

## EFEITO DE BORDA SOBRE A DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA EM UM FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA

Ângela Maria Klein HENTZ<sup>1</sup>  
Ana Paula Dalla CORTE<sup>1</sup>  
Carlos Roberto SANQUETTA<sup>1</sup>  
Christopher Thomas BLUM<sup>1</sup>  
Sylvio PÉLLICO NETTO<sup>1</sup>

- RESUMO: Este trabalho teve como objetivo avaliar a influência da proximidade da borda na distribuição diamétrica de indivíduos arbóreos em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista. Foram utilizados dados de um inventário florestal no qual todos os indivíduos foram identificados, localizados geograficamente e mensurado o diâmetro à altura do peito, considerando-se um valor mínimo de 10 cm. Foram utilizadas 3 parcelas de 1 ha, das quais duas encontram-se em contato direto com a borda, e a terceira situa-se no interior do fragmento. As parcelas foram divididas em subparcelas a cada 10 metros em relação a distância da borda, e todos os indivíduos arbóreos foram avaliados graficamente conforme a frequência. A distribuição foi modelada pela função densidade de probabilidade Weibull 3P, a qual mostrou aderência aos dados de todas as subparcelas. Observou-se que todas as distribuições apresentaram formato exponencial negativo, característico de florestas naturais, porém houve variação nos parâmetros da distribuição, principalmente na parcela Fogo, conforme a distância de borda. Pode-se confirmar a existência de influência da proximidade da borda nas distribuições diamétricas, apesar de que essa influência se apresenta de forma distinta entre as parcelas estudadas, portanto acredita-se que outros parâmetros podem alterar a magnitude e influência do efeito de borda sobre a distribuição diamétrica.
- PALAVRAS-CHAVE: Fragmentação florestal; Mata Atlântica; distribuição probabilística de Weibull.

### 1 Introdução

A fragmentação natural de habitats é um dos principais mecanismos de diferenciação genética de espécies, pois esse é um processo que promove o isolamento geográfico entre comunidades de espécies e, conseqüentemente, sua especiação (CONSTANTINO *et al.*, 2003). Esse processo torna-se um problema quando não é movido por forças naturais, e sim originado por fatores humanos, principalmente o desmatamento (LAURANCE e VASCONCELOS, 2009), ocasionado pela necessidade de estradas, urbanização, retirada

---

<sup>1</sup> Universidade Federal do Paraná - UFPR, Campus III, Departamento de Ciências Florestais, CEP: 80210-170, Curitiba, PR, Brasil. E-mail: [angelakhentz@gmail.com](mailto:angelakhentz@gmail.com); [anapaulacorte@gmail.com](mailto:anapaulacorte@gmail.com); [carlos\\_sanquetta@hotmail.com](mailto:carlos_sanquetta@hotmail.com); [ctblum.ufpr@gmail.com](mailto:ctblum.ufpr@gmail.com); [sylviopelliconetto@gmail.com](mailto:sylviopelliconetto@gmail.com)

de madeira, mineração, agricultura e pecuária (VASCONCELOS, 2015; GIBBS *et al.*, 2010).

Segundo Seoane *et al.* (2010), atualmente existe uma inversão na situação original do sistema em que se inserem os habitats, pois as perturbações provocadas pela ação humana passaram a dominar a paisagem, de forma que as áreas ocupadas pelos ecossistemas naturais se resumem a pequenas manchas. Essas alterações estão ocorrendo em uma velocidade muito elevada, não permitindo a adaptação das espécies, de forma que a fragmentação de florestas em um nível global vem sendo considerada como a mais profunda modificação causada pelo ser humano ao meio ambiente (CERQUEIRA *et al.*, 2003).

Dos diversos problemas advindos da fragmentação das florestas, podem-se citar a redução do habitat de sobrevivência das espécies (HARRIS, 1984), isolamento das comunidades (GENELETTI, 2004), redução da variabilidade genética dentro dos fragmentos (SHIMIZU, 2007), além de alterações microclimáticas e degradação dos recursos naturais (SCARIOT *et al.*, 2005). No caso das florestas, destaca-se que a fragmentação florestal diminui a dispersão dos organismos entre os remanescentes, ocasionando a mortalidade imediata de muitas espécies e causando a modificação na composição florística original, resultante das alterações abióticas no ambiente (LAURANCE *et al.*, 2000; LAURANCE *et al.*, 2002; LAURANCE e VASCONCELOS, 2009; TABARELLI *et al.*, 2010), com destaque especial para as áreas de borda (MURCIA, 1995; LAURANCE *et al.*, 2000; LAURANCE *et al.*, 2002; HARPER *et al.*, 2005; LAURANCE e VASCONCELOS, 2009).

Nas áreas sob efeito de borda, segundo Metzger (1999), a intensidade dos fluxos biológicos entre as unidades de paisagem se modifica de forma abrupta, devido à mudança abiótica repentina da matriz para os fragmentos e vice-versa. Nessa região observam-se mudanças mais intensas em fatores como luminosidade (MURCIA, 1995; RIGUEIRA *et al.*, 2012), incidência de ventos (LAURANCE *et al.*, 2002), temperatura e umidade (MULLER *et al.*, 2010), assim como existe uma forte influência das matrizes circundantes sobre as comunidades remanescentes (NASCIMENTO *et al.*, 2006). Essas alterações no ambiente resultam em respostas na vegetação, como a alta germinação e recrutamento de espécies heliófilas (NASCIMENTO *et al.*, 2006; RIGUEIRA *et al.*, 2012), que se caracterizam por serem espécies que se desenvolvem melhor em plenas condições de luminosidade (POGGIANI *et al.*, 1992), geralmente pioneiras, causando uma substituição das espécies originais e, em alguns casos, propagação de espécies exóticas invasoras (LAURANCE e VASCONCELOS, 2009; VIEIRA *et al.*, 2014; ABDO *et al.*, 2015).

Além disso, a presença de áreas de borda afeta parâmetros estruturais da floresta. De maneira geral, em áreas de borda são encontradas árvores com menores diâmetros (ALVES *et al.*, 2006; MALCHOW *et al.*, 2006; OLIVEIRA *et al.*, 2008; SILVA *et al.*, 2015), e dificilmente são encontradas árvores de grande porte (LAURANCE *et al.*, 2000; PAULA *et al.*, 2011). Na borda observa-se uma dinâmica acelerada da vegetação (LAURANCE *et al.*, 1998), devido a interação das espécies com o ambiente diferenciado. Observa-se que na borda ocorre uma elevada regeneração, assim como alta mortalidade (LAURANCE *et al.*, 1998; HARPER *et al.*, 2005). Devido a essa dinâmica diferenciada, em muitos casos a floresta na borda é direcionada para os estágios iniciais de sucessão (TABARELLI *et al.*, 2008).

Apesar da existência de vários estudos que apontam alterações nos diâmetros das árvores, a distribuição diamétrica de florestas em função do efeito de borda ainda não foi estudada de maneira completa, principalmente na avaliação dos efeitos em função de gradientes de distância. Da mesma forma, alguns estudos apontam ainda valores menores em alturas de indivíduos próximos à borda (OOSTERHOONRN e KAPPELLE, 2000; MALCHOW *et al.*, 2006), alterações nos estoques de carbono (PAULA *et al.*, 2011), biomassa (NASCIMENTO e LAURANCE, 2004) e serapilheira (BRASIL *et al.*, 2013; VOGEL *et al.*, 2013), resultantes do efeito de borda na floresta.

O bioma Mata Atlântica encontra-se nesse cenário como um dos mais devastados do planeta (GALINDO-LEAL e CÂMARA, 2005), do qual estima-se que restam apenas 8,5% de remanescentes florestais acima de 100 hectares (FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA, 2014). Da mesma forma, para a Floresta Ombrófila Mista (FOM), uma das tipologias florestais da Mata Atlântica e objeto de estudo neste trabalho, estima-se que existam atualmente cerca de 10% da cobertura original (GALINDO-LEAL e CÂMARA, 2005). A FOM caracteriza-se especialmente pela presença de *Araucaria angustifolia*, conhecida como Pinheiro-do-Paraná, espécie considerada oficialmente como ameaçada de extinção (MARTINELLI e MORAES, 2013).

O objetivo do trabalho foi avaliar a influência do efeito de borda na distribuição diamétrica de indivíduos arbóreos em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista, em diferentes gradientes de borda para o interior do remanescente florestal. Para tanto, foi realizada a comparação da distribuição Weibull 3P ajustada para as diferentes distâncias de borda.

## **2 Material e Métodos**

### **2.1 Área de Estudo**

Parcelas permanentes foram utilizadas para coleta dos dados, essas pertencentes à Fazenda Experimental da Universidade Federal do Paraná, localizada no município de São João do Triunfo – PR (Figura 1), na qual a vegetação natural é classificada como Floresta Ombrófila Mista, também conhecida como Floresta com Araucária.

