

Padrões de distribuição espacial da regeneração natural de *Mimosa scabrella* e *Ocotea puberula* em áreas sob restauração passiva no planalto sul do Brasil

Josiana Almeida Andrade^{1*} Charline Zangalli¹ Guilherme Diego Fockink^{1*} Juliane Dal Pizzol¹ Lúcio Fonseca Rech¹ Maria Raquel Kanieski¹

¹ Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), Av. Luiz de Camões, 2090, Bairro Conta Dinheiro, Lages-SC, Brasil

Original Article

*Corresponding author:
josiana_almeida@hotmail.com
guilhermefockink@gmail.com

Keywords:

Natural regeneration

Population structure

Ecological indexes

Palavras-chave:

Regeneração natural

Estrutura populacional

Índices ecológicos

Received in

2021/09/15

Accepted on

2022/01/31

Published in

2022/03/31



DOI: <http://dx.doi.org/10.34062/afs.v9i1.12997>



RESUMO: A avaliação dos padrões espaciais de espécies nativas em áreas sob restauração é importante para compreensão da ecologia populacional e da influência da degradação sobre a distribuição das espécies. O objetivo do estudo foi analisar os padrões de distribuição espacial da regeneração natural de *Mimosa scabrella* e *Ocotea puberula* em áreas sob restauração passiva pós-colheita de *Pinus taeda* em diferentes idades. A regeneração natural foi contabilizada em 16 parcelas, nas idades de quatro e 10 anos de restauração. Foram calculadas a abundância, densidade e frequência absoluta. Os padrões de distribuição espacial das espécies foram obtidos a partir dos índices de Payandeh, Hazen e Morisita. Os resultados obtidos para cada índice foram comparados qualitativamente para verificar distinções em função dos índices testados e da idade de restauração. A densidade de regenerantes foi submetida ao teste de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$). Para densidade, não se obteve diferenças entre as idades de restauração, para ambas as espécies. *M. scabrella* apresentou distribuição espacial agregada aos quatro anos e aleatória aos 10 anos de restauração. *O. puberula* apresentou o padrão agregado em ambas as idades. Os índices apresentaram a mesma tendência de distribuição para as espécies, variando apenas na nomenclatura utilizada. A variação de densidade foi o principal aspecto que contribuiu para os diferentes padrões observados para as espécies. Ambas as espécies apresentam boa capacidade de regeneração em áreas pós-colheita de *P. taeda*, apresentando respostas distintas quanto ao status de distribuição espacial em função da idade de restauração.

Spatial distribution patterns of natural regeneration of *Mimosa scabrella* and *Ocotea puberula* in areas under passive restoration in the Southern Plateau of Brazil

ABSTRACT: The evaluation of spatial patterns of native species in areas under restoration is important for understanding population ecology and the influence of degradation on species distribution. The aim of the study was to analyze the spatial distribution patterns of the natural regeneration of *Mimosa scabrella* and *Ocotea puberula* in areas under passive restoration post-harvest of *Pinus taeda* at different ages. Natural regeneration was accounted for in 16 plots, at the ages of four and 10 years of restoration. Abundance, density and absolute frequency were calculated. Species spatial distribution patterns were obtained from Payandeh, Hazen and Morisita indexes. The results obtained for each index were qualitatively compared to verify distinctions as a function of the tested indexes and age of restoration. The density of regenerants was submitted to the Kruskal-Wallis test ($p < 0.05$). For density, no differences were found between the restoration ages for both species. *M. scabrella* presented aggregated spatial distribution at four years and random distribution at 10 years of restoration. *O. puberula* showed the aggregate pattern at both ages. The indexes showed the same distribution trend for the species, varying only the nomenclature used. Density variation was the main aspect that contributed to the different patterns observed for the species. Both species show good regeneration capacity in post-harvest areas of *P. taeda*, presenting different responses regarding the spatial distribution status as a function of the age of restoration.

Introdução

A região fitoecológica da Floresta Ombrófila Mista, conhecida também como Floresta de Araucária, abrange originalmente uma área de 200.000 km² do território sul brasileiro (Reitz e Klein 1966). Em virtude da intensa exploração madeireira durante o século XX e outras atividades antrópicas, teve sua fisionomia drasticamente alterada e fragmentada (Vibrans et al. 2013), reduzida atualmente a 12,6% da sua cobertura original (Ribeiro et al. 2009) e com a maioria dos fragmentos menores que 50 hectares (Sevegnani et al. 2013). No estado de Santa Catarina, os fragmentos de Floresta Ombrófila Mista (a partir do estágio médio de regeneração) ocupam 33,9% da área sob influência da fitofisionomia, com grande restante sendo destinado a atividades de origem antropogênica (Vibrans et al. 2021).

Frente a este cenário de alteração e degradação, estudos voltados à compreensão da dinâmica florestal destacam-se como a principal abordagem para embasar práticas que viabilizem a conservação e recuperação das florestas (Ávila et al. 2013). No âmbito da restauração florestal, a restauração passiva tem se destacado como uma técnica de baixo custo e grande efetividade no restabelecimento da vegetação nativa em florestas tropicais (Crouzeilles et al. 2017). Diversos estudos têm descrito o potencial desta técnica na restauração de matas ciliares com histórico de degradação por silvicultura no Sul do Brasil (Ferreira et al. 2013; Salami et al. 2015; Stedille et al. 2018), promovendo o reestabelecimento de elevada riqueza de espécies e de processos ecológicos. A melhor maneira de verificar a possibilidade de aproveitamento da regeneração natural nos projetos de restauração é a partir da avaliação de aspectos estruturais, como a densidade e a distribuição espacial das espécies, o que, permite a definição de estratégias mais efetivas para obtenção de um ecossistema restaurado (Brançalion et al. 2015).

