INFLUÊNCIA DO VENTO NO VOLUME DE TORAS E NO FATOR DE FORMA DE *Pinus caribaea* var. *hondurensis*

Otacílio Antunes Santana[1], José Imaña-Encinas[2]

(recebido: 3 de fevereiro de 2010; aceito: 25 de janeiro de 2013)

RESUMO: Neste trabalho, objetivou-se quantificar a velocidade do vento e observar sua influência no fator de forma e no volume de toras ao longo do fuste, na margem e dentro de uma plantação de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* no município de Jaborandi (BA). A velocidade do vento foi medida por meio de anemômetros, o volume das toras por um xilômetro, e o fator de forma foi obtido pela divisão do volume da tora mensurado pelo xilômetro e pelo seu volume ajustado em um cilindro. Diferenças significativas ($p<0,001$) foram encontradas entre as amostras à margem e dentro do talhão, das variáveis estudadas, no teste estatístico não paramétrico. Houve uma relação sigmoidal inversamente proporcional entre a velocidade do vento e o fator de forma e o volume das toras de *P. caribaea* var. *hondurensis*, ou seja, quanto maior o valor da velocidade do vento, menores os valores do fator de forma e do volume das toras.

Palavras-chave: Efeito de borda, xilômetro, lenha.

WIND EFFECTS ON LOG VOLUME AND ON FORM FACTOR OF *Pinus caribaea* var. *hondurensis*

ABSTRACT: *The objectives of this research were to quantify wind speed and to observe its influence on the form factor and on the volume of logs along the stem, in boundary and within Pinus caribaea var. hondurensis plantation situated in the county of Jaborandi City (BA). The wind speed data was measured by anemometers; the log volume by xilometer, and the form factor was got by division of log volumes measured with xilometer by adjust volume of trunk section by cylinder. Significant differences between the samples studied in boundary and within of plantation, were evidenced by a statistical non parametric test. The sigmoidal and inversely proportional relationship was observed between wind speed and the variables volume and form factor of trunk section of P. caribaea var. hondurensis, in other words, when the higher value of the wind speed is registered, lower values of form factor and the log volume were measured.*

Key words: Edge effects, xilometer, firewood.

1 INTRODUÇÃO

A espécie *Pinus caribaea* var. *hondurensis* (Sénécl.) Barr. & Golf. está entre os *Pinus* tropicais e equatoriais mais plantados no mundo, pela sua enorme adaptabilidade a solos argilosos, arenosos e hidromórficos. Sua distribuição natural abrange altitudes desde o nível do mar até 1.500 m. No Brasil, essa variedade é plantada quase que exclusivamente na região tropical, visto que não tolera geadas. A madeira dessa espécie oferece utilização econômica variada: estacas, moirões, lenha, carvão, produtos para serraria e extração de resina. Essa espécie arbórea atinge 30 m, com fuste geralmente livre de galhos até uma altura considerável; sua casca cinza a marrom-avermelhada é fissurada e, eventualmente, dividida em placas largas (KRONKA et al., 2005).

Na biometria florestal, é utilizado o principio estereométrico para a obtenção de alguns parâmetros dendrométricos, como o volume de um indivíduo arbóreo ou de parte do fuste. Como a forma natural não é geometricamente perfeita, existe a relação entre o valor real do volume e o volume do cilindro que é denominado de fator de forma. O fator de forma consequentemente corrige o cálculo do volume arbóreo, muitas vezes por uma equação do volume (PRODAN et al., 1997). Assim, o conceito de fator de forma é a divisão entre o volume real e o volume do cilindro (SOARES et al., 2006).

O movimento do ar, caracterizado pela velocidade do vento, foi objeto de estudo de vários autores para a compreensão dos seus efeitos na fisiologia vegetal e na forma dos indivíduos vegetais. Grace (1989) e Niklas e Speck (2001) sugeriram que o movimento do ar pode aumentar a perda hídrica e o processo de trocas gasosas catabólica e anabólica, o resfriamento da superfície, e a perda de tecido vegetal. De acordo com a sua intensidade, pode causar estresse na planta e danos pela quebra de galhos e troncos. Isso faz a planta rearranjar espacialmente seu tronco e folhas, comprometendo mais energia do que uma que não sofra esta influência (COUTTS; GRACE,

[1]Biólogo, Professor Doutor em Ciências Florestais – Universidade Federal de Pernambuco – Centro de Ciências Biológicas – Departamento de Biofísica e Radiobiologia – Av. Professor Moraes Rego, s/n, Cidade Universitária – 50.670-901– Recife, PE, Brasil – otaciliosantana@gmail.com
[2]Engenheiro Florestal, Professor Doutor em Inventário e Biometria Florestal – Universidade de Brasília/UnB – Faculdade de Tecnologia – Departamento de Engenharia Florestal – Cx. P. 04357 – 70.919-970 – Brasília, DF, Brasil – imana@unb.br

1995; SPECK, 2003). Foster (1988) e Rees e Grace (1980) constataram redução de volume em *Pinus* no Reino Unido e na Nova Zelândia, submetidos a ventos de 6 ou mais m/s.

Ao contrário dos ventos, as empresas florestais conseguem minimizar efeitos como os de nutrientes disponíveis, realizando correções no solo; a quantidade de água, irrigando ou realizando estimativas meteorológicas; e da radiação solar, lembrando-se da distribuição espacial homogênea entre os indivíduos (NIKLAS; SPECK, 2001).