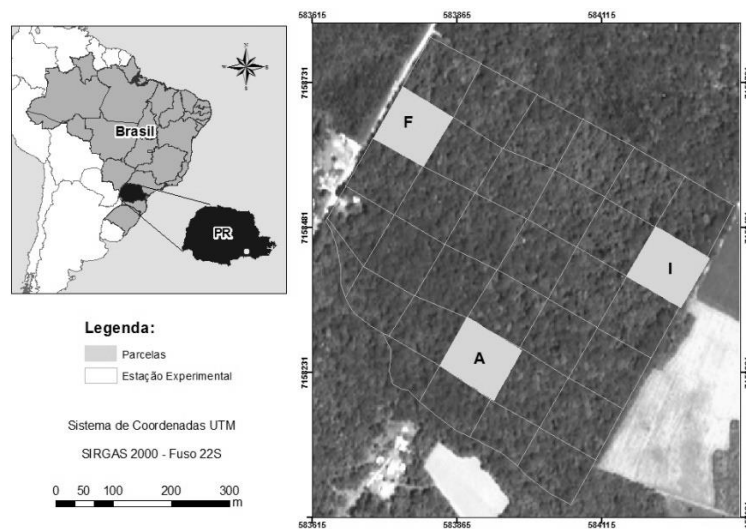


Figura 1 - Localização da área de estudo e grade de parcelas dentro da Fazenda Experimental em São João do Triunfo, em que: A: Araucária; F: Fogo; e I: Imbuia.

As coordenadas da área são 25° 34' 18" de latitude Sul e 50° 05' 56" de longitude Oeste, e a altitude do local é de aproximadamente 780 metros (PIZATTO, 1999). O clima da região é, conforme a classificação de Köppen, do tipo Cfb temperado sempre úmido, com temperatura média anual entre 17 e 18°C (IAPAR, 2000). Na Fazenda ocorrem as associações de Argissolos Vermelho-Amarelo, Cambissolos Háplicos Tb e Latossolos Vermelhos, ambos Distróficos, conforme a classificação do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2013).

A Fazenda Experimental é parte do Projeto PELD (Programa de Pesquisa Ecológica de Longa Duração) Sítio 9, corresponde a uma área de cerca de 33 hectares, a qual está dividida em 30 parcelas, das quais 4 são medidas anualmente desde 1995. Dessas quatro parcelas, neste estudo foram consideradas três, denominadas Fogo, Imbuia e Araucária, cada qual com 1 hectare em formato quadrado (100m × 100m). A escolha dessas três parcelas deu-se porque duas delas, Fogo e Imbuia, apresentam um dos lados em contato com a borda exterior, e a parcela Araucária foi considerada como uma "testemunha", pois encontra-se inserida totalmente dentro da floresta.

A parcela Fogo confronta-se a noroeste com uma estrada, seguida por povoamento arbóreo homogêneo do gênero *Pinus*, enquanto que a parcela Imbuia confronta-se a sudeste com área agrícola. Destaca-se, segundo Pizato (1999), que as parcelas Fogo e Araucária se encontram em área de predominância de *Araucaria angustifolia*, enquanto que a parcela Imbuia se encontra em uma região com predomínio de folhosas, principalmente *Ocotea porosa*, e na qual são encontrados indivíduos de grande porte. Devido às alterações da floresta original, essa é considerada uma formação secundária desenvolvida, ou então uma floresta primária muito alterada (SCHAAF *et al.*, 2006).

## 2.2 Base de dados

Inventários florestais anuais, aproximadamente no mês de julho, são realizados nas parcelas, aproximadamente no mês de julho, quando são identificados e mensurados a circunferência à altura do peito, 1,3 m em relação ao solo (CAP) de todos os indivíduos com um mínimo de 10 cm de diâmetro à altura do peito (DAP). Em cada ano também foram contabilizados os indivíduos mortos e ingressantes, ou seja, aqueles que atingiram  $DAP \geq 10\text{cm}$  apenas no ano do último inventário realizado. Além disso, a localização de todos os indivíduos foi efetuada e armazenada em uma base vetorial, sendo atualizada a cada ano.

Neste estudo foram considerados os dados do inventário de 2013, ou seja, os mais atuais na época do processamento, e foram selecionados somente os indivíduos vivos naquele ano. Os indivíduos ingressantes estão incluídos juntamente com os vivos para a análise da distribuição diamétrica, porém os mortos não foram considerados nessa análise. Os indivíduos mortos não foram considerados, porque para a maior parte dos indivíduos mortos o DAP não foi mensurado em campo, visto que em muitos casos os indivíduos estão em decomposição acelerada, quebrados e em outros estágios de decomposição, quando é difícil identificar suas espécies, portanto, a base de dados desses é muito inconsistente com relação ao DAP. Como referência, a taxa de mortalidade no ano de 2013 para as parcelas foi de aproximadamente 0,8% para Araucária, 1,05% para Imbuia e 1,3% para Fogo, conforme dados de Barreto (2015). Além disso, a base vetorial do formato das parcelas foi utilizada.

## 2.3 Processamento e Análise dos Dados

As três parcelas foram primeiramente divididas, cada uma, em 10 subparcelas, no formato  $10 \times 100\text{m}$ , conforme Figura 2. As subparcelas foram identificadas conforme a sua distância da borda, para Fogo e Imbuia, enquanto que para a parcela Araucária, como não existe borda externa, a numeração seguiu sentido oeste-leste. Dessa forma, para as parcelas Imbuia e Fogo, quanto maior o número da subparcela, maior sua distância da borda. Além disso, cada subparcela recebeu o prefixo A (Araucária), I (Imbuia) ou F (Fogo), de acordo com a parcela correspondente.

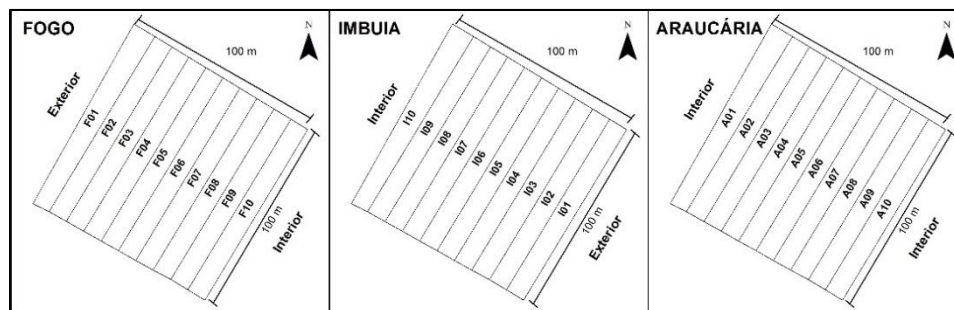


Figura 2 - Parcelas estudadas e os gradientes de borda.

Dada essa divisão, os indivíduos inventariados no ano de 2013 foram alocados de acordo com sua posição nas subparcelas, e identificados de acordo com sua distância de

borda (para Imbuia e Fogo). A divisão foi mantida para a parcela Araucária, porém convém destacar que todas as subparcelas nesse caso estão em área sem contato com borda.

Dessa forma, foram construídas as distribuições diamétricas para cada subparcela, a fim de verificar se existem padrões diferentes em função da distância em relação a borda. Para tanto, a frequência de indivíduos por classe de DAP foi analisada, considerando-se cada subparcela. As classes de DAP utilizadas foram tomadas com 10 cm de amplitude (partindo dos 10 cm mínimos). As distribuições foram ajustadas pela função densidade de probabilidade (FDP) Weibull 3P, conforme Equação 1 dada por

$$f(x) = \frac{\gamma}{\beta} \left( \frac{x - \alpha}{\beta} \right)^{\gamma-1} \exp \left[ - \left( \frac{x - \alpha}{\beta} \right)^\gamma \right], \quad (1)$$

em que:  $f(x)$ : função densidade de probabilidade da variável  $x$ ;  $x$ : variável aleatória (DAP);  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ : parâmetros a serem estimados, respectivamente, de locação, escala e forma.

Optou-se por utilizar a função de distribuição Weibull 3P devido à sua flexibilidade em adaptar-se a vários formatos de distribuição, podendo representar desde distribuições decrescentes de florestas nativas até distribuições unimodais de povoamentos florestais (CAO, 2004; NOGUEIRA *et al.*, 2005; PALAHÍ *et al.*, 2006; PALAHÍ *et al.*, 2007; FIGURA, 2010). A flexibilidade da forma dessa distribuição é função de três parâmetros: locação ( $\alpha$ ), forma ( $\gamma$ ) e escala ( $\beta$ ). Segundo Bailey e Dell (1973), para a distribuição diamétrica, deve-se considerar o parâmetro de locação ( $\alpha$ ) igual ao menor DAP encontrado, neste caso, 10 cm. Dessa forma, o parâmetro  $\alpha$  foi fixado no valor de 10 cm para todos ajustes realizados.

A aderência do ajuste da distribuição Weibull 3P aos dados foi avaliada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov (KS), com probabilidade de 99% (GIBBONS e SUBHABRATA, 1992). As distribuições probabilísticas, para cada subparcela, foram comparadas de acordo com os parâmetros de forma e escala, assim como pela comparação visual das frequências estimadas e observadas para cada classe de DAP.

Complementarmente, para confirmar a existência ou não de distribuições distintas, aplicou-se o teste KS entre as distribuições estimadas, para cada parcela, seguindo a metodologia apresentada por outros autores, como Bobrowski *et al.* (2012) e Silva *et al.* (2010). Para essa análise, os valores estimados para cada subparcela, por classe de DAP, foram transformados para uma escala de 100 (de forma que a soma de cada subparcela fosse o mesmo número), e então se testou a aderência da distribuição de uma subparcela em função de todas as demais da parcela, baseando-se no teste KS. Dessa forma, quando o teste foi não significativo, ou seja, as duas distribuições são aderentes, pode-se dizer que as distribuições das duas subparcelas podem ser consideradas iguais.