A regeneração natural de espécies arbóreas apresenta uma natureza complexa, influenciada por um conjunto de fatores e de filtros ambientais atuantes após a dispersão dos propágulos, que incluem variáveis do clima, solo, relevo, cobertura de dossel, riqueza e densidade de indivíduos arbóreos adultos (Higuchi et al. 2015; Stuaní et al. 2021). A análise da distribuição espacial de indivíduos arbóreos é um instrumento importante para o entendimento da ecologia das populações e de comunidades, podendo subsidiar a conservação das espécies e seu manejo sustentável (Higuchi et al. 2011), e contribuir para a elaboração de modelos de restauração de áreas degradadas (Freitas e Magalhães 2014). Desse modo, conhecer o padrão espacial das espécies permite investigar variáveis determinantes da configuração espacial, bem como a distribuição natural das espécies (Dalmaso et al. 2012).

Na Floresta Ombrófila Mista, espécies arbóreas como a bracinga (*Mimosa scabrella* Benth.) e a canela-guaicá (*Ocotea puberula* (Rich.) Nees.) destacam-se pela sua ocorrência em maior frequência e densidade em ambientes que sofreram alterações antrópicas (Sevegnani et al. 2013). Ambas apresentam potencial para serem utilizadas em programas de restauração: *M. scabrella* por apresentar alta rusticidade e atuar como facilitadora da regeneração natural (Ferreira et al. 2013; Ferreira et al. 2019), e *O. puberula* por ser fisionomicamente importante, estando entre as espécies de maior valor de importância para esta tipologia vegetal (Sevegnani et al. 2013), além de ser atrativa a fauna (Saueressig 2017), característica importante para recuperação de áreas degradadas.

Considerando a ampla ocorrência de *M. scabrella* e *O. puberula* em áreas antropizadas na Floresta Ombrófila Mista e o seu potencial para recuperação de áreas degradadas, este estudo teve como objetivo analisar os padrões de distribuição espacial da regeneração natural destas duas espécies em Áreas de Preservação Permanente com diferentes idades em processo de restauração passiva pós-colheita de *Pinus taeda* L. Para isso, foram utilizados diferentes índices de distribuição espacial: Payandeh, Hazen e Morisita. As hipóteses do trabalho são: 1) a distribuição espacial das espécies apresenta padrões distintos dependendo dos índices utilizados; 2) os padrões de distribuição espacial das espécies serão diferentes nas idades de restauração avaliadas.

Material e Métodos

Descrição da área de estudo

O estudo foi realizado em uma fazenda pertencente à empresa Klabin S.A., (Fazenda Guarujá) localizada no município de Bocaina do Sul, Santa Catarina, Brasil (27°41'31''S, 49°59'41''W) (Figura 1). A vegetação predominante da área de estudo é Floresta Ombrófila Mista (FOM) (IBGE 2012) e o clima é caracterizado como mesotérmico úmido (Cfb), com verões frescos e sem uma estação seca definida (Alvares et al. 2013). A altitude do local é de aproximadamente 860 metros e os solos predominantes são Cambissolos Húmicos e Nitossolos Brunos (Potter et al. 2004).

As áreas sob restauração passiva estão inseridas em Áreas de Preservação Permanente (APP) anteriormente ocupadas por povoamentos comerciais de *P. taeda* (Figura 1). Estas áreas foram submetidas a adequação ambiental de acordo com o previsto na legislação ambiental vigente – Lei nº 12.651/2012 (Brasil 2012), sendo a colheita da espécie florestal exótica realizada nos anos de 2009 (105,8 ha) e 2015 (102,5 ha), encontrando-se em processo de restauração passiva pelo período de dez e quatro anos, respectivamente. As áreas são monitoradas continuamente pela empresa, sendo

realizado periodicamente o controle da regeneração de *P. taeda*.

As áreas sob restauração passiva apresentam vegetação características de um estágio de sucessão secundária inicial e médio da Floresta Ombrófila Mista, com predomínio do componente arbustivo-arbóreo lenhoso, com presença expressiva

de *Vernonanthura westiniana* (Less.) H.Rob. (Asteraceae), *Grazielia intermedia* (DC.) R.M.King & H.Rob. (Asteraceae), *Baccharis montana* DC. (Asteraceae), *Mimosa scabrella* Benth. (Fabaceae), *Solanum sanctae-catharinae* Dunal (Solanaceae) e *Ocotea puberula* (Rich.) Nees. (Lauraceae) (Zangalli 2020).