Hipotetiza-se, neste trabalho, que indivíduos de *Pinus* situados à margem de plantios comerciais podem sofrer influências diferenciadas do movimento do ar do que os que estão abrigados no interior desses talhões. Por isso, devem apresentar diferenças em sua forma e volume de madeira. Neste trabalho, objetivou-se: i) quantificar a velocidade do vento; ii) quantificar o fator de forma e o volume de toras de indivíduos selecionados; e iii) relacionar a velocidade do vento com o fator de forma e o volume de toras de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* à margem e dentro de uma plantação dessa espécie em Jaborandi (BA).

2 MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo foi um talhão experimental (5 ha) de uma plantação de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* em Jaborandi (BA) com espaçamento de 3 x 2 m e 19 anos de idade. Esse plantio se limita com uma área de recuperação vegetal de Cerrado (Figura 1), especificamente um Campo Sujo, segundo classificação de Eiten (2001).

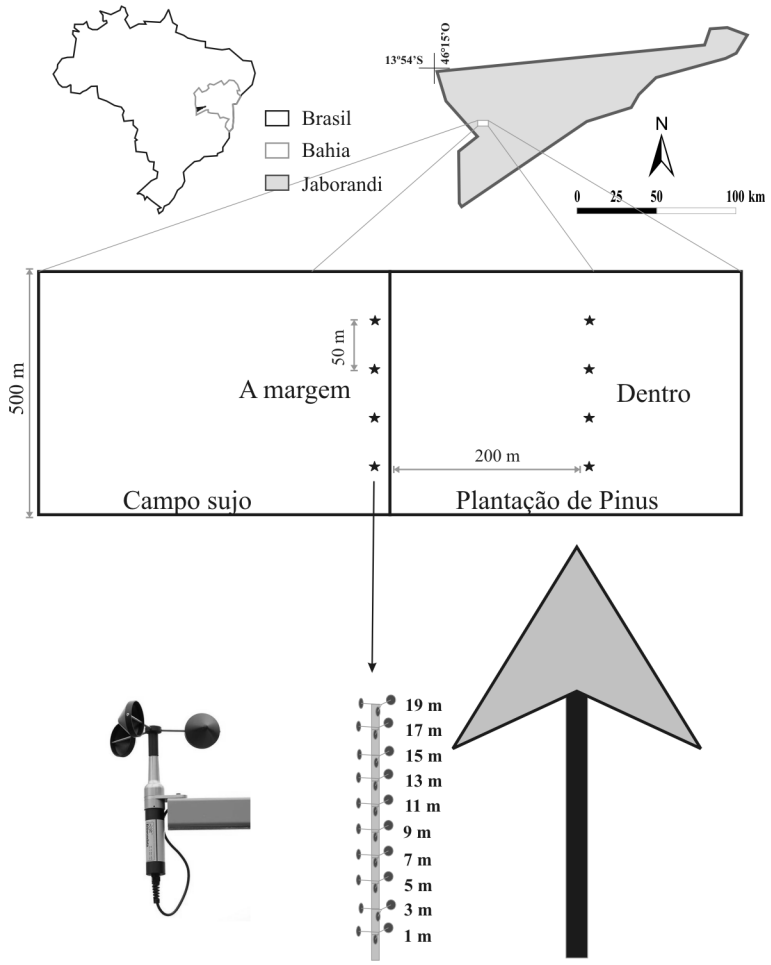

Figura 1 – Localização da área de estudo e disposição das torres com os anemômetros.

Figure 1 – *Study area localization and towers disposition with the anemometers.*

Na área externa (à margem da plantação), foram dispostos 4 torres, distantes 50 m entre si, cada torre com 10 anemômetros (WS40 Series Wind Speed Sensor - Environdata) (Figura 1) dispostos a cada 2m, de 1 a 19 m de altura, para mensuração das respectivas: velocidades (m/s) e direção do vento. Os anemômetros foram calibrados segundo manual do fabricante. Perpendicularmente à margem e 200 m no interior da plantação, foram dispostos de maneira similar mais 4 torres e 40 anemômetros para registro da velocidade e direção do vento nessa posição. Os dados de cada minuto das 24 horas dos 365 dias de 2009, dos 80 anemômetros foram armazenados em um datalogger (Eko21N - Ekopower), recuperados e analisados.

Em janeiro de 2010, foram abatidas 100 árvores localizadas a 2 m da linha de distribuição dos anemômetros das 4 torres ao longo do limite da plantação com o Campo Sujo (à margem da plantação), procedimento amostral sistemático, conforme descrito por Flesch e Wilson (1999). O mesmo procedimento foi adotado ao longo das 4 torres dispostas 200 m no interior da plantação (Figura 1).

Os fustes dos indivíduos abatidos foram seccionados a cada 2 m, obtendo-se 10 toras de cada indivíduo a alturas, quando em pé, de 0 (base) a 20 m. As alturas da disposição dos anemômetros corresponderam à parte central de cada seção. O volume de cada tora foi obtido em xilômetro (PRODAN et al., 1997), utilizando-se recipiente graduado (precisão: 0,05 dm^3) preenchido, parcialmente, com óleo queimado viscoso (1,37 Pa·s) de motor de caminhão (Figura 2). Para manejo da tora no xilômetro foi utilizado o sistema hidráulico da Caterpillar®, presente na Máquina Florestal 325D FM (CATERPILLAR®, 2010).