### 3 Resultados

A função Weibull 3P ajustou-se satisfatoriamente para todas as subparcelas da parcela Fogo de acordo com teste KS, para a probabilidade de 99%. Os dados dos ajustes das distribuições estão apresentados na Tabela 1. Observa-se que os ajustes foram muito

bons, pois os valores calculados do teste KS são menores que os valores críticos tabelados, portanto em todos os casos o teste foi não significativo (houve aderência). Esse resultado era esperado, visto que essa função apresenta grande flexibilidade e com destaque aplicativo na área florestal (ORELLANA *et al.*, 2014).

Tabela 1 - Parâmetros do ajuste da função de probabilidade Weibull 3P para cada subparcela da parcela Fogo

| Subparcela | N  | Parcela Fogo |          | Kolmogorov-Smirnov |          |
|------------|----|--------------|----------|--------------------|----------|
|            |    | $\beta$      | $\gamma$ | Calculado          | Tabelado |
| F01        | 87 | 5,90         | 0,99     | 0,11 <sup>ns</sup> | 0,17     |
| F02        | 89 | 4,37         | 1,16     | 0,11 <sup>ns</sup> | 0,17     |
| F03        | 82 | 7,80         | 1,00     | 0,07 <sup>ns</sup> | 0,18     |
| F04        | 72 | 6,21         | 0,93     | 0,14 <sup>ns</sup> | 0,19     |
| F05        | 72 | 8,66         | 0,96     | 0,07 <sup>ns</sup> | 0,19     |
| F06        | 72 | 8,69         | 0,92     | 0,09 <sup>ns</sup> | 0,19     |
| F07        | 77 | 12,52        | 1,18     | 0,05 <sup>ns</sup> | 0,19     |
| F08        | 74 | 11,80        | 1,00     | 0,05 <sup>ns</sup> | 0,19     |
| F09        | 83 | 15,02        | 1,42     | 0,05 <sup>ns</sup> | 0,18     |
| F10        | 60 | 16,11        | 1,26     | 0,04 <sup>ns</sup> | 0,21     |

em que: N = número de indivíduos observados;  $\beta$  e  $\gamma$  = parâmetros ajustados da distribuição Weibull 3P; <sup>ns</sup> = não significativo, ou seja, houve aderência conforme teste de Kolmogorov-Smirnov, adotando uma probabilidade de 99% de acerto.

Quanto aos parâmetros dos ajustes, observa-se que os valores do teste de KS calculados decrescem em direção ao interior da parcela, de forma que as parcelas interiores apresentam um melhor ajuste à função Weibull 3P. A única exceção para esse padrão é a parcela F04, a qual apresenta o maior valor de KS calculado, possivelmente em função da ausência de indivíduos em uma classe (centro de classe 35), e da presença de indivíduos nas classes posteriores. Esse padrão pode indicar a tendência de existência de uma distribuição bimodal nessa subparcela. Apesar disso, o número de indivíduos nas classes após o centro de classe 35 não são suficientes para caracterizar com certeza essa tendência, de forma que a função foi modelada de forma unimodal, apesar de não caracterizar de forma adequada a falta de indivíduos em uma das classes. Da mesma forma, observa-se que os parâmetros de escala e forma aumentam conforme as subparcelas se distanciam da borda, ou seja, as funções se ajustam de forma distinta nas subparcelas.

Na Figura 3 observa-se a tendência de melhor ajuste nas subparcelas interiores. Verifica-se ainda, que as subparcelas F01 e F02, mais próximas da borda, apresentam formato exponencial negativo (J invertido) muito acentuado, em que praticamente todos os indivíduos encontram-se na primeira classe de DAP. Já nas subparcelas mais interiores, apesar de ainda existir maior número de indivíduos na primeira classe, a quantidade de indivíduos nas classes subsequentes tende a diminuir gradualmente.

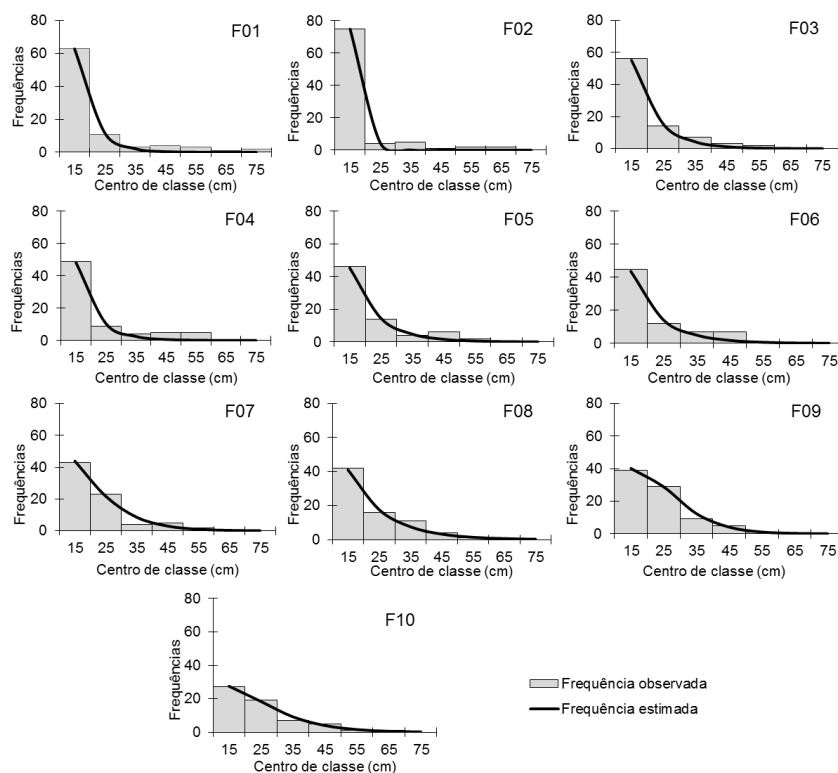


Figura 3 - Representação das frequências em classes diamétricas estimadas e observadas para cada subparcela da parcela Fogo.

De forma a melhor visualizar as diferenças das distribuições entre as subparcelas, na Tabela 2 estão apresentados os resultados do teste de KS para cada combinação entre cada duas subparcelas. Observa-se que existe uma tendência nas distribuições das subparcelas mais próximas apresentarem aderência (teste KS não significativo), enquanto que em subparcelas, estando em regiões opostas (uma próxima à borda e outra próxima ao interior), não ocorre aderência (teste KS significativo). A exceção para esse padrão é a subparcela F02, que somente se adere à subparcela F01, pois conforme se observa na Figura 3, essa subparcela apresenta número de indivíduos na primeira classe de DAP superior às demais subparcelas seguintes. Dessa forma, observa-se a existência de distintas distribuições para as subparcelas de acordo com a distância da borda, apesar de que o formato das distribuições, visualmente, seja semelhante.

Para a parcela Imbuia, conforme a Tabela 3, também houve aderência da distribuição Weibull 3P em todas as subparcelas quando considerada a probabilidade de 99%. Pelos valores do teste KS verifica-se que a maior parte das subparcelas ajustou-se bem à distribuição Weibull 3P, porém observa-se que em algumas subparcelas os valores de KS calculados encontram-se no limite ou próximos ao valor crítico para aceitar-se a aderência, como as subparcelas I01 e I09. Na parcela Imbuia, apesar de os valores do teste KS variarem, não foi detectada uma tendência clara de melhor ajuste na borda ou interior, como havia sido observado para a parcela Fogo. O parâmetro de escala ( $\beta$ ) tende a



aumentar nas subparcelas mais interiores, com algumas exceções, enquanto que o parâmetro de forma ( $\gamma$ ) mostra-se bastante variável, com maiores valores nas duas últimas subparcelas (I09 e I10) e menores valores nas subparcelas centrais (I04, I05 e I06).

Tabela 2 - Resultado do teste de Kolmogorov-Smirnov de aderência entre as subparcelas, para a parcela Fogo

|     | F02                | F03                | F04                | F05                | F06                | F07                | F08                | F09                | F10                |
|-----|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| F01 | 0,13 <sup>ns</sup> | 0,09 <sup>ns</sup> | 0,04 <sup>ns</sup> | 0,14 <sup>ns</sup> | 0,15 <sup>ns</sup> | 0,26*              | 0,24*              | 0,35*              | 0,37*              |
| F02 |                    | 0,22*              | 0,17*              | 0,27*              | 0,28*              | 0,38*              | 0,37*              | 0,48*              | 0,50*              |
| F03 |                    |                    | 0,06 <sup>ns</sup> | 0,04 <sup>ns</sup> | 0,06 <sup>ns</sup> | 0,16 <sup>ns</sup> | 0,15 <sup>ns</sup> | 0,26*              | 0,27*              |
| F04 |                    |                    |                    | 0,10 <sup>ns</sup> | 0,11 <sup>ns</sup> | 0,22*              | 0,20*              | 0,31*              | 0,33*              |
| F05 |                    |                    |                    |                    | 0,01 <sup>ns</sup> | 0,12 <sup>ns</sup> | 0,10 <sup>ns</sup> | 0,21*              | 0,23*              |
| F06 |                    |                    |                    |                    |                    | 0,11 <sup>ns</sup> | 0,09 <sup>ns</sup> | 0,20*              | 0,22*              |
| F07 |                    |                    |                    |                    |                    |                    | 0,02 <sup>ns</sup> | 0,10 <sup>ns</sup> | 0,11 <sup>ns</sup> |
| F08 |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    | 0,11 <sup>ns</sup> | 0,13 <sup>ns</sup> |
| F09 |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    | 0,05 <sup>ns</sup> |

em que: <sup>ns</sup>: significa que houve aderência para o teste KS; \* significa que não houve aderência para o teste KS. Valor crítico para o Teste de Kolmogorov-Smirnov para a probabilidade de 99% igual a 0,16.

