceae, Fabaceae). O mesmo foi observado para o número de indivíduos de cada família. Logo, pode-se constatar que devido ao sombreamento na área proporcionado pelo pinus, algumas famílias e espécies adaptam-se no sub-bosque com maior facilidade. Naturalmente, as espécies que se estabelecem são aquelas tolerantes à sombra. Algumas áreas são mais estáveis em relação às mudanças e outras são naturalmente mais dinâmicas, como áreas abertas, por exemplo, em função da luminosidade e da chegada de propágulos que encontram locais aptos para se desenvolverem. Porém, no sub-bosque de pinus avaliado, a evolução da área ao longo do tempo revela que ocorreu uma estabilidade de famílias e espécies, mostrando que há um grupo de indivíduos capaz de se expressar nessas condições.

Para os indivíduos de pinus também não ocorreram mudanças significativas. A única alteração registrada foi a queda de 10% da população na terceira coleta. As classes de altura com mais indivíduos amostrados foram de até 1 metro e de 1 a 2 metros, tanto para as espécies pioneiras como para as não pioneiras (Tabela 1), não ocorrendo variações significativas na altura durante o período de avaliação. Destaca-se que sob a condição de sub-bosque, os indivíduos não pioneiros apresentaram maior proporção de regeneração, situação que também se manteve ao longo dos 18 meses de estudo.

4.3 Parâmetros fitossociológicos

O presente estudo foi desenvolvido em sub-bosque de área de regeneração de pinus e o índice de Shannon-Wiener (H') determinado em T_0 foi de 3,31 nats ind⁻¹, passando para o valor de 3,32 nats ind⁻¹ na última avaliação (T_{18}) (Tabela 4). Amaral et al. (2013), em um levantamento da regeneração natural de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista no município de General Carneiro – PR, mesmo tendo ocorrido alterações na floresta, obteve um H' geral de 3,42 nats ind⁻¹ para o fragmento. Enquanto Klauberg et al. (2010) encontraram, em fragmentos de FOM, o H' de 3,05 nats ind⁻¹, considerando-o como índice mediano de diversidade, em função das ações antrópicas a que o local foi submetido, mesmo havendo um consenso de que valores maiores que 3,0, para este índice, são considerados como alta diversidade pela maioria das citações bibliográficas de fitossociologia para a FOM.

Em sub-bosque de talhões de *Eucalyptus saligna* Smith abandonados, Onofre et al. (2010) verificaram o potencial de regeneração natural da vegetação nativa e encontraram valores de H' entre 2,83 e 3,68, amplitude na qual a diversidade encontrada em nossa pesquisa também se enquadra. Logo, os valores observados tanto em T_0 quanto em T_{18} sugerem que o ambiente pesquisado, apesar de conter alto valor de importância de pinus possui atributos que indicam o avanço da

regeneração da área e do processo de recuperação da vegetação nativa. No entanto, isso não substitui a manutenção e a preservação de remanescentes florestais nativos em estágio avançado de conservação.

5. Conclusão

No sub-bosque de *Pinus elliottii* avaliado foram encontradas 60 espécies arbóreas nativas pertencentes a 26 famílias, com destaque para indivíduos de espécies não pioneiras, sendo Lauraceae e Myrtaceae as famílias com maior número de espécies e de indivíduos.

Ao longo dos 18 meses de avaliação não foram verificadas alterações na dinâmica dos regenerantes naturais do sub-bosque, entretanto, a presença da espécie exótica moldou a expressão da regeneração, tendo em vista o predomínio de espécies e famílias com características de fases sucessionais mais avançadas.

Sugere-se que sejam realizados estudos com períodos maiores de avaliação para que se possa discutir o avanço do processo de sucessão ecológica no local em diferentes horizontes de tempo.

Agradecimentos

A presente pesquisa foi realizada com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001. Agradecemos à empresa Klabin S.A. que viabilizou a execução do trabalho.

