



INFLUÊNCIA DO SISTEMA DE INTERPOLAÇÃO EM IMAGENS GERADAS POR TOMOGRAFIA ULTRASSÔNICA

Pedro A. Machado^{1*}, Cinthya B. Pedroso², Stella S. A. Palma³

¹ paleixomachado@gmail.com; ² cinthyab@unicamp.br; ³ ssapalma@gmail.com

Link para a apresentação deste trabalho: <https://youtu.be/0maXqg3GVIM>

RESUMO

Quedas de árvores ocorrem principalmente por problemas relacionados às suas condições fitossanitárias. É possível reconhecer as condições internas do fuste de árvores por meio de técnicas baseada em ensaios de propagação de ondas, as quais alteram seus percursos na ocorrência de descontinuidades do material, resultando em diferentes faixas de velocidade. Essas faixas são representadas em uma imagem gerada a partir do uso de interpoladores espaciais, os quais tem a função de atribuir valores para espaços que existem entre as rotas de medição, preenchendo-os para que a imagem seja formada. Apesar dos significativos avanços, existem muitas lacunas a serem preenchidas, como a escolha do sistema de interpolação a ser utilizado visando uma representação da seção estudada com maior fidelidade e menos interferências. Assim, com o objetivo de quantificar, através da acurácia das imagens, as interferências relacionadas a cada um dos dois interpoladores presentes no software *ImageWood 3.1*, foram avaliadas 72 imagens tomográficas que permitiram concluir que o interpolador que apresenta maior grau de interferência na imagem tomográfica é o Du et al. sem a compensação das velocidades, ao contrário do Du et al. com compensação de velocidades que permitiu a elaboração de imagens com maior acurácia.

Palavras-chave: inspeção de árvores; ultrassom, geração de imagens, sistema de interpolação.

INTRODUÇÃO

A tomografia ultrassônica é um método não destrutivo baseado na propagação de ondas, amplitude do sinal ou resposta da frequência (Bucur, 2005). Essa técnica é baseada na variação da velocidade de propagação de onda em um elemento. As imagens são geradas a partir dos tempos de propagação das ondas obtidas por um equipamento de ultrassom, seguindo o esquema de uma malha, que nos fornecem as velocidades, as quais são agrupadas em faixas e representadas por cores (Palma, 2017). Esta técnica não representa o mapa espacial preciso da área interna, e sim uma representação das características acústicas (Allison e Wang, 2015), principalmente a rigidez.

Na malha de difração apesar de fazer varredura da área, apresenta espaços em que não há valores atribuídos. Estes espaços são preenchidos de acordo com o algoritmo interno do software, que utiliza interpoladores espaciais para realizar a reconstrução, sendo assim, cada interpolador pode gerar diferentes imagens de acordo com o algoritmo utilizado, podendo influenciar consideravelmente no resultado final (Strobel et al., 2018). A imagem das características acústicas internas de uma seção do fuste, com uma boa acurácia, pode determinar o tamanho e a localização do defeito interno do tronco (Allison e Wang, 2015).

OBJETIVO

Em busca de imagens que represente de forma adequada as condições internas de árvores e devido ao uso de dois sistemas de interpolação (Inverso do Quadrado da Distância e o método baseado em elipses desenvolvido por Du et al., 2015) no software *ImageWood 3.1*, este projeto de Iniciação Científica teve como objetivo quantificar a influência de cada interpolador na acurácia da imagem tomográfica.

MATERIAIS E MÉTODOS

Foram utilizados dados obtidos por meio de ensaios realizados em 5 árvores de Sibipiruna (*Cenostigma pluviosum*) localizadas no campus universitário da UNICAMP em Campinas, SP. Nestas, foram selecionados as alturas a 30 cm do solo (DAS), a 120 cm do solo (DAP) e na primeira bifurcação (H) quando a mesma superava a altura do DAP, totalizando 12 discos que foram ensaiados em campo (árvore viva) e em laboratório (pós-corte) somando 24 ensaios. A disponibilidade deste material para o estudo foi viabilizada devido ao acordo de cooperação do grupo de pesquisa em Ensaios Não Destrutivos da Faculdade de Engenharia Agrícola da UNICAMP com o Departamento de Meio Ambiente desta instituição.

Os ensaios foram realizados com o equipamento de ultrassom nacional, o USLab (Agricef – Brasil), com transdutores exponenciais de 45 kHz de frequência, utilizando a metodologia de inspeção adotada e consolidada pelo grupo de pesquisa que utiliza a malha de difração (Figura 1a). A metodologia de ensaio consiste no posicionamento do transdutor emissor em um dos 8 pontos previamente demarcados no disco (Figura 1b), enquanto o transdutor receptor percorre os demais 7 pontos obtendo o tempo de propagação da onda em cada uma das rotas, em seguida, mudamos o transdutor emissor para o ponto 2 e fazendo o receptor percorrer os 7 outros pontos, assim o procedimento é repetido para todos os 8 pontos da malha de difração, até completar a leitura de 56 rotas.