Tabela 3 - Parâmetros do ajuste da função de probabilidade Weibull 3P para cada subparcela da parcela Imbuia.

| Subparcela | N   | Parcela Imbuia |          | Kolmogorov-Smirnov |          |
|------------|-----|----------------|----------|--------------------|----------|
|            |     | $\beta$        | $\gamma$ | Calculado          | Tabelado |
| I01        | 172 | 5,90           | 0,99     | 0,12 <sup>ns</sup> | 0,12     |
| I02        | 70  | 4,37           | 1,16     | 0,08 <sup>ns</sup> | 0,19     |
| I03        | 54  | 7,80           | 1,00     | 0,10 <sup>ns</sup> | 0,22     |
| I04        | 50  | 6,21           | 0,93     | 0,17 <sup>ns</sup> | 0,23     |
| I05        | 48  | 8,66           | 0,96     | 0,14 <sup>ns</sup> | 0,24     |
| I06        | 41  | 8,69           | 0,92     | 0,12 <sup>ns</sup> | 0,25     |
| I07        | 42  | 12,52          | 1,18     | 0,10 <sup>ns</sup> | 0,25     |
| I08        | 48  | 11,80          | 1,00     | 0,13 <sup>ns</sup> | 0,24     |
| I09        | 41  | 15,02          | 1,42     | 0,20 <sup>ns</sup> | 0,25     |
| I10        | 55  | 16,11          | 1,26     | 0,01 <sup>ns</sup> | 0,22     |

em que: N=número de indivíduos observados;  $\beta$  e  $\gamma$ =parâmetros ajustados da distribuição Weibull 3P; <sup>ns</sup>=não significativo, ou seja, houve aderência conforme teste de Kolmogorov-Smirnov, adotando uma probabilidade de 99% de acerto.

Pela representação gráfica das distribuições diamétricas (Figura 4) é possível verificar que a subparcela I01 é distinta das demais por apresentar um número muito superior de indivíduos na primeira classe (cerca de 2 vezes mais que em todas as outras subparcelas).

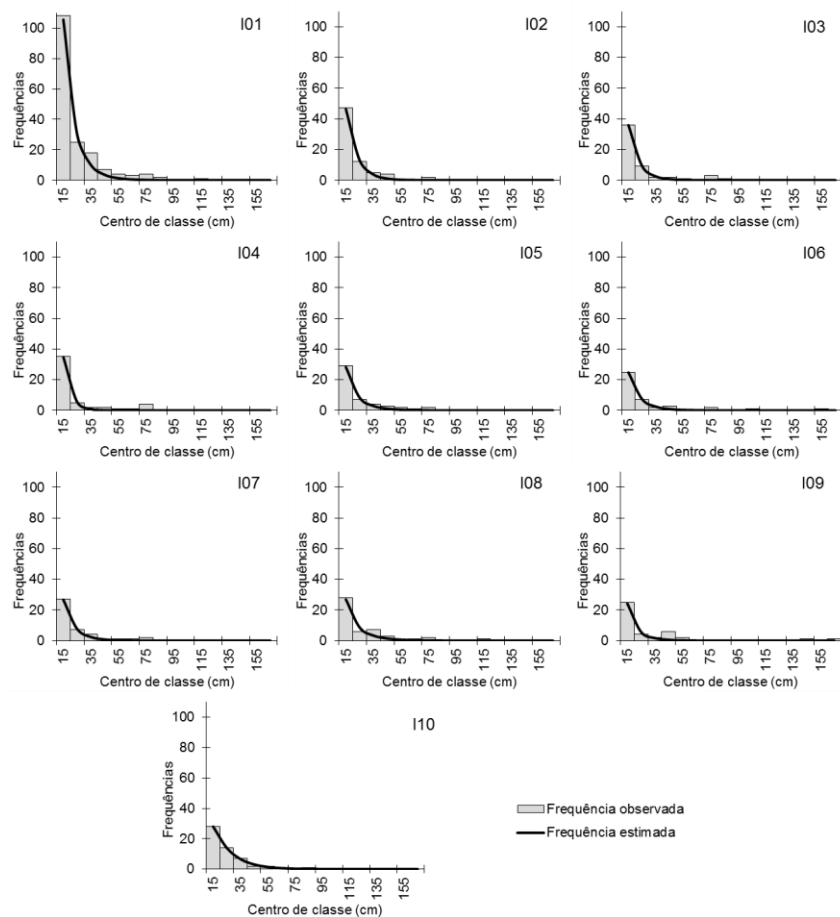


Figura 4 - Representação das frequências em classes diamétricas estimadas e observadas para cada subparcela da parcela Imbuia.

Da mesma forma que observado para a parcela Fogo, as subparcelas próximas da borda tendem a apresentar uma distribuição exponencial decrescente mais acentuada, enquanto que as subparcelas mais interiores apresentam uma diminuição mais gradativa na frequência de indivíduos.

No caso da parcela Imbuia, os testes de aderência entre as subparcelas (Tabela 4) demonstram que apesar da diferença visual entre a subparcela I01 e as demais, essa distribuição se adere às demais subparcelas, com exceção da I10. A subparcela I10 é a mais distinta das demais, pois somente apresentou aderência à distribuição da subparcela I08. De maneira geral, as subparcelas apresentam distribuições semelhantes, pois existe aderência entre a maioria delas, portanto pode-se inferir que o efeito de borda ocorre na distribuição diamétrica dessa parcela até grandes distâncias da borda, ou ainda, essa variação deve-se a outros fatores.

Tabela 4 - Resultado do teste de Kolmogorov-Smirnov entre as subparcelas, para a parcela Imbuia

|     | I02                | I03                | I04                | I05                | I06                | I07                | I08                | I09                | I10                |
|-----|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| I01 | 0,02 <sup>ns</sup> | 0,04 <sup>ns</sup> | 0,14 <sup>ns</sup> | 0,02 <sup>ns</sup> | 0,01 <sup>ns</sup> | 0,01 <sup>ns</sup> | 0,05 <sup>ns</sup> | 0,05 <sup>ns</sup> | 0,18*              |
| I02 |                    | 0,02 <sup>ns</sup> | 0,12 <sup>ns</sup> | 0,04 <sup>ns</sup> | 0,03 <sup>ns</sup> | 0,02 <sup>ns</sup> | 0,07 <sup>ns</sup> | 0,03 <sup>ns</sup> | 0,20*              |
| I03 |                    |                    | 0,10 <sup>ns</sup> | 0,06 <sup>ns</sup> | 0,05 <sup>ns</sup> | 0,04 <sup>ns</sup> | 0,09 <sup>ns</sup> | 0,01 <sup>ns</sup> | 0,23*              |
| I04 |                    |                    |                    | 0,16 <sup>ns</sup> | 0,15 <sup>ns</sup> | 0,14 <sup>ns</sup> | 0,19*              | 0,09 <sup>ns</sup> | 0,32*              |
| I05 |                    |                    |                    |                    | 0,01 <sup>ns</sup> | 0,02 <sup>ns</sup> | 0,03 <sup>ns</sup> | 0,06 <sup>ns</sup> | 0,17*              |
| I06 |                    |                    |                    |                    |                    | 0,02 <sup>ns</sup> | 0,04 <sup>ns</sup> | 0,06 <sup>ns</sup> | 0,17*              |
| I07 |                    |                    |                    |                    |                    |                    | 0,05 <sup>ns</sup> | 0,04 <sup>ns</sup> | 0,19*              |
| I08 |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    | 0,10 <sup>ns</sup> | 0,13 <sup>ns</sup> |
| I09 |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    | 0,23*              |

em que: ns: significa que houve aderência para o teste KS; \* significa que não houve aderência para o teste KS. Valor crítico para o Teste de Kolmogorov-Smirnov para a probabilidade de 99% igual a 0,16.

Da mesma forma, os resultados do ajuste da distribuição Weibull 3P para as subparcelas da parcela Araucária estão apresentados na Tabela 5, assim como na Figura 5 estão as representações gráficas das frequências estimadas e observadas.