Referências

- Alvares, C. A., Stape, J. L., Sentelhas, P. C., Gonçalves, J. L. M., & Sparovek, G. (2013). Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, 22(6), 711-728. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>
- Amaral, L. P., Ferreira, R. A., Lisboa, G. S., Longhi, S. J., & Watzlawick, L. F. (2013). Variabilidade espacial do índice de diversidade de Shannon-Wiener em Floresta Ombrófila Mista. *Scientia Forestalis*, 41(97), 83-93. <https://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr97/cap09.pdf>
- Andrae, F. H., Palumbo, R., Marchiori, J. N. C., & Durlo, M. A. (2005). O sub-bosque de reflorestamentos de pinus em sítios degradados da região da Floresta Estacional Decidual do Rio Grande do Sul. *Ciência Florestal*, 15(1), 43-63. <https://doi.org/10.5902/198050981823>
- Bechara, F. C., Reia, A., Bourscheid, K., Vieira, N. K., & Trentin, B. E. (2013). Reproductive biology and early establishment of *Pinus elliottii* var. *elliottii* in Brazilian sandy coastal plain vegetation: implications for biological invasion. *Scientia Agricola*, 70(2), 88-92. <https://doi.org/10.1590/S0103-90162013000200005>
- Carvalho, F. A., Nascimento, M. T., & Braga, J. M. A. (2007). Estrutura e composição do estrato arbóreo de um remanescente de Mata Atlântica submontana no município de Rio Bonito, RJ, Brasil (Mata Rio Vermelho). *Revista Árvore*, 31(4), 717-730. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622007000400017>
- Carvalho, J., Velazco, S. J. E., Pereira, T. K., & Galvão, F. (2016). Regeneração natural em povoamentos de *Araucaria angustifolia* e *Pinus* sp. em Tunas do Paraná, PR. *Pesquisa Florestal Brasileira*, 36(85), 9-16. <https://doi.org/10.4336/2016.pfb.36.85.892>
- Confederação Nacional da Indústria – CNI. (2017). *Florestas plantadas: oportunidades e desafios da indústria de base florestal no caminho da sustentabilidade*. http://www.abaf.org.br/wp-content/uploads/2017/11/iba_seminario-cni.pdf
- Da Silva, A. M., Canuto, D. S. O., Alves, M. C., Buzetti, S., De Moraes, M. L. T., & Sakamoto, A. Y. (2016). Características químicas de um latossolo vermelho em recuperação sob plantio de *Pinus* spp. *Ciência Florestal*, 26(4), 1049-1060. <https://doi.org/10.5902/1980509824994>
- Durigan, G., Abreu, R. C. R., Pilon, N. A. L., Ivanauska, N., Virillo, C., & Pivello, V. (2020). *Invasão por Pinus spp: ecologia, prevenção, controle e restauração*. São Paulo: Instituto Florestal. https://smastr16.blob.core.windows.net/iflestrial/sites/234/2020/04/manual_invasao_pinus-2020.pdf
- Ferreira, P. I., Paludo, G., Chaves, C. L., Bortoluzzi, R. L. D. C., & Mantovani, A. (2012). Florística e fitossociologia arbórea de remanescentes florestais em uma fazenda produtora de *Pinus* spp. *Revista Floresta*, 42(4), 783-794. <https://doi.org/10.5380/rf.v42i4.21581>
- Indústria Brasileira de Árvores – IBÁ. (2021). *Relatório Anual*. <https://www.iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/relatorioiba2021-compactado.pdf>
- Katahira, R. K., & Melo, M. M. R. F. (2011). Estrutura do componente arbóreo sob plantação de *Pinus elliottii* Engelm. no parque estadual da Cantareira, Núcleo Cabuçu, Guarulhos, SP, Brasil. *Revista do Instituto Florestal*, 23(2), 231-253. https://smastr16.blob.core.windows.net/iflestrial/irf/RIF23-2/RIF23-2_231-253.pdf
- Klauber, C., Paludo, G. F., Bortoluzzi, R. L. C., & Mantovani, A. (2010). Florística e estrutura de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista no Planalto Catarinense. *Biotemas*, 23(1), 35-47. <https://doi.org/10.5007/2175-7925.2010v23n1p35>
- Lopes, I. S., Feliciano, A. L. P., Marangon, L. C., & Alencar, A. L. (2016). Dinâmica da regeneração natural no sub-bosque de *Pinus caribaea* Morelet. var. *caribaea* na Reserva Biológica de Saltinho, Tamandaré - PE. *Ciência Florestal*, 26(1), 95-107. <https://doi.org/10.5902/1980509821094>