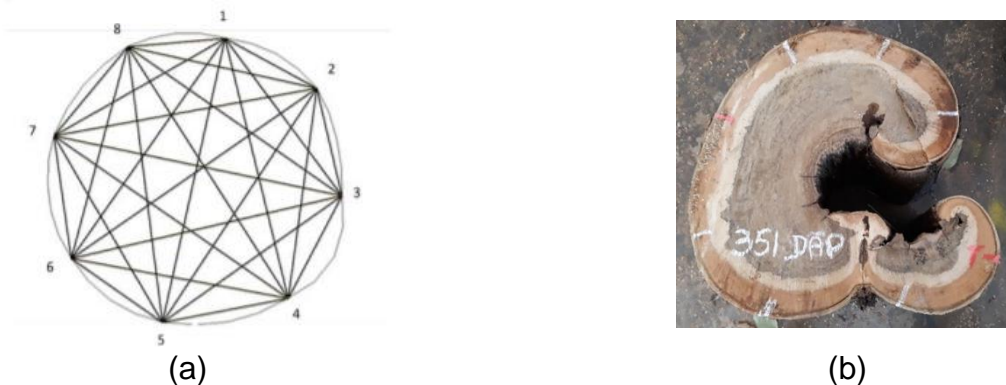


Figura 1. Malha de Difração (a); Disco demarcado para realização do ensaio (b).

As imagens foram geradas com o software *ImageWood 3.1* utilizando dois diferentes interpoladores, o Inverso do Quadrado da Distância (IQD), que utiliza a distância entre vizinhos para compor a imagem e outro desenvolvido em pesquisa por Du et al. (2015), o qual se baseia na elipse formada no entorno das rotas, em duas condições, a primeira é considerando a velocidade obtida no ensaio e a outra pondera os efeitos de borda que podem causar interferência na imagem atribuindo um peso a essas rotas.

Considerando as três formas de interpolação (IQD, Du et al. com e sem compensação) foram geradas 72 imagens, as quais tiveram suas faixas de velocidade divididas de 10 em 10 % considerando como 100% a velocidade máxima obtida no disco.

Assim, de forma geral as velocidades foram representadas com as seguintes cores: 0% a 10% vermelho; 10% a 20% amarelo; 20% a 30% laranja; 30% a 40% verde claro; 40% a 50% verde escuro; 50% a 60% azul claro; 60% a 70% azul escuro; 70% a 80% lilás; 80% a 90% roxo; 90% a 100% marrom.

Para a análise da acurácia das imagens foi utilizada a matriz de confusão. Nesse processo, foi comparada a imagem original do disco com as imagens geradas utilizando os diferentes interpoladores. Essa comparação foi feita através da aplicação de um grid 10 X 10 sobreposto em cada uma das imagens (Figura 2a), e a avaliação foi realizada considerando as classes falso negativa (FN) e falso positivo (FP), verdadeiro positivo (TP) e verdadeiro negativo (TN) (Figura 2b), tomando sempre como positivo alterações nas velocidades de acordo com as descontinuidades do disco, sendo menores em áreas de oco, intermediária em áreas de podridão e maiores em áreas íntegras.

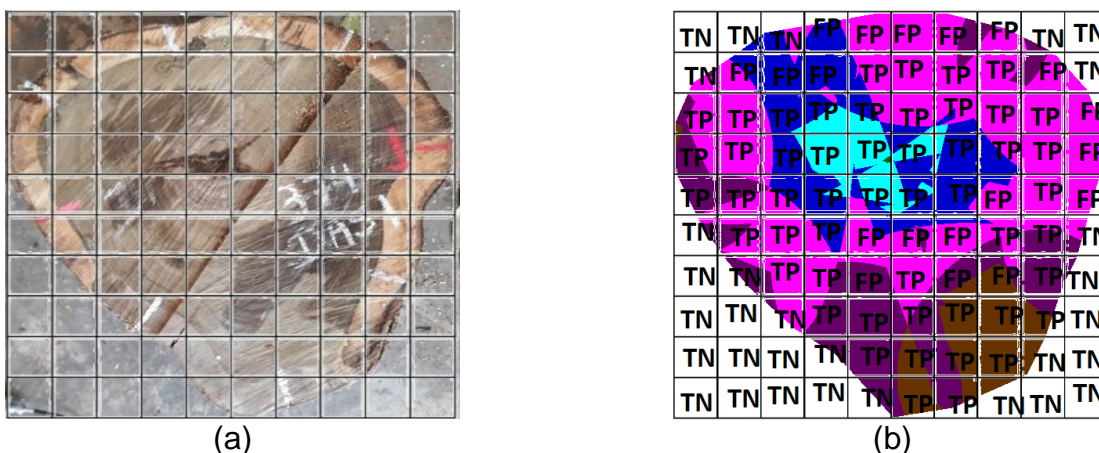


Figura 2. Exemplo de grid posicionado sobre a foto do disco 347 DAS (a) e a sua avaliação utilizando a Matriz de Confusão (b)

A acurácia é dada pela soma dos Verdadeiros Positivos (TP) com os Verdadeiros Negativos (TN), dividido pelo tamanho do grid (Equação 1).

$$Acurácia = \frac{(TP + TN)}{Tamanho\ do\ grid} \tag{Equação 1}$$

RESULTADOS

Utilizando os dados da pesquisa e os dois interpoladores, sendo um deles em duas condições, foram geradas um total 72 imagens, como segue o exemplo de um conjunto delas (Figura 3).