Tabela 5 - Parâmetros do ajuste da função de probabilidade Weibull 3P para cada subparcela da parcela Araucária

| Subparcela | N   | Parcela Araucária |          | Kolmogorov-Smirnov |          |
|------------|-----|-------------------|----------|--------------------|----------|
|            |     | $\beta$           | $\gamma$ | Calculado          | Tabelado |
| A01        | 70  | 7,85              | 0,94     | 0,09 <sup>ns</sup> | 0,19     |
| A02        | 61  | 8,80              | 0,85     | 0,12 <sup>ns</sup> | 0,19     |
| A03        | 78  | 12,74             | 1,02     | 0,03 <sup>ns</sup> | 0,19     |
| A04        | 57  | 13,59             | 0,97     | 0,04 <sup>ns</sup> | 0,24     |
| A05        | 59  | 6,09              | 0,79     | 0,21 <sup>ns</sup> | 0,21     |
| A06        | 48  | 8,10              | 0,82     | 0,15 <sup>ns</sup> | 0,22     |
| A07        | 60  | 6,85              | 0,84     | 0,16 <sup>ns</sup> | 0,20     |
| A08        | 69  | 10,57             | 0,91     | 0,07 <sup>ns</sup> | 0,20     |
| A09        | 85  | 6,26              | 0,99     | 0,10 <sup>ns</sup> | 0,18     |
| A10        | 146 | 12,32             | 1,06     | 0,02 <sup>ns</sup> | 0,14     |

em que: N=número de indivíduos observados;  $\beta$  e  $\gamma$ =parâmetros ajustados da distribuição Weibull 3P; ns=não significativo, ou seja, houve aderência conforme teste de Kolmogorov-Smirnov, adotando uma probabilidade de 99% de acerto

Todas as distribuições apresentam aderência a função Weibull 3P para a probabilidade de 99%, porém a subparcela A05 poderia ser melhor modelado por outra FDP, pois o valor do teste KS calculado igual ao valor limite tabelado. O comportamento da subparcela A05 é semelhante ao observado na subparcela F04 e em algumas subparcelas da parcela Imbuia (como a subparcela I01), em que podem ser observados indícios de uma possível bimodalidade.

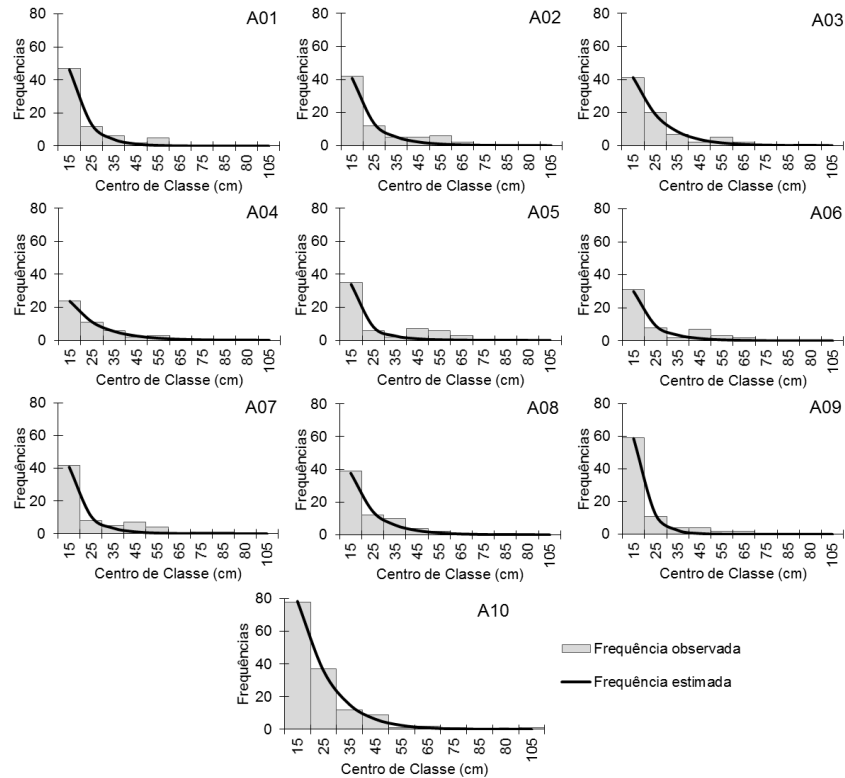


Figura 5 - Representação das frequências em classes diamétricas estimadas e observadas para cada subparcela da parcela Araucária.

Para a parcela Araucária, como não existe área de borda, esperava-se que as distribuições fossem semelhantes entre as subparcelas. Observou-se que o parâmetro de forma ( $\gamma$ ) é bastante semelhante entre as subparcelas, apesar de existirem variações. Já o fator de escala é bastante variável, com mínimo de 6,26 (em A09) e máximo de 13,59 (em A04). Conforme pode-se observar na Figura 5, os maiores fatores de escala representam distribuições em que o número de indivíduos diminui suavemente entre as classes, e os menores fatores representam distribuições com diminuição mais abrupta do número de indivíduos.

Os resultados do teste de aderência KS entre as subparcelas da parcela Araucária estão apresentados na Tabela 6.

De maneira geral observa-se que as distribuições se aderem entre si, com algumas exceções. As subparcelas A04, A05 e A09, por exemplo, não aderem às subparcelas próximas, porém aderem à maioria das demais. Dessa forma, as variações existentes podem ser ditas pontuais.

Tabela 6 - Resultado teste de Kolmogorov-Smirnov de aderência entre as subparcelas, para a parcela Araucária

|     | A02                | A03                | A04                | A05                | A06                | A07                | A08                | A09                | A10                |
|-----|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| A01 | 0,06 <sup>ns</sup> | 0,16 <sup>ns</sup> | 0,19*              | 0,02 <sup>ns</sup> | 0,05 <sup>ns</sup> | 0,01 <sup>ns</sup> | 0,11 <sup>ns</sup> | 0,09 <sup>ns</sup> | 0,15 <sup>ns</sup> |
| A02 |                    | 0,10 <sup>ns</sup> | 0,12 <sup>ns</sup> | 0,09 <sup>ns</sup> | 0,02 <sup>ns</sup> | 0,07 <sup>ns</sup> | 0,05 <sup>ns</sup> | 0,15 <sup>ns</sup> | 0,08 <sup>ns</sup> |
| A03 |                    |                    | 0,03 <sup>ns</sup> | 0,18*              | 0,12 <sup>ns</sup> | 0,17*              | 0,05 <sup>ns</sup> | 0,25*              | 0,02 <sup>ns</sup> |
| A04 |                    |                    |                    | 0,21*              | 0,14 <sup>ns</sup> | 0,20*              | 0,08 <sup>ns</sup> | 0,28*              | 0,05 <sup>ns</sup> |
| A05 |                    |                    |                    |                    | 0,07 <sup>ns</sup> | 0,01 <sup>ns</sup> | 0,13 <sup>ns</sup> | 0,07 <sup>ns</sup> | 0,17*              |
| A06 |                    |                    |                    |                    |                    | 0,06 <sup>ns</sup> | 0,06 <sup>ns</sup> | 0,14 <sup>ns</sup> | 0,10 <sup>ns</sup> |
| A07 |                    |                    |                    |                    |                    |                    | 0,12 <sup>ns</sup> | 0,08 <sup>ns</sup> | 0,16 <sup>ns</sup> |
| A08 |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    | 0,20*              | 0,04 <sup>ns</sup> |
| A09 |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    | 0,24*              |

em que: <sup>ns</sup>: significa que houve aderência para o teste KS; \* significa que não houve aderência para o teste KS. Valor crítico para o Teste de Kolmogorov-Smirnov para a probabilidade de 99% igual a 0,16.

#### 4 Discussão

Conforme os resultados apresentados, verifica-se que a distribuição Weibull 3P ajustou-se satisfatoriamente a todas as subparcelas das três parcelas avaliadas. Destaca-se que a distribuição de Weibull é uma das funções densidade de probabilidade que mais se destaca no meio florestal (ORELLANA *et al.*, 2014) devido, principalmente, à sua flexibilidade de ajuste à diferentes formatos, aderindo-se a distribuições dos tipos "J-invertido", exponencial, unimodal com assimetria positiva, normal e até assimétrica negativa (BAILEY e DELL, 1973). Devido a essa variabilidade de formatos, essa distribuição pôde ser considerada como superior para ajustes diamétricos para 10 espécies da Floresta Ombrófila Mista (ORELLANA *et al.*, 2014), para a Floresta Ombrófila Mista como um todo (ORELLANA, 2009), para as espécies *Eugenia involucrata*, *Myrciaria cauliflora* e *Ilex paraguariensis* (AMARAL *et al.*, 2015), para plantios não manejados de Araucária (CURTO *et al.*, 2014), e para plantios de Candeia (*Eremanthus erythropappus*) com diferentes formatos (RIBEIRO *et al.*, 2014), entre outros.

As distribuições apresentaram algumas divergências quanto ao seu formato, porém em todos os casos observou-se o formato "J invertido", padrão para florestas inequidêneas e encontrado na maioria dos inventários florestais, devido ao número superior de indivíduos nas menores classes de diâmetro (MACHADO *et al.*, 2010; LIMA e LEÃO, 2013). Considera-se que quando uma floresta apresenta o padrão "J invertido", conforme SOUZA *et al.* (2012), as populações de espécies nesta comunidade são estáveis e auto regenerativas, pois existe um balanço entre mortalidade e recrutamento de indivíduos.