Essas toras também foram encaixadas em uma esteira flexível (MUSSARDO et al., 2003), para avaliar o seu volume cilíndrico (Figura 2) e calcular o Fator de Forma (divisão do volume real da tora pelo volume do cilindro) (PRODAN et al., 1997). No caso deste trabalho, a divisão foi feita do volume obtido no xilômetro pelo correspondente volume do cilindro calculado na esteira. Como a largura da esteira tinha o comprimento de cada tora (2 m) foi, então, mensurado o diâmetro equivalente à circunferência formada ao envolver cada seção do fuste (Figura 2). Esse diâmetro foi utilizado para o cálculo da área basimétrica (Equação 1) e do volume (Equação 2) do cilindro referente a cada tora.

$$g = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \quad (1)$$

$$V = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot l \quad (2)$$

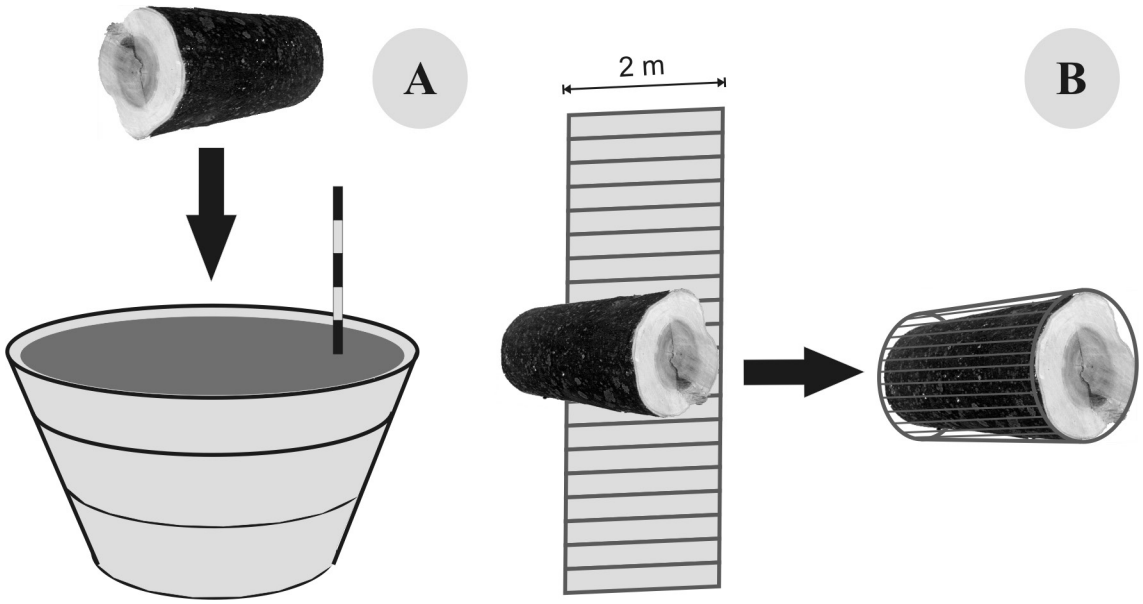

Figura 2 – A) Princípio do xilômetro e B) ajuste da tora no cilindro.

Figure 2 – *A) Xilometer theory and B) adjust of trunk in cylinder.*

Em que g = área basimétrica do cilindro; d = diâmetro do cilindro; V = volume do cilindro; e l = comprimento da tora e da esteira (2 m).

As variáveis: i) velocidade do vento, ii) altura, iii) diâmetro, iv) volume das toras e v) fator de forma foram aplicadas o teste não paramétrico de Mann-Whitney (a 95% de confiança) para comparação entre os valores observados à margem e dentro da plantação de *Pinus*. Os dados de velocidade do vento à margem da plantação foram comparados, também, com dados coletados no mesmo período na estação Correntina-BA (14 UTC), localizada a 50 km da área de estudo (INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA - INMET, 2010).

Ajuste dos dados a modelos matemáticos (Tabela 1) foram realizados por meio da análise de regressão entre a velocidade do vento (X_i), e o fator de forma e volume (Y_i) para a obtenção dos parâmetros [Índice de ajuste (IA%), erro-padrão Syx (%), nível de significância (p) e a curva de ajuste] e escolha do ajuste mais significativo (> IA; < S_{yx}; < p) para cada caso. Os modelos analisados foram escolhidos conforme indicado por Coutts e Grace (1995), modelos testados para verificação da influência e deformação de material lenhoso pela aerodinâmica (Tabela 1).

Tabela 1 – Modelos matemáticos utilizados para o ajuste dos dados.

Table 1 – *Mathematical models used for data adjustmen.*

Nome	Modelo
Polinomial (Inverso de 1° ordem)	$Y_i = \beta_0 + \frac{\beta_1}{X_i} + \varepsilon_i$
Sigmoidal (3 parâmetros)	$Y_i = \frac{\beta_1}{1 + e^{-\left(\frac{X_1 - \beta_2}{\beta_3}\right)}} + \varepsilon_i$
Sigmoidal (4 parâmetros)	$Y_i = \beta_0 + \frac{\beta_1}{1 + e^{-\left(\frac{X_i - \beta_2}{\beta_3}\right)}} + \varepsilon_i$
Sigmoidal (5 parâmetros)	$Y_i = \beta_0 + \frac{\beta_1}{\left[1 + e^{-\left(\frac{X_i - \beta_2}{\beta_3}\right)}\right]^{\beta_4}} + \varepsilon_i$
Logístico (3 parâmetros)	$Y_i = \frac{\beta_1}{1 + \left(\frac{X_i}{\beta_2}\right)^{\beta_3}} + \varepsilon_i$
Logístico (4 parâmetros)	$Y_i = \beta_0 + \frac{\beta_1}{1 + \left(\frac{X_i}{\beta_2}\right)^{\beta_3}} + \varepsilon_i$
Weibull (4 parâmetros)	$Y_i = \beta_1 \left[1 - e^{-\left(\frac{X_i - \beta_2 + \beta_3 \ln 2^{\frac{1}{\beta_4}}}{\beta_5}\right)^{\beta_4}}\right] + \varepsilon_i$

Continua...