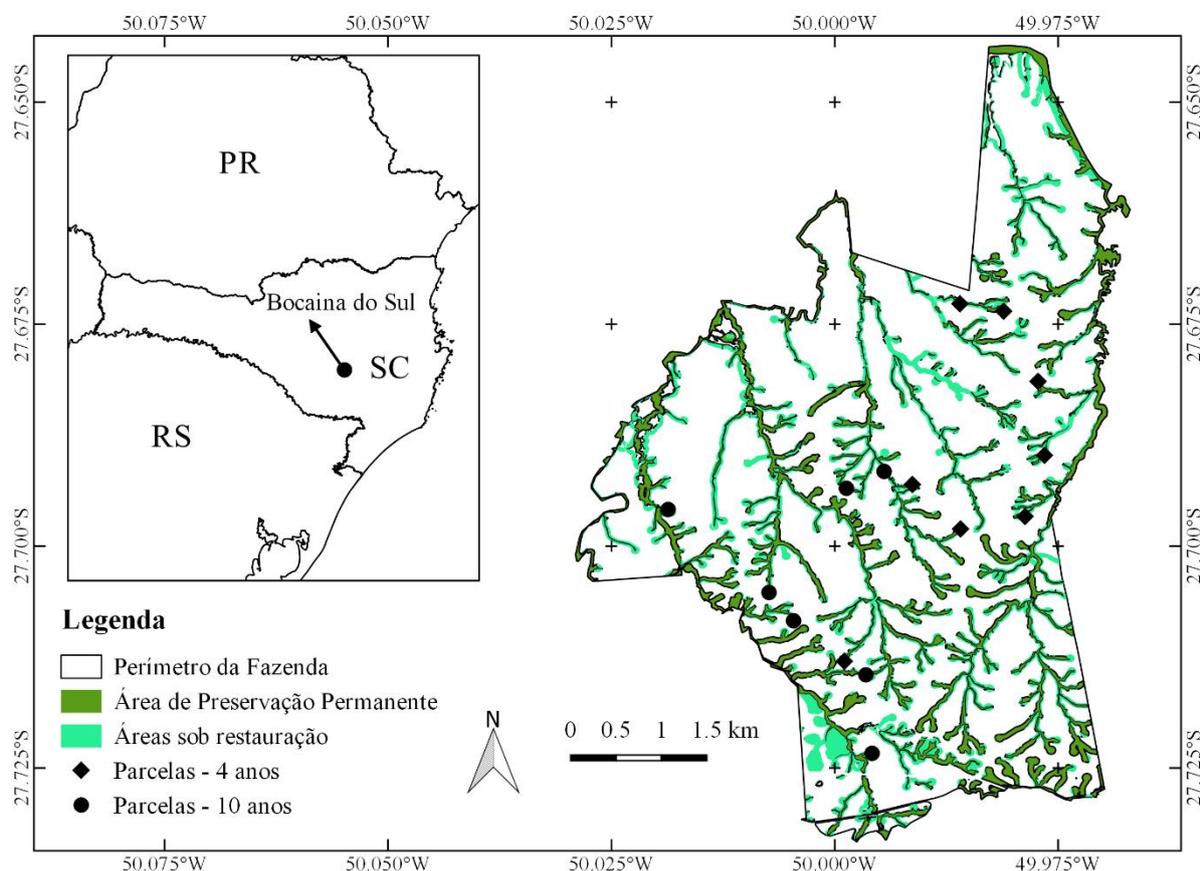


Figura 1. Localização da área de estudo e distribuição das parcelas nas diferentes idades sob restauração.

Dados utilizados e seleção das espécies

Os dados utilizados neste estudo são oriundos de 16 unidades amostrais permanentes instaladas no ano de 2019, sendo oito para cada idade de restauração (quatro e 10 anos), nas dimensões de 25 m x 4 m (100 m²). A área de restauração compreende 105,8 ha na idade de 4 anos e 102,5 hectares na idade de 10 anos. A distribuição das parcelas em ambas as idades foi realizada de forma aleatória (Figura 1).

Na amostragem da regeneração natural, foram contabilizados todos os indivíduos arbóreos e arbustivos com altura igual ou maior que 50 cm e com circunferência a altura do peito, menor que 15 cm ($H \geq 50$ cm e $CAP < 15$ cm). Dentre as espécies amostradas, foram selecionadas *M. scabrella* e *O. puberula* pelo fato de estarem entre as espécies arbóreas com maior frequência absoluta (> 60%) e entre as 10 espécies regenerantes mais abundantes nas áreas avaliadas. Ambas são descritas na literatura como bastante representativas da Floresta Ombrófila Mista no estado de Santa Catarina, ocorrendo com

elevada abundância e frequência em florestas que sofreram alterações antrópicas e nos estágios iniciais de sucessão (Ferreira et al. 2012; Sevegnani et al. 2013). Além disso, são indicadas para utilização na recuperação de áreas degradadas (Ferreira et al. 2012; Saueressig 2017), enaltecendo a necessidade de compreender seus padrões de distribuição.

Mimosa scabrella Benth. (Fabaceae), conhecida popularmente como bracatinga, é uma espécie arbórea endêmica do Brasil, com ampla ocorrência na Floresta Ombrófila Mista (Dutra e Morim 2015). Pioneira, heliófila e perenifólia, característica dos estágios iniciais de sucessão secundária na Floresta Ombrófila Mista, onde por vezes forma agrupamentos densos e puros, conhecidos popularmente como bracatingais (Siminski et al. 2011; Saueressig 2017). A espécie é descrita como facilitadora da regeneração natural, permitindo o estabelecimento de elevada riqueza e diversidade de espécies nativas em seu sub-bosque (Ferreira et al. 2019), sendo indicada para a

recuperação de áreas degradadas, devido a capacidade de incorporar altos teores de nitrogênio e fósforo ao solo (Saueressig 2017).

Ocotea puberula (Rich.) Ness (Lauraceae) conhecida popularmente como canela-guaicá é uma espécie secundária inicial, heliófila, perenifólia característica do estrato arbóreo intermediário e avançado da sucessão secundária da Floresta Ombrófila Mista (Siminski et al. 2011, Saueressig 2017), ocorrendo, principalmente, em áreas que sofreram intervenções antrópicas (Sevegnani et al. 2013). Possui potencial para recuperação de áreas degradadas devido a sua interação com a fauna, sendo seus frutos atrativos à avifauna (Saueressig 2017).

Análise de dados

Os parâmetros de abundância, densidade e frequência absoluta de indivíduos regenerantes (ind ha⁻¹) foram calculados para cada espécie em cada uma das idades sob restauração passiva. A avaliação do padrão de distribuição espacial da regeneração natural das duas espécies foi realizada a partir de três índices de distribuição espacial: Índice de Payandeh, Índice de Hazen e Índice de Morisita.