Apesar do formato "J invertido" indicar que a floresta está se regenerando, deve-se considerar que esse padrão não necessariamente garante a manutenção das espécies, pois essa depende de outros fatores, como a capacidade de competir dentro do seu nicho ecológico (SCHAAF *et al.*, 2006). Além disso, espera-se que uma floresta em condições ideais seja balanceada, ou seja, a relação entre classes de diâmetro subsequentes seja constante, conforme o teorema da floresta balanceada apresentado por De Liocourt (1898), segundo o qual, a distribuição de uma floresta inequidênea corresponde a uma progressão geométrica decrescente. No caso dessa floresta, em grande parte das subparcelas, principalmente aquelas próximas à borda para as parcelas Fogo e Imbuia,

existe um número de indivíduos muito superior na primeira classe de DAP, portanto a floresta não está balanceada, tal situação, segundo Nunes *et al.* (2003), pode ser resultado de perturbações severas.

Observa-se de maneira geral, que em áreas de borda existe número superior de indivíduos nas menores classes de DAP, quando comparadas às áreas de interior (ALVES *et al.*, 2006; MALCHOW *et al.*, 2006; SANTOS, 2014; SILVA *et al.*, 2015). Essa maior proporção de árvores com diâmetros menores é reflexo de fatores que estimulam altas taxas de regeneração nas regiões de borda, observada por alguns autores (LAURANCE *et al.*, 1998; MEDEIROS *et al.*, 2013), principalmente para espécies pioneiras (LAURANCE *et al.*, 1998; RIGUEIRA *et al.*, 2012). Essa alta regeneração e alteração na composição de espécies predominantes são reflexos da alta mortalidade que ocorre logo após a formação da borda e de alterações bióticas como aumento da intensidade luminosa e da exposição aos ventos (HARPER *et al.*, 2005; OLIVEIRA *et al.*, 2008). Dessa forma, na borda possivelmente ocorre um menor incremento em diâmetro devido à alta competição, assim como influência das características intrínsecas as espécies pioneiras (LIBONI *et al.*, 2010), que apresentam ciclo de vida mais curto e assim competem fortemente por luz.

Da mesma forma, a tendência de se encontrar indivíduos com DAP elevado é maior no interior do que em áreas de borda (OLIVEIRA *et al.*, 2008; PAULA *et al.*, 2011; FINOTTI *et al.*, 2012). Neste estudo foram encontrados indivíduos acima de 100 cm de DAP na parcela Imbuia (6) e Araucária (1), sendo que na primeira, 5 foram encontrados entre as sub parcelas I06 e I10, e um único próximo a borda. Esse padrão foi observado também por Sampaio (2011) de forma que, apesar de incomum, é possível a existência de indivíduos de elevados diâmetros na borda, remanescentes da floresta em pré-fragmentação.

Cabe ressaltar que se observam também variações na estrutura da floresta devido à sua orientação, conforme Reys *et al.* (2013), que perceberam haver maior diferença na orientação de parcelas (sul e leste), do que na relação borda interior, e que no seu estudo, as áreas com orientação sul apresentaram maiores proporções de indivíduos grandes do que a leste, enquanto que para os indivíduos de menor DAP, foi observada maior proporção desses na borda leste em comparação a sul. A orientação da parcela pode ser uma explicação para o maior número de indivíduos, principalmente de menores diâmetros, na subparcela A10 da Araucária, pois essa parcela apresenta um comportamento semelhante à parcela Imbuia mesmo sem apresentar contato com a borda, sendo as extremidades das duas voltadas para o sudeste.

Quanto ao comportamento inesperado da distribuição diamétrica da parcela Araucária, cabe-se ainda destacar que uma das possíveis causas das variações das distribuições (não aderência entre parcelas vizinhas) é devido ao processo de exploração seletiva que a área sofreu anos atrás, em que indivíduos de grande porte da espécie *Araucaria angustifolia* foram retirados (SCHAAF *et al.*, 2006), e que pode causar alterações na distribuição da floresta, principalmente nos primeiros anos (VASCONCELOS *et al.*, 2009). Além disso, cabe destacar que a espécie, predominante nessa parcela, em alguns casos apresenta distribuição unimodal e em outros multimodal, nesse segundo caso devido à regeneração acelerada em ciclos que ocorrem devido à algum fator perturbante (EBLING e PÉLLICO NETTO, 2015), fato que pode ser favorecido por explorações na área. Dessa forma, a presença da espécie Araucária pode ser um fator que interfere no ajuste da distribuição das espécies como um todo, visto que

essa apresenta uma distribuição diferenciada das demais espécies nessa parcela (DALLA LANA, 2013).

Como observado pelos testes de aderência entre subparcelas, somente a parcela Fogo apresentou uma relação visível entre distintas distribuições concernente à distância de borda. Já para a parcela Imbuia, a parcela mais interior é totalmente distinta das demais distribuições, porém no restante das subparcelas existem variações mais pontuais, assim como as observadas na parcela Araucária. De maneira geral, portanto, pode-se observar que nas parcelas em que existe contato direto com a borda, Fogo e Imbuia, o efeito de borda influencia a distribuição diamétrica da floresta, que afeta a forma e escala das distribuições, porém em diferentes magnitudes. Na parcela Fogo os efeitos perduram alguns metros na direção borda para interior, já na parcela Imbuia, somente nos últimos 10 metros as distribuições apresentam diferença significativa, portanto é possível que o efeito de borda predomine até os 90 metros interiores ou que esse efeito já esteja suavizado pelo passar dos anos. Já na parcela que não tem contato direto com a borda, Araucária, como já esperado, não existe uma tendência de variação no formato e escala das distribuições, porém esses fatores variam de forma pontual dentro dessa parcela, influenciados provavelmente por outros fatores como exploração seletiva.

Dado o exposto, verifica-se que há influência do efeito de borda na distribuição das comunidades, porém se observa que existem diferentes respostas nas parcelas estudadas, diferença que ocorre provavelmente devido a fatores como idade da borda (HARPER *et al.*, 2005), matriz circundante (GASCON *et al.*, 2000; NASCIMENTO *et al.*, 2006) e orientação (RIGUEIRA *et al.*, 2012; REYS *et al.*; 2013).

## 5 Conclusões

O efeito de borda apresenta influência sobre a distribuição diamétrica em Floresta Ombrófila Mista, de forma que as áreas muito próximas a alguma borda apresentam maior proporção de indivíduos de pequeno diâmetro e poucos indivíduos com grandes diâmetros.

A influência de efeito de borda se deu de forma distinta entre as duas parcelas estudadas e em contato com a borda. Em uma das parcelas observou-se que as distribuições tendem a mudar de formato e escala de maneira gradual, enquanto que na outra se observou diferença significativa entre distribuições somente para a subparcela localizada na região mais interior.

A influência das bordas sobre a distribuição diamétrica de espécies arbóreas se dá em diferentes magnitudes, possivelmente devido a outros fatores, como orientação, matriz circundante e idade da borda. Dessa forma, recomenda-se avaliar de forma mais completa esses fatores em estudos futuros, assim como buscar avaliar esse processo em escalas de tempo, visto que os efeitos da borda têm diferentes intensidades com o passar do tempo. Esses fatores poderiam também ser melhor avaliados em áreas com bordas mais acentuadas.

## Agradecimentos

À CAPES pela concessão de bolsa de estudo de mestrado, aos revisores pelos comentários e sugestões e ao PELD Sítio 9 pela disponibilização dos dados.

HENTZ, Â. M. K., CORTE, A. P. D., SANQUETTA, C. R., BLUM, C. T., PÉLLICO NETTO, S. Edge Effect in Diametric Distribution of an Araucaria Rainforest Fragment. *Rev. Bras. Biom. Lavras*, v.35, n.4, p.732-752, 2017.

- **ABSTRACT:** *The objective of this research was to evaluate the influence of edge distance in the diametric distribution of trees in an Araucaria Rainforest fragment. Data from continuous forest inventory were used in which all individuals were identified, geographically located and measured as to their diameter at breast height, considering a minimum of 10 cm. We used 3 plots of 1 ha, two of which have contact with the external edge, and the third plot is located inside the forest fragment. The plots were subdivided in subplots every 10 m after the edge, and then the individuals were plotted and analyzed. The distribution was represented by Weibull 3P function, which was well adjusted for all sub-plots. It was observed that all distributions have the negative exponential shape, characteristic of natural forests, but there was variation in the parameters of the distribution, mainly in the Fire plot, according with the edge distance. It was confirmed the existence of effects of the edge proximity in diameter distributions, although this effect is distinct in the analyzed plots, so it is believed that other parameters may change the magnitude and influence of the edge effect in the diameter distribution.*
- **KEYWORDS:** *Forest fragmentation; Atlantic Forest; Weibull probability distribution.*

## Referências

ABDO, M. T. N.; VALERI, S. V.; FERRAUDO, A. S. Avaliação do efeito de borda da Reserva Biológica de Pindorama, SP. *Revista Verde*, v.10, n.4, p.1-7, 2015.

ALVES, F. T.; BRANDÃO, C. F. L. S.; ROCHA, K. D.; MARANGON, L. C.; FERREIRA, R. L. C. Efeito de borda na estrutura de espécies arbóreas em um fragmento de floresta ombrófila densa, Recife, PE. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v.1, n.1, p.49-56, 2006.