To be continued...

Tabela 1 – Continuação...

Table 1 – *Continued...*

Nome	Modelo
Weibull (5 parâmetros)	$Y_i = \beta_0 + \beta_1 \left[1 - e^{-\left(\frac{X_i - \beta_2 + \beta_3 \ln 2^{\frac{1}{\beta_4}}}{\beta_5} \right)^{\beta_4}} \right] + \varepsilon_i$
Gompertz (3 parâmetros)	$Y_i = \beta_1 e^{-e^{\left(\frac{X_i - \beta_2}{\beta_3} \right)}} + \varepsilon_i$
Gompertz (4 parâmetros)	$Y_i = \beta_0 + \beta_1 e^{-e^{\left(\frac{X_i - \beta_2}{\beta_3} \right)}} + \varepsilon_i$
Hill (3 parâmetros)	$Y_i = \frac{\beta_1 X_i^{\beta_2}}{\beta_3^{\beta_2} + X_i^{\beta_2}} + \varepsilon_i$
Hill (4 parâmetros)	$Y_i = \beta_0 + \frac{\beta_1 X_i^{\beta_2}}{\beta_3^{\beta_2} + X_i^{\beta_2}} + \varepsilon_i$
Chapman (3 parâmetros)	$Y_i = \beta_1 \left(1 - e^{-\beta_2 X_i} \right)^{\beta_3} + \varepsilon_i$
Chapman (4 parâmetros)	$Y_i = \beta_0 + \beta_1 \left(1 - e^{-\beta_2 X_i} \right)^{\beta_3} + \varepsilon_i$

O Índice de Ajuste percentual (IA %) foi calculado conforme a Equação 3 (SCHLAEGEL, 1981) e o erro-padrão da estimativa percentual (S_{yx} %), conforme Equação 4 (SCHNEIDER, 1998).

$$IA\% = \frac{\sum_{i=1}^{n} \left(\widehat{Y}_i - \overline{Y} \right)^2}{\sum_{i=1}^{n} \left(Y_i - \overline{Y} \right)^2} \cdot 100 \quad (3)$$

$$S_{yx}\% = \frac{\sqrt{QMR}}{\overline{Y}} \cdot 100 \quad (4)$$

Em que: IA % = índice de ajuste percentual; Y_i = valor observado; $\widehat{Y}_i$ = valor estimado pela equação da regressão; $\overline{Y}$ = média dos valores observados; e QMR = quadrado médio do resíduo do modelo ajustado.

Os parâmetros do ajuste, o teste Mann-Whitney e outras estatísticas descritivas foram calculados pelo software Statistica 8.0 (STATSOFT, 2008).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A média da velocidade do vento considerando o conjunto de todos os dados dos 40 anemômetros dispostos à margem da plantação de *Pinus* foi maior (7,1 m/s) do que dentro da plantação (2,1 m/s) ($p < 0,001$, pelo teste de Mann-Whitney). Isso era esperado, pois ao lado da plantação tem um Campo sujo com árvores espaçadas, com aproximadamente 100 indivíduos arbóreos por hectare (diâmetro > 5 cm) e que não constituíam impedimento significativo para o movimento do ar (ROCHA et al., 2002). Observou-se também, à margem da plantação, que da altura da superfície do solo até 5 m as médias foram menores (2,2 m/s) (Figura 3) do que a partir dessa altura (4,3 m/s). Essa diferença pode ser explicada pela declividade do terreno (< 10º), que coloca à plantação em posição superior ao campo sujo e a rugosidade desta área, que pode provocar a ascensão da corrente de ar (GRACE, 1989).

Nas torres a margem da plantação, a direção do vento foi de 78 % para o Nordeste (Figura 3), e quando atravessa dentro da plantação, nas torres dentro da