O Índice de Payandeh (P_i) indica o grau de agregação da espécie, relacionando a variância do número de indivíduos em cada parcela e a média do número de indivíduos (Barros e Machado 1984), como indicado na seguinte equação (1).

$$P_i = \frac{s^2}{\bar{x}} \quad (1)$$

Onde, Índice de Payandeh (P_i), variância do número de indivíduos da espécie por parcela (S^2), média do número de indivíduos da espécie (\bar{X}).

Quando $P_i < 1,0$, ocorre o não agrupamento ou padrão aleatório; quando $1,0 \leq P_i < 1,5$ indica que tendência ao agrupamento e, quando $P_i > 1,5$ indica agrupamento ou agregação.

O Índice de Hazen (IH) determina o grau de agrupamento utilizando a relação entre a variância e a média do número de árvores por parcela (Barros e Machado 1984), conforme a equação (2).

$$IH = \frac{s^2}{\bar{x}} (n - 1) \quad (2)$$

Onde, índice de agregação de Hazen (IH), variância (S^2), média do número de plantas por amostra (\bar{X}) e número de parcelas (n).

Os resultados deste método são analisados pelo Qui-quadrado (X^2). Os valores de IH menores que o valor de Qui-quadrado a um nível de 75% de probabilidade significam não agrupamento da espécie e os valores de IH maiores que Qui-quadrado a 99% de probabilidade indicam agrupamento.

O índice de Morisita (IM) indica a distribuição espacial dos indivíduos pertencentes a uma espécie, sendo pouco influenciado pelo

tamanho da unidade de amostra (Morisita 1962), dado pela seguinte equação (3).

$$IM = n \cdot \frac{\sum x_i^2 - \sum x_i}{\sum (x_i)^2 - \sum x_i} \quad (3)$$

Onde, Índice de Morisita (IM), contagem de indivíduos na parcela (x_i) e número de parcelas (n).

Se $IM < 1,0$, o padrão de distribuição espacial da espécie é uniforme ou regular; se $IM = 1,0$, o padrão de distribuição é aleatório; e se $IM > 1,0$, o padrão de distribuição espacial é agregado.

Os índices foram calculados no *software R* (R Core Development Team 2020), utilizando a função *species aggreg* da biblioteca *forestmangr* (Braga et al. 2020). A classificação dos índices foi comparada qualitativamente para verificação de alterações no padrão de distribuição espacial das espécies.

A normalidade e homogeneidade de variâncias para os dados de densidade foram verificadas pelos testes de Shapiro-Wilk e Bartlett ($p < 0,05$), respectivamente. A densidade de regenerantes de cada espécie foi submetida ao teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$) para verificação de diferenças entre as idades de restauração. A escolha do teste não-paramétrico deve-se ao não atendimento aos pressupostos e à transformação de dados. Estas análises também foram realizadas no *software R*.

Resultados

Foram amostrados 169 indivíduos regenerantes de *M. scabrella* e 32 de *O. puberula* para a área com idade de quatro anos, enquanto que para a área com idade de 10 anos, foram amostrados 12 indivíduos de *M. scabrella* e 19 de *O. puberula*. *M. scabrella* apresentou densidade de 2.113 ind ha⁻¹ para a área com quatro anos de idade e 150 ind ha⁻¹ para a área com dez anos de idade. *O. puberula* apresentou 400 ind ha⁻¹ e 238 ind ha⁻¹ para as áreas com idade de quatro e 10 anos, respectivamente. Apesar dos maiores valores registrados na idade quatro, a densidade de regenerantes não apresentou diferenças significativas entre as idades de restauração para ambas as espécies pelo teste de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$) (Figura 2). *M. scabrella* apresentou a mesma frequência absoluta em ambas as idades de restauração (62,5%), enquanto que *O. puberula* teve maior frequência na idade de quatro anos (75%) em relação a idade de 10 anos (62,5%).

Os índices de distribuição espacial (Tabela 1) apresentaram padrão semelhante para as espécies avaliadas. Na área de quatro anos, o padrão de distribuição para *M. scabrella* e *O. puberula* foi agregado nos três índices avaliados. Na área de 10 anos, o padrão de distribuição de *M. scabrella* apresentou variação entre os índices, caracterizado como aleatório pelos índices de Payandeh e Morisita, e como não agregado pelo índice de Hazen. Para *O. puberula* o padrão de distribuição espacial foi

agregado para os índices de Payandeh e Morisita e, tendendo a agregação para o índice de Hazen, nesta mesma idade.

