

## Modelagem de Raízes de Árvores para Análises Mecânicas

Felipe Heiji Takaoka\*, Josué Labaki

### Resumo

Neste trabalho foi desenvolvido um software para modelagem de raízes de árvores para análises mecânicas. O software gera sólidos 3D com geometrias baseadas em parâmetros biológicos de árvores encontradas na natureza. Foram implementados quatro padrões morfológicos de raízes para geração automática. A raiz é então importada automaticamente num software de elementos finitos.

### Palavras-chave:

Biomecânica, Ancoragem de árvores, Método de Elementos Finitos.

### Introdução

Tempestades, erosões, e outros fenômenos naturais podem danificar a integridade de florestas e árvores isoladas, prejudicando a cobertura natural de espaços, e comprometendo a segurança de edificações e pessoas. A compreensão dos mecanismos da ancoragem de árvores em solos pode ajudar a evitar seu desenraizamento quando submetidas a tais adversidades<sup>1</sup>.

Por se tratar de um estudo interdisciplinar, uma modelagem biológica coerente é imprescindível para a representação dessas estruturas.

Este projeto foi largamente baseado no trabalho realizado por Dupuy<sup>1,2</sup> e tem como objetivo final a análise estática e dinâmica da raiz e sua interação com o solo. Uma aplicação imediata é a compreensão da transmissibilidade de vibrações, como ondas sísmicas, propagadas pelo solo através de árvores, e assim, a potencial utilização de florestas como metamateriais sísmicos naturais<sup>3</sup>.

### Resultados e Discussão

Com descrições apresentadas no artigo de referência<sup>1</sup>, no que se refere à morfologia de certos padrões de raízes, o RootGen foi desenvolvido no MATLAB para a criação destes e doutros, através de variações de parâmetros morfológicos e restrições geométricas (Figura 1). A descrição matemática das raízes é feita por meio de grafos, que são adequados para representar a ramificação, bifurcação, e crescimento das raízes como ocorre na natureza. Foi desenvolvido um script em Python que converte o grafo resultante em um sólido 3D equivalente no software de elementos finitos Abaqus.

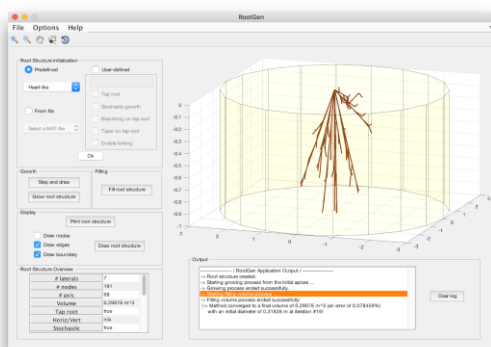


Figura 1. Software RootGen – Criação de uma raiz do tipo Heart

Devido à versatilidade do Abaqus, uma vez convertida em sólido 3D, a raiz e sua interação com o solo podem ser estudadas quanto à sua resistência estrutural, sua capacidade de absorver vibrações, etc., inclusive incorporando modelos realísticos de solo e seus sofisticados mecanismos de falha e não-linearidades.

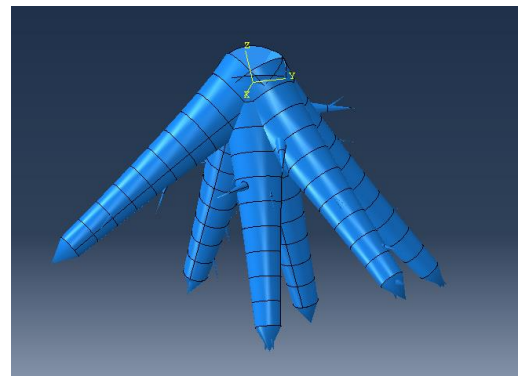


Figura 2. Exemplo de raiz importada no Abaqus

### Conclusões

Neste trabalho foi desenvolvido um ambiente para geração de sólidos 3D representando estruturas radiculares com parâmetros morfológicos coerentes com aqueles encontrados na natureza. Os sólidos são descritos nos termos de um software poderoso de elementos finitos, no qual uma diversidade de análises pode ser efetuada.

### Agradecimentos

Agradeço à minha família e meus amigos pelo apoio, ao meu orientador, pela sua ajuda e suas contribuições, e aos funcionários do DTIC da Faculdade de Engenharia Mecânica, pelo suporte técnico necessário. O trabalho foi financiado com bolsa de iniciação científica PRP/FAEPEX. Este trabalho se insere no grant Fapesp 2017/01450-0.

<sup>1</sup> Dupuy L, Fourcaud T, Stokes A. A numerical investigation into the influence of soil type and root architecture on tree anchorage, *Plant and Soil*, 2005b, vol. 278 (pg. 119-134).

<sup>2</sup> Dupuy L, Fourcaud T, Lac P, Stokes A (2007) A generic 3D finite element model of tree anchorage integrating soil mechanics and real root system architecture. *Am J Bot* 94:1506–1514

<sup>3</sup> Colombi, A., Roux, P., Guenneau, S., Gueguen, P. & Craster, R. Forests as a natural seismic metamaterial: Rayleigh wave bandgaps induced by local resonances. *Sci. Rep.* 5, 19238 (2016).