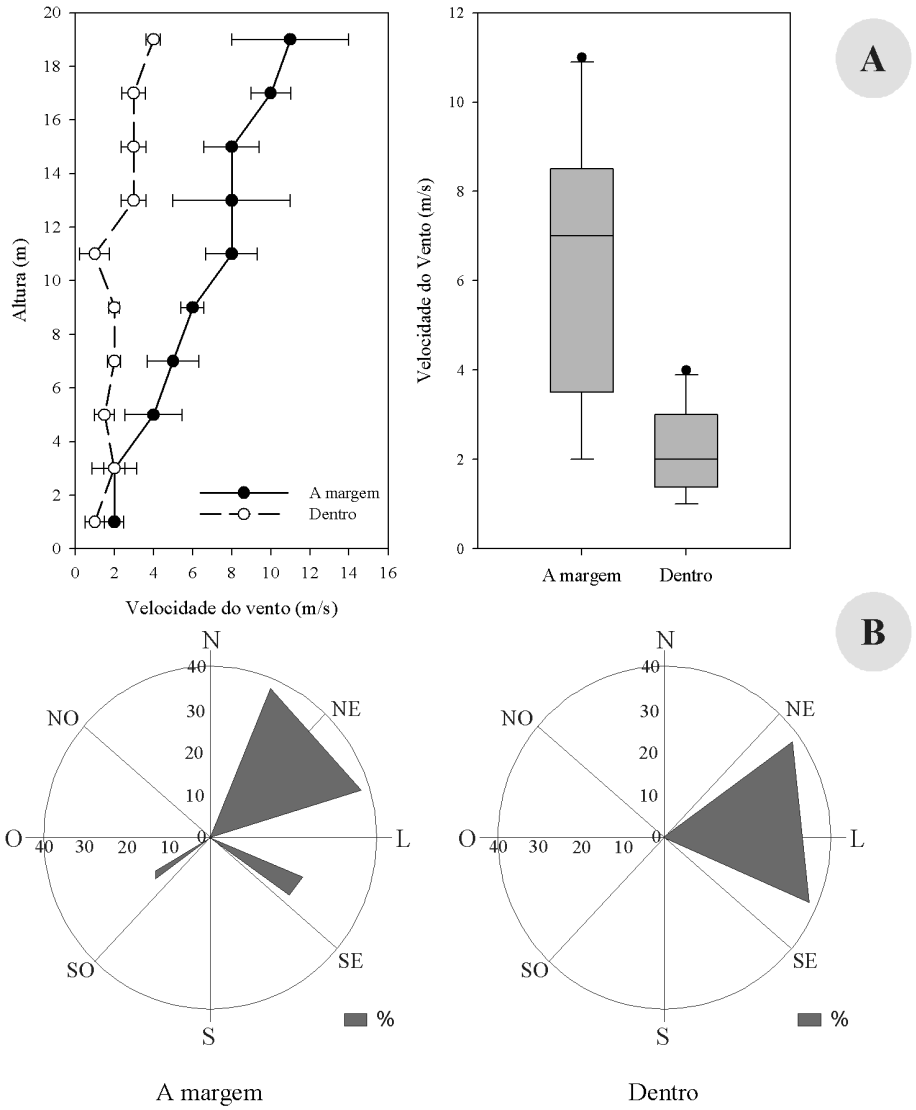

Figura 3 – (A) Velocidade a diferentes alturas, e (B) direção do vento à margem e dentro de uma plantação de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. Desvios padrão representam dados entre as torres e entre o período estudado.

Figure 3 – *(A) Wind speed in distinct heights, and (B) direction of wind in boundary and within plantation of Pinus caribaea var. hondurensis. Standard deviation represents data between the towers and between studied periods.*

plantação o vento direcionou 96% na direção Norte, acompanhando as entrelinhas da plantação. Conforme o espaçamento da plantação (3 x 2 m), pode-se inferir que o espaçamento menor (2 m) entre os indivíduos que estava na direção Norte-Sul, e maior (3 m) na direção Oeste-Leste, fez com a direção do vento mudasse para o Norte, pois encontrou menor resistência neste sentido, ou seja, um maior espaçamento de entrelinha para o movimento do ar (Figura 4). Esse comportamento em plantações de *Pinus* também foi observado por Foster (1988) e Rees e Grace (1980). A plantação de *Pinus* não só reduz a velocidade como também teve a capacidade de mudar a direção do vento no seu interior, corroborando com observações realizadas por Coutts e Grace (1995).

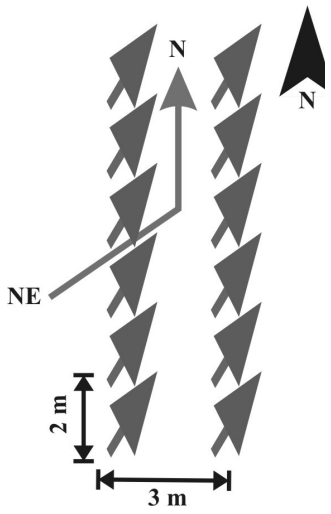

Figura 4 – Mudança de direção do vento entre os indivíduos arbóreos.

Figure 4 – *Change of Wind direction between trees.*

A distribuição do raio do tronco em diversas alturas das árvores (Figura 5) mostrou um afilamento do tronco a partir da base, comportamento normal para a espécie estudada (DIETERS; BRAWNER, 2007). Porém, há uma diferença significativa ($p < 0,001$) entre os dados médios do raio da circunferência do tronco à margem (13,7 cm) e dentro da plantação (17,6 cm), observados na área formada pela distribuição dos dados e sua intersecção (Figura 5). Não foi detectada diferença significativa ($p = 0,241$) na altura média entre os indivíduos arbóreos à margem e dentro da plantação. A altura total média das 200 árvores amostradas foi de 26,4 m.

Os valores médios da velocidade do vento na área externa da plantação foram semelhantes aos dados da estação de Correntina (INMET, 2010) para o mesmo período estudado (registros médios diários entre 6 a 8 m/s – a 10 m de altura), sem diferenças significativas ($p = 0,126$, pelo Teste de Mann-Whitney). Houve diferença significativa ($p < 0,001$) entre as amostras da velocidade do vento à margem e dentro da plantação.