AMARAL, M. K.; PÉLLICO NETTO, S.; LINGNAU, C.; PESK, V. A.; NETO, R. P. M. Estrutura espacial de três espécies arbóreas relacionadas ao setor alimentício. *Floresta*, v.45, n.1, p.75-84, 2015.

BAILEY, T. R. L.; DELL, R. Quantifying diameter distributions with the Weibull function. *Forest Science*, v.19, n.2, p.97-104, 1973.

BARRETO, T. G. *Geoestatística aplicada à modelagem da dinâmica de crescimento e características químicas do solo de um fragmento florestal*. 2015. 187f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

BRASIL, L. S.; GIEHL, N. F. S.; SANTOS, J. O.; SANTOS, A. O.; MARIMON, B. S.; JUNIOR, B. H. M. Efeito de borda sobre a camada de serapilheira em área de cerradão no leste de Mato Grosso. *Biotemas*, v.26, n.3, p.37-47, 2013.



- BOBROWSKI, R.; BIONDI, D.; FIGUEIREDO FILHO, A. Dinâmica da distribuição diamétrica na arborização de ruas da cidade de Curitiba, Paraná, Brasil. *Scientia Forestalis*, v.40, n.94, p.167-178, 2012.
- CAO, Q. V. Predicting parameters of a Weibull function for modeling diameter distribution. *Forest Science*, v.50, n.4, p.682-685, 2004.
- CERQUEIRA, R.; BRANT, A.; NASCIMENTO, M. T.; PARDINI, R. 2003. Fragmentação: alguns conceitos. In: RAMBALDI, D. M.; OLIVEIRA, D. A. S. (Ed.). *Fragmentação de Ecossistemas: Causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de políticas públicas*. Biodiversidade 6. Brasília/DF, 2003. p.20-24.
- CONSTANTINO, R.; BRITZ, R. M.; CERQUIERA, R.; ESPINDOLA, E. L. G.; GRELE, C. E. de V.; LOPES, A. T. L.; NASCIMENTO, M. T.; ROCHA, O.; RODRIGUES, A. A. F.; SCARIOT, A.; SEVILHA, A. C.; TIEPOLO, G. Causas Naturais. In: RAMBALDI, D. M.; OLIVEIRA, D. A. S. (Ed.). *Fragmentação de Ecossistemas: Causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de políticas públicas*. Biodiversidade 6. Brasília/DF, 2003. p.44-66.
- CURTO, R. A.; MATTOS, P. P.; BRAZ, E. M.; ZACHOW, R.; PÉLLICO NETTO, S. Caracterização da estrutura e desenvolvimento de modelos para quantificação do potencial madeireiro em povoamento não manejado de *Araucaria angustifolia*. *Pesquisa Florestal Brasileira*, v.34, n.80, p.303-319, 2014
- DALLA LANA, M. *Dinâmica e prognose do crescimento em um fragmento de floresta ombrófila mista no sul do Paraná*. 2013. 187f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.
- DE LIOCOURT, F. De l'amenagement des sapinières. Tradução Maria Nygren. Société Forestière de Franche-Comté et Belfort, *Bulletin trimestriel*, p.396-409, 1898.
- EBLING, Â. A.; PÉLLICO NETTO, S. Modelagem de Ocorrência de Coortes na Estrutura Diamétrica da *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze. *Cerne*, v.21, n.2, p.251-257, 2015.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. 3ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2013. 353p.
- FIGURA, M. A. *A distribuição de Weibull na descrição da estrutura diamétrica de Eucalyptus grandis: Um enfoque sobre o método dos momentos*. 2010. 98f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.
- FINOTTI, R.; KURTZ, B. C.; CERQUEIRA, R.; GARAY, I. Variação na estrutura diamétrica, composição florística e características sucessionais de fragmentos florestais da bacia do rio Guapiaçu (Guapimirim/Cachoeiras de Macacu, RJ, Brasil). *Acta Botânica Brasilica*, v.26, n.2, 2012.
- FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA (2014). *A Nossa Causa*. Disponível em: <http://www.sosma.org.br/nossa-causa/a-mata-atlantica/> (acessado: 07 set. 2014).
- GALINDO-LEAL, C.; CÂMARA, I. G. Atlantic Forest hotspot status: an overview. In: GALINDO-LEAL, C.; CÂMARA, I. G. (Ed.). *The Atlantic Forest of South America: biodiversity status, trends, and outlook*. Washington, Center for Applied Biodiversity Science and Island Press, p.3-11, 2005.

- GASCON, C.; WILLIAMSON, G. B.; FONSECA, G. A. B. Receding edges and vanishing reserves. *Science*, v. 288, p. 1356-1358, 2000.
- GENELETTI, D. Using spatial indicators and value functions to assess ecosystem fragmentation caused by linear infrastructures. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, v.5, p.1-15, 2004.
- GIBBONS, J. D.; SUBHABRATA, C. *Nonparametric statistical inference*. 3ed. New York: Marcel Dekker, 1992. 544p. (Statistics: Textbook and Monograph, 31).
- GIBBS, H. K.; RUESCH, A. S.; ACHARD, F.; CLAYTON, M. K.; HOLMGREN, P.; RAMANKUTTY, N.; FOLEY, J. A. Tropical forests were the primary sources of new agricultural land in the 1980s and 1990s. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v.107, n.38, p.16732-16737, 2010.
- HARPER, K. A.; MACDONALD, S. E.; BURTON, P. J.; CHEN, J.; BROSOFSKE, K. D.; SAUNDERS, S. C.; EUSKIRCHEN, E. S.; ROBERTS, D.; JAITEH, M. S.; ESSEEN, P. Edge influence on forest structure and composition in fragmented landscapes. *Conservation Biology*, v.19, p.768-782, 2005.
- HARRIS, L. D. *The fragmented forest: island biogeography theory and the preservation of biotic diversity*. Chicago: University of Chicago, 1984. 229p.
- INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ – IAPAR (2000). *Cartas climáticas do Estado do Paraná*. Disponível em: <http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=677> (acessado: 11 mar. 2012).
- LAURANCE, W. F.; DELAMONICA, P.; LAURANCE, S. G.; VASCONCELOS, H. L.; LOVEJOY, T. E. Rainforest fragmentation kills big trees. *Nature*, v.404, p.836, 2000.
- LAURANCE, W. F.; FERREIRA, L. V.; MERONA, J. M. R.; LAURANCE, S. G. Rain forest fragmentation and the dynamics of Amazonian tree communities. *Ecology*, v.79, n.6, p.2032-2040, 1998.
- LAURANCE, W. F.; LOVEJOY, T. E.; VASCONCELOS, H. L.; BRUNA, E. M.; DIDHAM, R. K.; STOUFFER, P. C.; GASCON, C.; BIERREGAARD, R. O.; LAURANCE, S. G.; SAMPAIO, E. Ecosystem Decay of Amazonian Forest Fragments: a 22-Year Investigation. *Conservation Biology*, v.13, n.3, p.605-618, 2002.
- LAURANCE, W. F.; VASCONCELOS, H. L. Consequências ecológicas da fragmentação florestal na Amazônia. *Oecologia Brasiliensis*. v.1, p.434-451, 2009.
- LIBONI, A. P.; RODRIGUES, D. R.; PERINA, B. B.; ROSA, V. P. R.; BOVOLENTA, Y. R.; BIANCHINI, E.; PIMENTA, J. A. Relações alométricas da comunidade arbórea de diferentes áreas de uma floresta ombrófila mista do sul do Brasil. *Semina: Ciências Biológicas e da Saúde*, v.32, p.125-132, 2010.
- LIMA, J. P. C.; LEO, J. R. A. Dinâmica de crescimento e distribuição diamétrica de fragmentos de florestas nativa e plantada na Amazônia sul ocidental. *Floresta e Ambiente*, v.20, n.1, 2013.
- MACHADO, E. L. M.; GONZAGA, A. P. D.; CARVALHO, W. A. C.; SOUZA, J. S.; HIGUCHI, P.; SANTOS, R. M.; SILVA, A. C.; OLIVEIRA-FILHO, A. T. Flutuações temporais nos padrões de distribuição diamétrica da comunidade arbóreo-arbustivo e de 15 populações em um fragmento florestal. *Revista Árvore*, v.34, n.4, p.723-732, 2010.