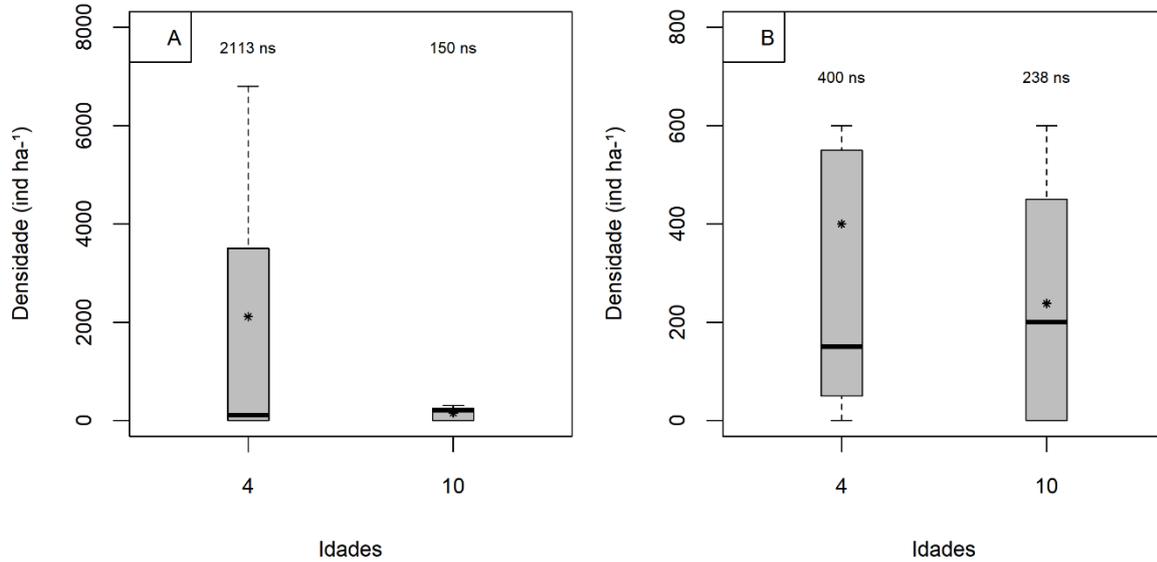


Figura 2. Densidade de regenerantes (ind ha⁻¹) de *Mimosa scabrella* (A) e *Ocotea puberula* (B) em áreas pós-colheita de *Pinus taeda* sob restauração passiva pelo período de 4 e 10 anos. Densidades médias (*) seguidas de (ns) indicam ausência de diferenças significativas pelo teste de Kruskal-Wallis (p<0,05).

Tabela 1. Índices de distribuição espacial das espécies regenerantes em áreas pós-colheita de *Pinus taeda* sob restauração passiva pelo período de 4 e 10 anos.

| Idade | Espécie | Payandeh | Hazen | Morisita | Status | | |
|---------|-------------------------|----------|-------|----------|-----------|-----------------|-----------|
| | | | | | Payandeh | Hazen | Morisita |
| 4 anos | <i>Mimosa scabrella</i> | 70,8 | 496 | 3,9 | Agregado | Agregado | Agregado |
| | <i>Ocotea puberula</i> | 8,7 | 57 | 2,6 | Agregado | Agregado | Agregado |
| 10 anos | <i>Mimosa scabrella</i> | 0,9 | 5,5 | 1 | Aleatório | Não agregado | Aleatório |
| | <i>Ocotea puberula</i> | 2,3 | 13,8 | 1,4 | Agregado | Tende a agregar | Agregado |

Discussão

A presença de *M. scabrella* e *O. puberula* na regeneração natural em áreas alteradas na Floresta Ombrófila Mista também foi verificada por outros autores. Ferreira et al. (2017) ao avaliar a dinâmica de populações de *M. scabrella* em Floresta Ombrófila Mista Montana na região do Planalto Sul Catarinense, verificaram elevada densidade de regenerantes da espécie em áreas com quatro anos de idade (3758,33 ind ha⁻¹) em relação as áreas com nove anos (440,63 ind ha⁻¹), evidenciando o caráter pioneiro da espécie, influenciada pela exposição do banco de sementes à elevada luminosidade, nas fases iniciais de sucessão. Estes resultados corroboram com este estudo, onde houve uma tendência redução da densidade entre as idades de quatro e 10 anos. Steenbock et al. (2011) também observaram a diminuição gradual da densidade de *M. scabrella* em florestas secundárias no Planalto Catarinense, variando entre 8000 e 5000 ind ha⁻¹ nos primeiros 20 anos de sucessão, no entanto, com valores superiores

aos observados neste estudo, devido a consideração do componente adulto na análise. Os referidos autores ainda destacam que a bracinga nem sempre ocorre em florestas secundárias jovens e sua frequência é muito variável, entre 30 e 60% nos primeiros 15 anos de sucessão, corroborando com o observado neste estudo, onde a frequência manteve-se 62,5% em ambas as idades.

Ferreira et al. (2019) verificaram a presença de *O. puberula* na regeneração natural em áreas de restauração pós-colheita de *Pinus* sp. com dossel predominantemente composto por *M. scabrella* na Floresta Ombrófila Mista Montana no Planalto Sul Catarinense, com densidades entre 18 e 181 ind ha⁻¹, condição semelhante à observada na área avaliada neste estudo. Contudo, os referidos autores destacam que *O. puberula* apresentou maior abundância nas áreas com idades mais avançadas do processo de restauração (7 e 9 anos), sendo um indicativo da substituição de espécies e da sucessão ecológica destas áreas. Esta condição diverge do resultado

observado neste estudo, onde a maior regeneração desta espécie ocorreu nas áreas com idade de quatro anos, do mesmo modo que a frequência absoluta foi superior nesta idade (75%).

A maior densidade observada na idade de quatro anos, possivelmente, reflete a influência de fatores locais, como por exemplo, a composição florística e abertura do dossel, presença de plantas adultas da espécie em estágio reprodutivo nestas áreas, bem como a atuação de filtros ambientais, visto que as áreas em restauração são espacialmente distintas, apresentando considerável heterogeneidade ambiental, principalmente em relação a composição e estrutura da vegetação, conforme descrito por Zangalli (2020) em estudo conduzido neste local. Outra condição que pode contribuir para os valores elevados de densidade observados na colonização inicial da espécie (idade de 4 anos) é a ocorrência de fatores estocásticos de dominância e mortalidade sobre a abundância da regeneração, condições comumente observadas na regeneração natural nos primeiros cinco anos de restauração florestal (Suganuma e Durigan 2015).