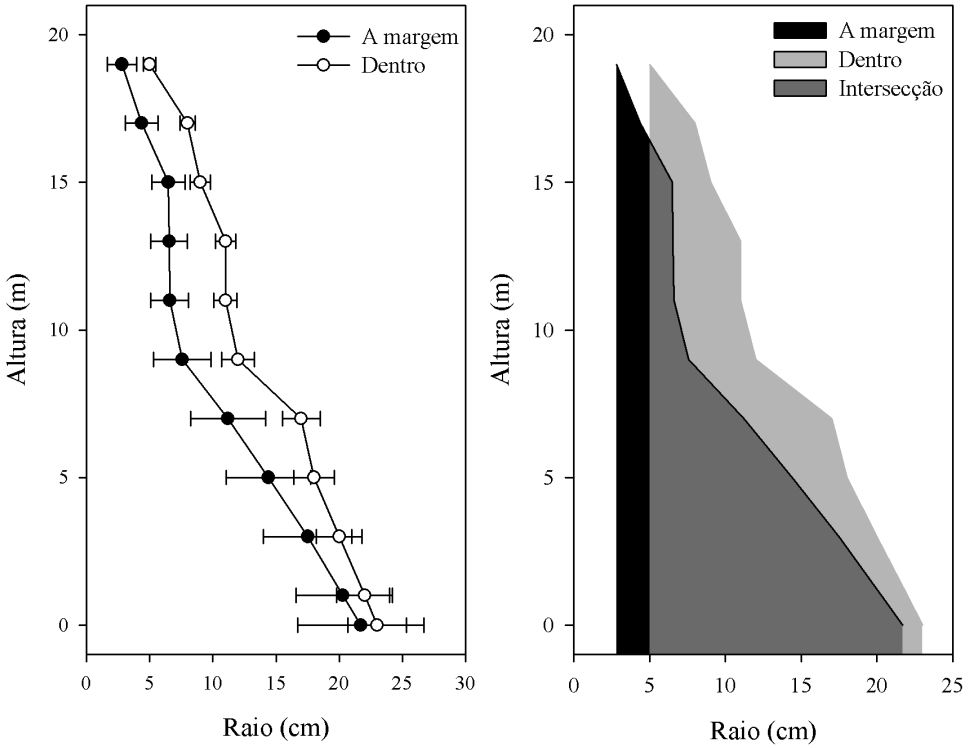

Figura 5 – Dispersão da altura dos indivíduos arbóreos pelo raio do tronco a cada 2 m, à margem e dentro de uma plantação de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. Desvios padrão representam os dados entre os indivíduos.

Figure 5 – *Dispersion of tree heights of individuals by trunk radio to each 2 m, in boundary and within a plantation of Pinus caribaea var. hondurensis. Standard deviation represents the data between the individuals.*

Os desvios padrão estatísticos, observados na Figura 3, maiores nos dados de velocidade do vento à margem e menores nos dados observados dentro da plantação, demonstram a susceptibilidade da influência negativa da maior variabilidade e velocidade do vento aos indivíduos arbóreos situados à margem da plantação.

As diferenças significativas no teste estatístico não paramétrico das variáveis velocidade do vento e raio do tronco à margem e dentro da plantação afetaram as variáveis volume e fator de forma das toras. Estas também apresentaram diferença significativa ($p < 0,001$) quando comparados os dados à margem e dentro da plantação (Figura 6).