- MALCHOW, E.; KOEHLER, A. B.; PÉLLICO NETTO, S. Efeito de borda em um trecho da floresta Ombrófila Mista, em Fazenda Rio Grande, PR. *Revista Acadêmica*, v.4, n.2, p.85-94, 2006.
- MARTINELLI, G.; MORAES, M. A. *Livro vermelho da flora do Brasil*. 1.ed. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2013. 1100p.
- MEDEIROS, H.; CASTRO, W.; SALIMON, C. I.; SILVA, I. B.; SILVEIRA, M. Tree mortality, recruitment and growth in a bamboo dominated forest fragment in southwestern Amazonia, Brazil. *Biota Neotropica*, v.13, n.2, p.30-34, 2013.
- METZGER, J. P. Estrutura da paisagem e fragmentação: análise bibliográfica. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v.71, n.3-I, p.445-463, 1999.
- MULLER, A.; BATAGHIN, F. A.; SANTOS, S. C. Efeito de borda sobre a comunidade arbórea em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista, Rio Grande do Sul, Brasil. *Perspectiva*, v.34, n.125, p.29-39, 2010.
- MURCIA, C. Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. *Trees Reviews*. v.10, p.58-62, 1995.
- NASCIMENTO, H. E. M.; ANDRADE, A. C. S.; CAMARGO, J. L. C.; LAURANCE, W. F.; LAURANCE, S. G.; RIBEIRO, J. E. L. Effects of the Surrounding Matrix on Tree Recruitment in Amazonian Forest Fragments. *Conservation Biology*, v.20, n.3, p.853-860, 2006.
- NASCIMENTO, H. E. M.; LAURANCE, W. F. Biomass Dynamics in Amazonian Forest Fragments. *Ecological Applications*, v.14, n.4, p.S127-S138, 2004.
- NOGUEIRA, G. S.; LEITE, H. G.; CAMPOS, J. C. C.; CARVALHO, A. F.; SOUZA, A. L. Modelo de distribuição diamétrica para povoamentos de Eucalyptus sp. submetidos a desbaste. *Revista Árvore*, v.29, n.4, p.579-589, 2005.
- NUNES, Y. R. F.; MENDONÇA, A. V. R.; BOTEZELLI, L.; MACHADO, E. L. M.; OLIVEIRA-FILHO, A. T. Variações da fisionomia, diversidade e composição de guildas da comunidade arbórea em um fragmento de floresta semidecidual em Lavras, MG. *Acta Botanica Brasilica*, v.17, n.2, p.213-229, 2003.
- OLIVEIRA, M. A, SANTOS A. M. M, TABARELLI M. Profound impoverishment of the large-tree stand in a hyper-fragmented landscape of the Atlantic forest. *Forest Ecology and Management*, v. 56, p.1910-1917, 2008.
- OOSTERHOORN, M.; KAPPELLE, M. Vegetation structure and composition along an interior-edge-exterior gradient in a Costa Rican montane cloud forest. *Forest Ecology and Management*, v.126, n.3, p.291-307, 2000.
- ORELLANA, E. *Funções densidade de probabilidade no ajuste da distribuição diamétrica de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista*. 2009.139 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Estadual do Centro Oeste, Irati, 2009.
- ORELLANA, E.; FIGUEIREDO FILHO, A.; NETTO, S. P.; DIAS, A. N. Modelagem da distribuição diamétrica de espécies florestais em um fragmento de floresta ombrófila mista. *Revista Árvore*, v.38, n.2, p.297-308, 2014.
- PALAHÍ, M.; PUKKALA, T.; BLASCO, E.; TRASOBARES, A. Comparison of beta, Johnson's SB, Weibull and truncated Weibull functions for modeling the diameter

distribution of forest stands in Catalonia (north-east of Spain). *European Journal of Forest Research*, v.126, n.4, p.563-571, 2007.

PALAHÍ, M.; PUKKALA, T.; TRASOBARES, A. Modelling the diameter distribution of *Pinus sylvestris*, *Pinus nigra* and *Pinus halepensis* forest stands in Catalonia using the truncated Weibull function. *Forestry*, v.79, n.5, p.553-562, 2006.

PAULA M. D.; COSTA, C. P. A.; TABARELLI, M. Carbon storage in a fragmented landscape of Atlantic forest: the role played by edge-affected habitats and emergent trees. *Tropical Conservation Science*, v.4, p.349-358, 2011.

PIZATTO, W. *Avaliação biométrica da estrutura e da dinâmica de uma Floresta Ombrófila Mista em São João do Triunfo – PR: 1995 a 1998*. 1999. 172f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) Setor de Ciências Agrárias – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1999.

POGGIANI, F.; BRUNI, S.; BARBOSA, E. S. Q. Efeito do sombreamento sobre o crescimento das mudas de três espécies florestais. *Revista do Instituto Florestal de São Paulo*, v.4, n.2, p.564-569, 1992.

REYS, P.; CAMARGO, M. G. G.; GROMBONE-GUARATINI, M. T.; TEIXEIRA, A. P.; ASSIS, M. A.; MORELLATO, L. P. C. Estrutura e composição florística de um Cerrado sensu stricto e sua importância para propostas de restauração ecológica. *Hoehnea*, v.40, n.3, p.449-464, 2013.

RIBEIRO, A.; FILHO, A. C. F.; SCOLFORO, J. R. S.; PÉLLICO NETTO, S.; MACHADO, S. do A. Estrutura da Distribuição Diamétrica em Plantio Experimental de Candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish). *Ciência Florestal*, v.24, n.4, p.1055-1065, 2014.

RIGUEIRA, D. M. G.; MOLINARI, A. L. M.; MARIANO, D. L. S.; REIS, R. M.; PORTUGAL, A. B.; SANTANA, N. de S.; SANTOS, R. A. dos. Influência da distância da borda e do adensamento foliar sobre a abundância de plantas pioneiras em um fragmento de floresta tropical submontana na Estação Ecológica de Wenceslau Guimarães (Bahia, Brasil). *Acta Botanica Brasilica*, v.26, n.1, 2012.

SAMPAIO, R. C. N. *Efeito de borda em um fragmento de floresta estacional semidecidual no interior do Estado de São Paulo*. 2011. 95f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2011.

SANTOS, W. B. *Estrutura do componente arbóreo da borda e interior do fragmento de floresta ombrófila, Mata do Camurim, em São Lourenço da Mata - PE, Brasil*. 2014. 90f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Ciência Florestal, Recife, 2014.

SCARIOT, A.; SOUZA-SILVA, J. C.; FELFILI, J. M. (Org.). *Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação*. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2005. 439p.

SCHAAF, L. B.; FIQUEIREDO-FILHO, A.; GALVÃO, F.; SANQUETTA, C. R. Alteração na estrutura diamétrica de uma floresta ombrófila mista no período entre 1979 e 2000. *Revista Árvore*, v.30, n.2, p.283-295, 2006.

SEOANE, C. E. S.; DIAZ, V. S.; SANTOS, T. L.; FROUFE, L. C. M. Corredores ecológicos como ferramenta para a desfragmentação de florestas tropicais. *Pesquisa Florestal Brasileira*, v.30, n.63, p.207-216, 2010.

SHIMIZU, J. Y. Estratégia complementar para conservação de espécies florestais nativas: resgate e conservação de ecótipos ameaçados. *Pesquisa Florestal Brasileira*, n.54, p.07-35, 2007.

SILVA, M. A. M.; ALENCAR, P. G. A. M.; GUERRA, T. N. F.; MELO, A. L.; LINS-E-SILVA, A. C. B.; RODAL, M. J. Edge effects on the structure and dynamics of an Atlantic Forest fragment in northeastern Brazil. *Agrária*, v.10, n.4, p.538-543, 2015.

SILVA, V. T.; MEDRIL, P. S.; FERRACIN, T. P.; BIANCHINI, E.; TOREZAN, J. M. D.; PIMENTA, J. A.; Comparação entre parâmetros abióticos e a estrutura florestal de um fragmento de floresta e um reflorestamento abandonado de eucalipto (*Eucalyptus saligna* Smith) no parque ecológico da Klabin, Telêmaco Borba/PR. *Semina: Ciências Biológicas e da Saúde*, v.31, n.1, p.37-51, 2010

SOUZA, P. B.; SOUZA, A. L.; MEIRA NETO, J. A. A. Estrutura diamétrica dos estratos e grupos ecológicos de uma área de Floresta Estacional Semidecidual, em Dionísio, MG. *Revista Árvore*, v.36, n.1, p.151-160, 2012.

TABARELLI, M.; AGUIAR, A. V.; RIBEIRO, M. C.; METZGER, J. P.; PERES, C. A. Prospects for biodiversity conservation in the Atlantic Forest: lessons from aging human modified landscapes. *Biological Conservation*, v.143, p.2328-2340, 2010.

TABARELLI, M.; LOPES, FREITAS, A. V.; PERES, C. Edge-effects drive tropical forest fragments towards an early-successional system. *Biotropica*, v.40, p.657-661, 2008.

VASCONCELOS, P. H. G. A. *Determinantes do desmatamento na Amazônia Brasileira*. 2015. 60f. Dissertação (Mestrado - Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade de Brasília, Brasília, 2015.

VASCONCELOS, S. S.; HIGUCHI, N.; OLIVEIRA, M. V. N. Projeção da distribuição diamétrica de uma floresta explorada seletivamente na Amazônia Ocidental. *Acta Amazônica*, v.39, n.1, p.71-80, 2009.

VIEIRA, R.; FINN, J. T.; BRADLEY, B. A. How does the landscape context of occurrence data influence models of invasion risk? A comparison of independent datasets in Massachusetts, USA. *Landscape Ecology*, v.29, p.1601-1612, 2014.

VOGEL, H. L. M.; LORENTZ, L. H.; AZEVEDO, J. V. S.; TOTT, L. A. G.; MOTTA, M. S. M. Efeito de borda no estoque de serapilheira e nutrientes em um fragmento de floresta nativa na região do Bioma Pampa-RS. *Ecologia e Nutrição Florestal*, v.1, n.1, p.46-45, 2013.

Recebido em 07.06.2016

Aprovado após revisão em 07.11.2016