As diferenças observadas entre os índices, principalmente na idade de dez anos são de origem classificatória, visto que os padrões de distribuição apresentam a mesma tendência, havendo apenas alterações na nomenclatura específica (Payandeh e Morisita: agregado e aleatório; Hazen: não agregado e tende a agregar) utilizada por cada índice. Resultado semelhante foi descrito por Kanieski et al. (2012) ao testar diferentes índices de dispersão (Payandeh, Fracker e Brischle e MacGuinnes) para regeneração natural na Floresta Ombrófila Mista em São Francisco de Paula, Rio Grande do Sul. Estes autores descrevem a ocorrência de uma distribuição semelhante entre as espécies pelos diferentes índices, variando apenas a classificação utilizada. Desse modo, infere-se que os três índices são adequados para descrever os padrões de distribuição espacial da regeneração natural das espécies avaliadas neste estudo.

Kanieski et al. (2012) verificaram que espécies com elevada densidade e frequência na regeneração natural apresentam padrão agregado. Logo, os valores de densidade mais elevados associados a elevada frequência na idade de quatro anos, possivelmente, contribuam para o padrão agregado observado para ambas as espécies. Em contrapartida, o padrão aleatório observado para *M. scabrella* aos dez anos, é resultante da menor abundância de indivíduos regenerantes da espécie nesta idade, apesar de possuir frequência elevada. De acordo com Dalmaso et al. (2012) padrões aleatórios de distribuição em idades mais avançadas de sucessão, podem ser mediados pelo crescimento dos indivíduos arbóreos da comunidade ou em resposta à competição interespecífica e mortalidade dependente da densidade, que são fatores

determinantes da dinâmica de recrutamento e mortalidade das espécies.

Ferreira et al. (2016) verificaram em seu estudo que a mudança na distribuição espacial de *M. scabrella* do padrão agregado para aleatório ocorre entre as fases iniciais e avançadas de desenvolvimento da comunidade florestal, sendo determinado pela dispersão autocórica. Esse mecanismo de dispersão promove a formação de um banco de sementes do solo próximo a planta mãe (Arruda et al. 2020), contribuindo para formação de um padrão agregado nos regenerantes. Com o desenvolvimento da floresta, condições como a competição interespecífica, a mortalidade e limitações de luminosidade promovidas pela cobertura de dossel tendem a reduzir a densidade populacional desta espécie (Ferreira et al. 2017), tornando a distribuição aleatória, como observado na idade de dez anos neste estudo.

O padrão de distribuição agregado é comum na regeneração natural, sendo descrito para várias espécies na Floresta Ombrófila Mista (Kanieski et al. 2012; Fiorentin et al. 2015; Santos et al. 2018). Em áreas de Floresta Ombrófila Mista em estágio avançado de sucessão e alteradas pela presença de gado no Planalto Sul Catarinense, Santos et al. (2018) encontraram padrão agregado para a regeneração de *O. puberula*, corroborando com padrão observado neste estudo. Ao avaliar o padrão de distribuição espacial de *O. puberula* em Floresta Ombrófila Mista no Paraná, Lipinski et al. (2016) verificaram variações entre as unidades amostrais, apresentando padrão agregado, disperso e aleatório. Os referidos autores destacam que esta variação nos padrões espaciais reflete a heterogeneidade das condições ambientais das unidades amostrais, como por exemplo, a presença de clareiras e interações interespecíficas. Além disso, a síndrome de dispersão zoocórica de *O. puberula*, realizada principalmente por aves (Carvalho 2003) também pode contribuir para o padrão de dispersão agregado. Segundo Urbanetz et al. (2003), quando os frutos são consumidos pela avifauna, há uma tendência de uma dispersão agregada, devido a deposição das sementes em locais utilizados como poleiros pelas aves.

A interferência antrópica no ambiente, bem como, uma baixa frequência de dispersores também podem influenciar no padrão de distribuição espacial, ocasionando a agregação dos indivíduos regenerantes (Kanieski et al. 2012; Higuchi et al. 2015), condições não avaliadas neste estudo, mas que são comumente observadas em áreas em estágio inicial de restauração. Variáveis ambientais também apresentam influência nos padrões de estabelecimento regeneração natural. Variações nas condições edáficas, na cobertura do dossel, no histórico de uso das áreas e na topografia foram descritas como determinantes do padrão florístico-estrutural da regeneração natural em Floresta

Ombrófila Mista (Ávila et al. 2011; Higuchi et al. 2015), influenciando sobre os padrões de distribuição espacial, estrutura e abundância das espécies nas florestas (Kang et al. 2017).

De modo geral, ambas as espécies apresentam boa capacidade de regeneração em áreas com histórico de degradação pela silvicultura de *P. taeda*, devido aos elevados valores de densidade e frequência encontrados. Os padrões de distribuição espacial das duas espécies foram adequadamente descritos pelos três índices, havendo distinções apenas em relação a classificação empregada por cada um. As duas espécies apresentaram distribuição agregada no estágio inicial de restauração (4 anos), estando de acordo com o observado para a regeneração natural em outros estudos. O padrão aleatório observado para *M. scabrella* na idade de dez anos, possivelmente, ocorre em função de alterações nas condições da floresta em idades mais avançadas ou até mesmo pela influência de variáveis ambientais. Desse modo, ressalta-se a importância de um esforço para inclusão de variáveis ambientais em estudos futuros, buscando a melhor caracterização e compreensão dos padrões de distribuição espacial destas espécies em locais sob restauração florestal.

Conclusões

Os índices utilizados apresentaram a mesma tendência de distribuição espacial para as espécies, variando apenas em relação a nomenclatura empregada na classificação.

Ambas as espécies apresentam boa capacidade de regeneração em áreas com histórico de degradação pela silvicultura de *P. taeda*, apresentando respostas distintas quanto ao status de distribuição espacial em função da idade de restauração. *O. puberula* com padrão agregado em ambas as idades e *M. scabrella* com padrão agregado na idade de quatro anos e aleatório na idade de dez anos.