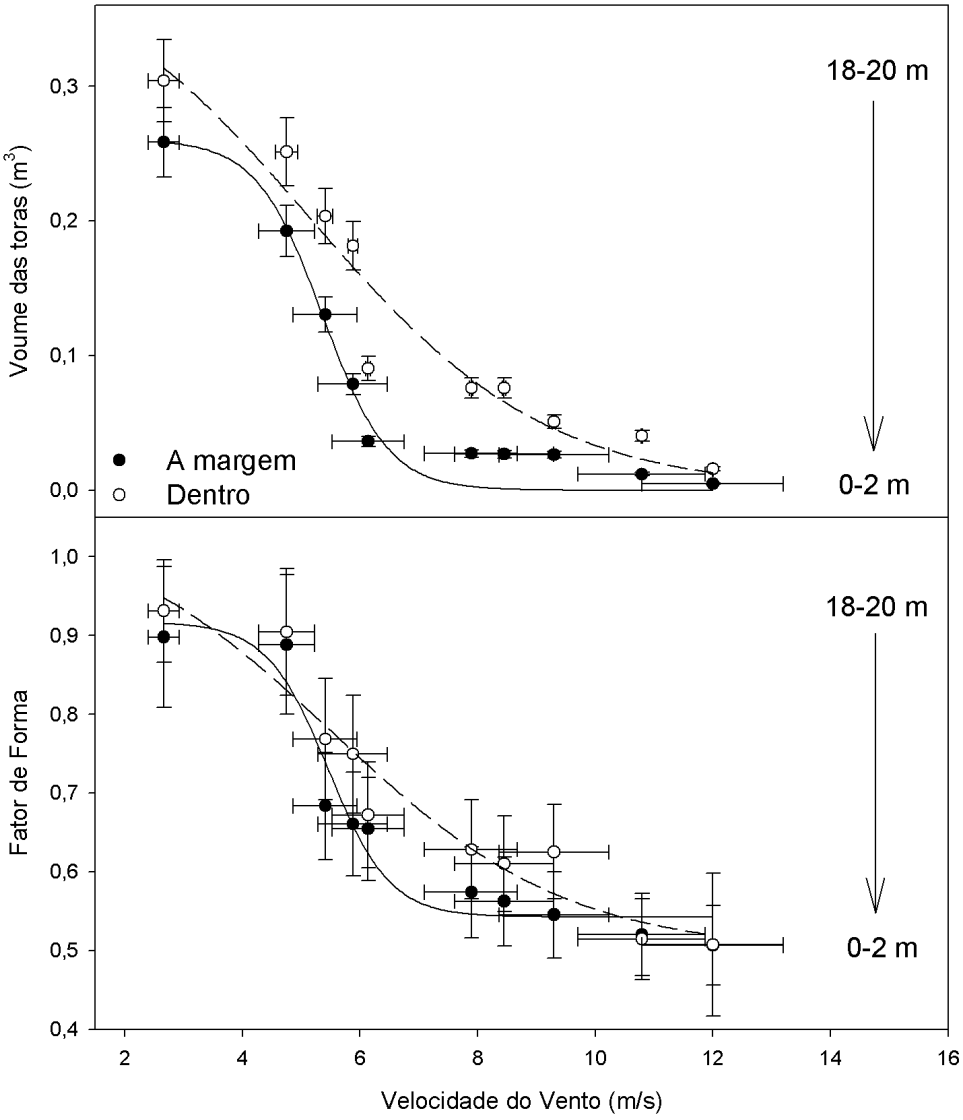

Figura 6 – Relação entre o volume das toras e o fator de forma com a velocidade do vento, à margem e dentro de uma plantação de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. Cada ponto representa a relação em intervalos específicos de altura (0-2, 2-4, 4-6, 6-8, 8-10, 10-12, 12-14, 14-16, 16-18 e 18-20 m). Desvios padrão representam os dados entre os indivíduos e entre as torres.

***Figure 6** – Relationship between the volume of trunk section and the form factor with the wind speed, in boundary and within plantation of Pinus caribaea var. hondurensis. Each point represents the relationship in specific intervals of height (0-2, 2-4, 4-6, 6-8, 8-10, 10-12, 12-14, 14-16, 16-18 e 18-20 m). Standard deviations represent the data between the individuals and between towers.*

O volume médio das toras à margem e dentro da plantação foi de, respectivamente, 0,13 m^3 e 0,17 m^3, representado uma perda em média de 23,52 % do volume de madeira nos indivíduos à margem da plantação. Da mesma maneira, com o fator de forma, houve um aumento médio de 0,62 para 0,70, da área externa para a interna do talhão, representando um aumento de 11,42%. Isso influencia na modelagem matemática em volumetria, em que se utiliza um fator de forma médio para todos os indivíduos, sem considerar a influência da velocidade do vento e outros fatores do ambiente.

Esses outros fatores poderiam ser: i) a incidência solar em seus horários de ascensão (≈ 6 as 10h) e descenso (≈ 14 as 18 h); ii) a diferença de nutrientes e matéria orgânica; e iii) a perda de umidade. Tanto na área de estudo como em outras plantações analisadas (DIETERS; BRAWNER, 2007; NIKLAS; SPECK, 2010) esses fatores foram descartados, primeiro porque os fatores ii) e iii) citados são controlados de forma homogênea nas parcelas ou talhões das plantações, e segundo descartaria o fator i), incidência do sol, por experiências relatadas na literatura (DIETERS; BRAWNER, 2007; GRACE, 1989), e pelos dados deste trabalho. Na Figura 3, a velocidade do vento à margem e dentro da plantação de *Pinus*, até 5 m de altura, foi semelhante estatisticamente (p = 0,674) analisado pelo teste não-paramétrico, e também semelhante estatisticamente (p = 0,912), até a essa altura, para o raio do tronco (Figura 5), modificando, a partir dessa altura, essas variáveis. Se a incidência solar, nutrientes e umidade, nesse caso, fossem fatores significativos de influência nas variáveis analisadas, a diferença do raio do tronco apareceria desde a base do indivíduo arbóreo, conforme descrito por Prodan et al. (1997), e não observado na Figura 5.

Efetuada a análise de regressão entre a velocidade do vento e as variáveis volume e fator de forma das toras, observou-se que há uma relação sigmoidal inversamente proporcional (Figura 6), ou seja, quanto maior a velocidade do vento, menores o fator de forma e o volume das toras. Os modelos que mais se ajustaram (IA % > 90; $p \leq 0{,}003$ e S_{yx} % < 5) foram o sigmoidal com 3 parâmetros para a relação velocidade do vento e volume de toras; e o sigmoidal com 4 parâmetros para a relação velocidade do vento e fator de forma (Tabela 2). Este trabalho confirma a influência negativa do vento nas árvores expostas à ação direta dos ventos, reduzindo o fator de forma e o volume do fuste de *P. caribaea*, corroborando os dados de Coutts e Grace (1995), Grace (1989) e Niklas e Speck (2001).

Tabela 2 – Parâmetros da análise de regressão relacionando a variável velocidade do vento (X_i) com as variáveis ($\hat{Y}_i$) volume e fator de forma de indivíduos de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* com 19 anos, á margem e dentro de uma plantação em Jaborandi-BA.

