

PROPOSTA METODOLÓGICA PARA O CÁLCULO DO COEFICIENTE DE ARRASTO PARA FOLHOSAS UTILIZADAS NA ARBORIZAÇÃO URBANA

Camila Linhares¹ (clinhares@serq.pt); **Takashi Yojo²** (yojos@ipt.br); **Raquel Gonçalves³** (raquelg@g.unicamp.br)

^{1,3}UNICAMP – Campus de Campinas, São Paulo; ²IPT – São Paulo.

Resumo

As cargas de vento são as principais responsáveis por quedas de árvores nas cidades, ou seja, são consideradas as cargas que mais causam falha mecânica em árvores, sendo assim o vento é o aspecto climático mais relevante para o risco de queda. No entanto, análises de fatores relacionados à ação de ventos em árvores são complexas e, por isso, pouco exploradas. Um dos fatores mais importantes para a aplicação de conceitos de cargas de vento em estruturas é o coeficiente de arrasto, cujas informações disponíveis se concentram na literatura internacional e com foco em espécies coníferas de alto valor comercial e não em folhosas utilizadas em arborização urbana. A definição do coeficiente de arrasto, direcionada para árvores, pode ser descrita como sendo o número adimensional que relaciona a força de arrasto induzida no fuste e a força do vento exercida na copa da árvore. Os estudos a respeito do coeficiente de arrasto envolvem muitas dificuldades metodológicas, dessa forma o objetivo desta pesquisa foi avaliar, testar e propor uma metodologia simplificada com técnica não destrutiva para a inferência do coeficiente de arrasto. Como estudo de caso, a metodologia foi aplicada em duas espécies de folhosas crescidas no Brasil - *Spathodea campanulata* e *Khaya Ivorensi*. Os valores dos coeficientes de arrasto obtido com o método simplificado são coerentes com valores esperados para esse parâmetro com base na literatura. Além disso, a esperada redução do coeficiente de arrasto com o aumento da velocidade também foi verificada. Esse resultado indica que o método simplificado se mostra adequado, sendo alternativa viável para facilitar a inferência do coeficiente de arrasto e, assim, ampliar estudos de obtenção desse parâmetro.

Palavras-chave: Biomecânica. Coeficiente de Arrasto. Força do vento em árvores. Velocidade do Vento.

Abstract

Wind loads are mainly responsible for tree falls in cities, therefore they are considered the loads that cause the most mechanical failure in trees, so wind is the most relevant climatic aspect to fall risk. However, analysis of factors related to wind action in trees is complex and therefore little explored. One of the most important factors for the application of wind load concepts to structures is the drag coefficient, whose available information is concentrated in the international literature and focusing on high commercial value coniferous species and not on hardwoods used in urban afforestation. The definition of the drag coefficient (CD), directed to trees, can be described as the

dimensionless number that relates the induced drag on the trunk and the wind force exerted on the tree canopy. The studies on the drag coefficient involve methodological difficulties, making the data scarce, therefore the objective of this research was to propose and test a simplified methodology for the calculation of the drag coefficient. As a case study, the methodology was applied to two species of hardwood grown in Brazil - *Spathodea campanulata* and *Khaya Ivorensi*. The values of the drag coefficients obtained with the simplified method are consistent with expected values for this parameter based on the literature. In addition, the expected reduction in drag coefficient with increasing velocity was also verified. This result indicates that the simplified method is adequate, being a viable alternative to facilitate the obtaining of the CD and, thus, to enlarge studies to obtain this parameter.

Keywords: Biomechanics. Drag Coefficient. Wind loads on trees. Wind Velocity.

1 Introdução

A queda de árvores é um problema importante nas cidades e a ação do vento é um dos fatores que prevalecem na ocorrência dessas quedas. As forças do vento são transmitidas às raízes por impulso induzido no tronco. A magnitude das forças que atingem o tronco depende das características do dossel (arquitetura e densidade das folhas), porque galhos e folhas se reconfiguram com a ação do vento, reduzindo as forças de arrasto (COUTTS, 1983).

Para conhecer a força de arrasto induzida no tronco das árvores pela pressão do vento exercida sobre sua copa (q), é necessário conhecer o coeficiente de arrasto (CD). O coeficiente de arrasto (CD) é um número adimensional usado para quantificar a resistência ao ar por um objeto. Esse coeficiente está sempre associado a uma superfície e, no caso de árvores, pode ser calculado pela Equação 1.

$$C_D = \frac{F_V}{qA_c} \quad (1)$$

Onde F_V = força de arrasto; q = pressão do vento na copa; A_c = área da superfície frontal da árvore

Assim, ao conhecer o coeficiente de arrasto associado às características da copa de uma determinada espécie (A_c), é possível inferir a força de arrasto induzida no tronco (F_V) (Equação 1).

A pressão do vento (q) está diretamente associada à velocidade do vento (V) e à densidade do ar (ρ) - Equação 2.

$$q = \frac{1}{2} \rho V^2 \quad (2)$$

Assumindo-se a densidade do ar como sendo aproximadamente $1,225 \text{ kg.m}^{-3}$ (ao nível do mar e a 15°C) e considerando-se a aceleração da gravidade (m.s^{-2}) obtém-se o valor da