Agradecimentos

Agradecemos à Klabin S.A. pela cedência das áreas de estudo e financiamento do projeto de pesquisa em conjunto com o Laboratório de Silvicultura de Restauração Florestal da Universidade do Estado de Santa Catarina.

Referências

Alvares CA, Stape JL, Sentelhas PC, Gonçalves JLM, Sparovek G (2013) Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, 22 (6): 711-728. doi: 10.1127/0941-2948/2013/0507.

Arruda GOS, Mantovani A, Montagna T, Bernardi AP, Costa NCF, Reis MS (2020) Reproductive system of *Mimosa scabrella* in consecutive

reproductive events in the mountainous region of Santa Catarina state. *Floresta*, 50 (2): 1259-1266. doi: 10.5380/ufv.v50 i2. 62515.

Ávila AL, Araujo MM, Gasparin E, Longhi SJ (2013) Mecanismos de regeneração natural em remanescente de Floresta Ombrófila Mista, RS, Brasil. *Cerne*, 19 (4): 621-628. doi: 10.1590/S0104-77602013000400012

Barros PLC, Machado AS (1984) *Aplicação de índices de dispersão em espécies de florestas tropicais da Amazônia brasileira*. Curitiba: FUFPEF/UFPR. 44p.

Braga SR, Oliveira MLR, Gorgens EB (2020) forestmangr: Forest Mensuration and Management. R package version 0.9.4. Disponível em: <https://github.com/sollano/forestmangr#readme>. Acesso em: 19 ago de 2021.

Brançalion PHS, Gandolfi S, Rodrigues RR (2015) *Restauração Florestal*. 1 ed. São Paulo: Oficina de Textos. 432p.

Brasil (2012) Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF.

Carvalho PER (2003) *Espécies arbóreas brasileiras*. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica. 1039p.

Crouzeilles R, Ferreira MS, Chazdon RL, Lindenmayer DB, Sansevero JBB, Monteiro L, Iribarren A, Latawiec AE, Strassburg BBN (2017). Ecological restoration success is higher for natural regeneration than for active restoration in tropical forests. *Sci. Adv*, 3: 1-7. doi: 10.1126/sciadv.1701345

Dalmaso CA, Inoue MT, Oliveira Filho PC, Marcelino VR, Pottker GS (2012) Análise dos padrões espaciais de *Ocotea odorifera* (Vell.) Rohwer na Floresta Nacional de Irati (PR). *Revista Ambiência*, 8: 559-570. doi: 10.5777/ambiencia.2012.04.10

Dutra VF, Morim MP. (2015) *Mimosa* in Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB100978>. Acesso em: 18 ago 2021.

- Ferreira PI, Paludo GF, Chaves CL, Bortoluzzi RLC, Mantovani A (2012) Florística e fitossociologia arbórea de remanescentes florestais em uma fazenda produtora de *Pinus* spp. *Floresta*, 42 (4): 783-794. doi: 10.5380/uf.v42i4.21581
- Ferreira PI, Gomes JP, Batista F, Bernardi AP, Costa, NCF, Bortoluzzi RLC, Mantovani A (2013) Espécies potenciais para recuperação de áreas de preservação permanente no planalto catarinense. *Floresta e Ambiente*, 20 (2): 173-182. doi: 10.4322/foram.2013.003.
- Ferreira PI, Gomes JP, Stedille LIB, Nicoletti MF, Bortoluzzi RLC, Mantovani A (2016) Estrutura populacional, padrão espacial e estoque de carbono em bracatingais no planalto sul catarinense. *Floresta*, 46 (2): 277-234. doi: 10.5380/uf.v46i2.41584
- Ferreira PI, Gomes JP, Stedille LIB, Bortoluzzi, RLC, Mantovani A (2017) Dinâmica de bracatingais inequidanos sob diferentes condições ambientais no planalto sul catarinense. *Floresta*, 47 (1): 43-54. doi: 10.5380/uf.v47i1.45263
- Ferreira PI, Gomes JP, Stedille LIB, Bortoluzzi, RLC, Mantovani A (2019) *Mimosa scabrella* Benth. as facilitator of forest successional advance in the South of Brazil. *Floram*, 26 (4): 1-11. doi: 10.1590/2179-8087.008517
- Fiorentin LD, Téo SJ, Schneider CR, Costa RH, Batista S (2015) Análise Florística e padrão espacial da regeneração natural em área de Floresta Ombrófila Mista na Região de Caçador, SC. *Floresta e Ambiente*, 22 (1): 60-70. doi: 10.1590/2179-8087.071413
- Freitas WK, Magalhães LMS (2014). Florística, diversidade e distribuição espacial das espécies arbóreas de um trecho de Floresta Estacional Semidecidual da Serra da Concórdia, RJ. *Floresta*, 44 (2): 259-270. doi: 10.5380/uf.v44i2.30661
- Higuchi P, Silva AC, Van den Berg E, Pifano DS (2011) Associações espaciais entre indivíduos de diferentes espécies de *Miconia* spp. Ruiz & Pav. (Melastomataceae). *Árvore*, 35 (3): 381-389. doi: 10.1590/S0100-67622011000300002
- Higuchi P, Silva AC, Buzzi Junior F, Negrini M, Ferreira TS, Souza ST, Santos KF, Vefago MB (2015) Fatores determinantes da regeneração natural em um fragmento de floresta com araucária no planalto catarinense. *Scientia Forestalis*, 43 (106): 251-259.
- IBGE (2012) *Manual técnico da vegetação brasileira: sistema fitogeográfico, inventário das formações florestais e campestres, técnicas e manejo de coleções botânicas, procedimentos para mapeamentos*. Rio de Janeiro: IBGE- Diretoria de Geociências, 271p.
- Kang H, Zheng Y, Liu S, Chai Z, Chang M, Hu Y, Li G, Wang D (2017) Population structure and spatial pattern of predominant tree species in a pine-oak mosaic mixed forest in the Qinling Mountains, China. *Journal of Plant Interactions*, 12 (1): 78-86. doi: 10.1080/17429145.2017.1283069.
- Kanieski MR, Longhi SJ, Narvaes IS, Soares PRC, Longhi-Santos T, Callegaro RM (2012) Diversidade e padrões de distribuição espacial de espécies no estágio de regeneração natural em São Francisco de Paula, RS, Brasil. *Floresta*, 42 (3): 509-518. doi: 10.5380/uf.v42i3.25037
- Lipinski ET, Schikowski AB, Ruza MS, Dalla Corte AP, Sanquetta CR (2016). Padrões de ocorrência espacial de espécies da Floresta Ombrófila Mista no Paraná. *Scientia Agraria Paranaensis*, 15 (2): 132-139. doi: 10.18188/1983-1471/sap.v15n2p132-139
- Morisita M (1962) Id-index, a measure of dispersion of individuals. *Researches on Population Ecology*, 4 (1): 1-7.
- Potter RO, Carvalho AP, Flores CA, Bognola I (2004) *Solos do Estado de Santa Catarina*. Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 721p.
- R Development Core Team (2020) R: A language and environment for statistical computing [Internet]. R Foundation for Statistical Computing. Disponível em: <https://www.r-project.org/>. Acesso em: 15 ago. 2021.
- Reitz PR, Klein RM (1966) *Araucariáceas: Flora ilustrada catarinense*. Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues. 29p.
- Ribeiro MC, Metzger JP, Martensen AC, Ponzoni FJ, Hirota MM (2009) The Brazilian Atlantic Forest: how much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. *Biol. Conserv.*, 142: 1141-1153.
- Salami G, Campos ML, Gomes JP, Batista F, Mantovani A, Pitz MM, Schmitt J, Biazzi JP (2015) Avaliação dos aspectos florísticos e estruturais de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista influenciado por sucessivas rotações de espécies florestais exóticas. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, 14 (1): 7-14.
- Santos GN, Higuchi P, Silva AC, Farias KJ, Machado FD, Duarte E, Fernandes C, Vieira F, Amaral RS, Aguiar V, Walter FF, Mores B, Reis MA