Mesquita, C. A. B., Holvorcem, C. G. D., Tambosi, L. R., Silva, S. C. da. (2011). *Mosaicos florestais sustentáveis: monitoramento integrado da biodiversidade e diretrizes para restauração florestal*. Rio de Janeiro: Instituto Bioatlântica.

Missouri Botanical Garden - MOBOT. (2019). *Explore the beta release of web TROPICOS*. <http://www.tropicos.org>

Onofre, F. F., Engel, V. L., & Cassola, H. (2010). Regeneração natural de espécies da Mata Atlântica em sub-bosque de *Eucalyptus saligna* Smith. em uma antiga unidade de produção florestal no Parque das Neblinas, Bertioga, SP. *Scientia Forestalis*, 38(85), 39-52. <https://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr85/cap04.pdf>

Santos, C. S., Chiossi, R. Y., Avila, A. L., & Gasparin, E. (2012). Levantamento florístico e fitossociológico de um fragmento florestal no município de Faxinal dos Guedes, SC. *Unoesc & Ciência – ACET*, 3(1), 7-22. <https://portalperiodicos.unoesc.edu.br/acet/article/view/1527>

São Paulo. Resolução SMA n.º 8, de 31 de jan. de 2008. (2008). Fixa a orientação para o reflorestamento heterogêneo de áreas degradadas e dá providências correlatas. *Diário Oficial Poder Executivo*. 2008. https://sigam.ambiente.sp.gov.br/sigam3/Repositorio/222/Documentos/RES_SMA_2008_08.pdf

Shepherd, G. J. (2010). *FITOPAC* Versão 2.1. Campinas, SP: Departamento de Botânica, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). <https://pedroeisenlohr.webnode.com.br/fitopac/>

Spiazzi, F. R., Da Silva, A. C., Higuchi, P., Negrini, M., Guidini, A. L., & Ferreira, T. S. (2017). Quantificação da contaminação biológica por espécies arbóreas exóticas em um fragmento de floresta ombrófila mista em Lages - SC. *Ciência Florestal*, 27(2), 403-414. <https://doi.org/10.5902/1980509827724>

Souza, V. C., & Lorenzi, H. (2005). *Botânica Sistemática: Guia ilustrado para identificação das famílias de Angiospermas da flora brasileira*, baseado em APG II. Nova Odessa: Instituto Plantarum.

Stefano, A., Blazier, M. A., Comer, C. E., Dean, T. J., & Wigley, T. B. (2019). Understory vegetation richness and diversity of *Eucalyptus benthamii* and *Pinus elliottii* plantations in the Midsouth US. *Forest Science*, 66(1), 66-81. <https://doi.org/10.1093/forsci/fxz051>

Tilman, D., Isbell, F., & Cowles, J. M. (2014). Biodiversity and Ecosystem Functioning. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 45(1), 471-493. <http://www.annualreviews.org/doi/10.1146/annurev-ecolsys-120213-091917>

Torezan, S. M. D. (2002). Nota sobre a vegetação da bacia do rio Tibagi. In: Medri ME, Bianchini E, Shibatta OA, J. A. Pimenta. *A Bacia do Rio Tibagi*. São Paulo: Câmara Brasileira do Livro.

Venzke, T. S., Neri, A., Cunha, J. F., & Martins, S. V. (2012). Regeneração natural do estrato arbóreo-arbustivo sob talhão de *Pinus caribaea* var. hondurensis. *Global Science and Technology*, 5(3), 74-86. <http://www.leep.ufv.br/pt-BR/publicacao/regeneracao-natural-do-estrato-arboreo-arbustivo-sob-talhao-de-pinus-caribaea-var-hondurensis-vicosa-mg-brasil>