Table 2 – *Parameters of regression analysis relating wind speed variable (X_i) with the variables ($\hat{Y}_i$) volume and factor form of individuals of Pinus caribaea var. hondurensis with 19 old years, in boundary and within plantation, Jaborandi -BA.*

	Relação: Velocidade do Vento (m/s) = X_i	Equação	IA %	S_{xy} %	p
à margem	*vs.* volume de toras (m^3/tora de 2m) = $\hat{Y}_i$	$\hat{Y}_i = \frac{0{,}4043}{1+e^{-\left(\frac{X_i-5{,}1511}{-2{,}0104}\right)}}$	94,12	4,151	< 0,001
	vs. fator de forma = $\hat{Y}_i$	$\hat{Y}_i = 0{,}4984 + \frac{0{,}5575}{1+e^{-\left(\frac{X_i-5{,}5295}{-2{,}0049}\right)}}$	93,35	4,025	0,003
dentro	*vs.* volume de toras (m^3/tora de 2m) = $\hat{Y}_i$	$\hat{Y}_i = \frac{0{,}2602}{1+e^{-\left(\frac{X_i-5{,}3608}{-0{,}5575}\right)}}$	97,19	3,965	< 0,001
	vs. fator de forma = $\hat{Y}_i$	$\hat{Y}_i = 0{,}5426 + \frac{0{,}3743}{1+e^{-\left(\frac{X_i-5{,}4614}{-0{,}5229}\right)}}$	95,41	2,149	< 0,001

4 CONCLUSÕES

Os dados deste trabalho confirmaram que existem diferenças significativas no teste estatístico não paramétrico entre as amostras à margem e dentro do talhão, das variáveis velocidade do vento, e volume e fator de forma das toras de indivíduos de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. Houve uma relação sigmoidal inversamente proporcional entre a velocidade do vento e as variáveis fator de forma e volume das toras. Pode-se, então, substanciar a hipótese do efeito negativo da velocidade do vento no volume de madeira, ou seja, uma árvore de *P. caribaea* var. *hondurensis* exposta aos ventos da região estudada pode ter a sua capacidade de produzir madeira reduzida em, aproximadamente, ¼ se comparada a uma árvore abrigada dos ventos no interior da plantação.

5 AGRADECIMENTOS

Ao Grupo de Pesquisa "Interface Biologia e Educação", CCB/DBR/UFPE.

6 REFERÊNCIAS

CATERPILLAR®. **Máquinas florestais**. Disponível em: <http://brasil.cat.com>. Acesso em: 10 mar. 2010.

COUTTS, M. P.; GRACE, J. **Wind and trees**. Cambridge: Cambridge University, 1995. 504 p.

DIETERS, M.; BRAWNER, J. Productivity of *Pinus elliottii*, *P. caribaea* and their F_1 and F_2 hybrids to 15 years in Queensland, Australia. **Annals of Forest Science**, Champenoux, v. 64, n. 7, p. 691-698, July 2007.

EITEN, G. **Vegetação natural do Distrito Federal**. Brasília: SEBRAE, 2001. 162 p.

FLESCH, T. K.; WILSON, J. D. Wind and remnant tree sway in forest cutblocks: I., measured winds in experimental cutblocks. **Agricultural and Forest Meteorology**, New Haven, v. 93, n. 4, p. 229-242, 1999.

FOSTER, D. R. Species and stand response to catastrophic wind in Central New England, U.S.A. **Journal of Ecology**, London, v. 76, n. 1, p. 135-151, Jan. 1998.

GRACE, J. Measurements of wind speed near vegetation. In: PEARCY, R. W. (Ed.). **Plant physiological ecology**. New York: Chapman and Hall, 1989. p. 57-73.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Estações automáticas**. Disponível em: <http://inmet.gov.br>. Acesso em: 15 fev. 2010.

KRONKA, F. J. N.; BERTOLANI, F.; PONCE, R. H. **A cultura do pínus no Brasil**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 2005. 156 p.

MUSSARDO, G.; RIVA, V.; SOTKOV, G. Finite-volume form factors in semiclassical approximation. **Nuclear Physics B**, Genève, v. 670, n. 3, p. 464-478, Mar. 2003.

NIKLAS, K. J.; SPECK, T. Evolutionary trends in safety factors against wind-induced stem failure. **American Journal of Botany**, Saint Louis, v. 88, n. 7, p. 1266-1278, July 2001.

PRODAN, M.; PETERS, R.; COX, F.; REAL, P. **Mensura forestal**. São José: IICA/BMZ/GTZ, 1997. 586 p.

REES, D. J.; GRACE, J. The effects of wind on the extension growth of *Pinus contorta* Douglas. **Forestry**, Oxford, v. 53, n. 2, p. 145-153, Jan. 1980.

ROCHA, H. R.; HELBER, F.; FREITAS, C.; ROSOLEM, R.; JUÁREZ, R. I. N.; TANNUS, R. N.; LIGO, M. A.; CABRAL, O. M. R.; DIAS, M. A. F. S. Measurements of CO_2 exchange over a woodland savanna (Cerrado Sensu stricto) in southeast Brasil. **Biota Neotropica**, Campinas, v. 2, n. 1, p. 1-11, jan./abr. 2002.

SCHLAEGEL, B. E. Testing, reporting, and using biomass estimation models. In: SOUTHERN FOREST BIOMASS WORKSHOP, 1., 1981, Clemson. **Proceedings…** Clemson: Forest Science Institute of Clemson University, 1981. p. 95-112.

SCHNEIDER, P. R. **Análise de regressão aplicada à engenharia florestal**. 2. ed. Santa Maria: UFSM/CEPEF, 1998. 236 p.

SOARES, C. P. B.; PAULA NETO, F.; SOUZA, A. L. **Dendrometria e inventário florestal**. Viçosa, MG: UFV, 2006. 276 f.

SPECK, O. Field measurements of wind speed and reconfiguration in *Arundo donax* (Poaceae) with estimates of drag forces. **American Journal of Botany**, Saint Louis, v. 90, n. 8, p. 1253-1256, Aug. 2003.

STATSOFT. **Statistic für Windows 8,0**. Tulsa, 2008. 526 p.