- (2018) Regeneração natural em uma floresta com araucária: inferências sobre o processo de construção da comunidade de espécies arbóreas. *Ciência Florestal*, 28 (2): 483-494. doi: 10.5902/1980509832029
- Saueressig D (2017) *Plantas do Brasil: árvores nativas*. Irati: Editora Plantas do Brasil. 432p.
- Sevegnani L, Vibrans AC, Gasper AL (2013) Considerações finais sobre a Floresta Ombrófila Mista em Santa Catarina. In: Vibrans AC, Sevegnani L, Gasper AL, Lingner DV (ed) *Inventário Florístico Florestal de Santa Catarina, vol. III, Floresta Ombrófila Mista*. Blumenau: Edifurb. p. 275-278.
- Siminski A, Fantini AC, Guries RP, Ruschel AR, Reis MS (2011) Secondary forest succession in the Mata Atlântica, Brazil: Floristic and Phytosociological trends. *Ecology*, 2011: 1-19. doi: 10.5402/2011/759893.
- Steenbock W, Siminski A, Fantini AC, Reis MS (2011) Ocorrência de bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.) em bracatingais manejados e em florestas secundárias na região do Planalto Catarinense. *Árvore*, 35 (4): 845-857. doi: 10.1590/S0100-67622011000500010
- Stedille LIB, Gomes JP, Costa NCF, Vargas OF, Luz L, Mantovani A (2018) Passive restoration of mixed ombrophilous forest a decade after forest plantation removal in the South of Brazil. *Floresta*, 48 (4): 523-534. doi: 10.5380/ufv.v48i4.55319.
- Stuani GR, Silva AC, Higuchi P, Larsen JG, Machado FD, Santos GN (2021) Impacto antrópico na dinâmica de uma floresta nebulosa do planalto catarinense. *Ciência Florestal*, 31(4): 1714–1732. doi: 10.5902/1980509842667
- Suganuma MS, Durigan G (2015) Indicators of restoration success in riparian tropical forest using multiple reference ecosystem. *Restoration Ecology*, 23 (3): 238–251. doi: 10.1111/rec.12168
- Urbanetz C, Oliveira VM, Raimundo RLG (2003) Padrão espacial, escala e síndromes de dispersão. Disponível em: <http://www2.ib.unicamp.br/profs/fsantos/relatorios/ne211r3a2003.pdf>> Acesso em: 10 ago 2021.
- Vibrans AC, McRoberts RE, Moser PM, Nicoletti AL (2013) Using satellite image-based maps and ground inventory data to estimate the area of the remaining Atlantic forest in the Brazilian state of Santa Catarina. *Remote Sensing of Environment*, 130: 87-95. doi: 10.1016/j.rse.2012.10.023.
- Vibrans AC, Nicoletti AL, Liesenberg V, Refosco JC, Kohler LPA, Bizon AR, Lingner DV, Dal Bosco F, Bueno MM, Silva MS, Pessatti TB (2021) MonitoraSC: um novo mapa de cobertura florestal e uso da terra de Santa Catarina. *Agropecuária Catarinense*, 34 (2): 42-48. doi: 10.52945/rac.v34i2.1086
- Zangalli C (2020) *Indicadores ecológicos para áreas em processo de restauração florestal em Floresta Ombrófila Mista pós-colheita de Pinus spp. no estado de Santa Catarina*. Dissertação, Universidade do Estado de Santa Catarina. 152p.