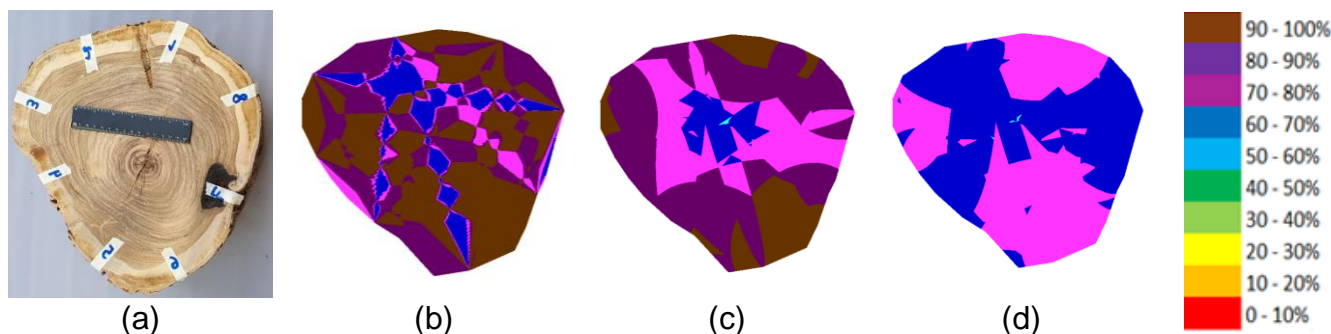


Figura 3. Imagens geradas a partir do disco 347 DAS na situação de Laboratório, sendo a foto do Disco (a) e as imagens geradas pelos interpoladores IQD (b), Du et al. com compensação (c) e Du et al sem compensação (d).

No conjunto de imagens espera-se visualizar uma diferença de cores em áreas que correspondem a parte mais central, ou seja, próximo a medula, por apresentar um início de podridão e na área próxima ao ponto 7 (Figura 3a) que também apresenta podridão. Sabendo que a podridão reduz a velocidade, é esperado cores representativas de velocidades mais baixas. Acompanhando o raciocínio, foram visualizadas predominantemente as cores marrom, roxo, lilás e azul escuro, sendo a azul escuro a representativa de áreas com menor velocidade. No entanto, na imagem gerada pelo IQD (Figura 3b) apesar de apresentar um início de deterioração próximo ao ponto 7, era esperada uma redução de velocidade mais centralizada assim como ocorre na imagem gerada pelo Du et al. com compensação de velocidades (Figura 3c). Já na imagem gerada pelo Du et al. sem compensação de velocidades temos apenas duas faixas de velocidade indicando que a deterioração ocorre em uma extensão maior.

Seguindo o mesmo raciocínio de interpretação para avaliação utilizando a matriz de confusão, foram obtidas as acurácias para todas as imagens (Tabela 1).

Tabela 1. Resultado das acurácias das imagens.

Disco	Tabela 1. Resultado das acurácias das imagens.					
	Campo			Laboratório		
	IQD (%)	Du et al.		IQD (%)	Du et al.	
com comp. (%)		sem comp. (%)	com comp. (%)		sem comp. (%)	
346 DAP	74	80	45	74	67	41
346 DAS	80	87	46	81	89	50
347 DAP	80	89	79	79	86	56
347 DAS	71	79	47	70	74	49
348 DAP	83	79	69	73	76	59
348 DAS	61	89	57	66	86	48
349 DAP	70	80	56	66	76	51
349 DAS	53	77	43	68	66	53
349 H	66	75	49	61	68	46
351 DAP	58	75	44	56	60	43
351 DAS	62	75	36	61	64	38
351 H	62	64	43	50	65	43
Média	68	79	51	67	73	48
Desvio Padrão	9,59	7,03	12,25	9,14	9,71	6,23
CV (%)	14,10	8,89	24,03	13,64	13,30	12,98

Analisando os resultados da Tabela 1, é possível observar que o sistema interpolador Du et al. com a compensação de velocidade apresentou melhores resultados nos ensaios de campo e nos ensaios de laboratório, sendo seguido pelo sistema IQD e pelo Du et al. sem compensação. Logo, o sistema de interpolação Du et al. com compensação das velocidades é o mais indicado, ou seja, apresenta menor interferência, apresentando, com maior precisão, a condição real da peça, e o Du et al. sem compensação é o menos indicado.

CONCLUSÃO

A partir da geração e da análise das imagens e dos resultados obtidos no projeto, é possível concluir que o sistema de interpolação que mais causa interferência, por conseguinte, gerando os piores resultados é o sistema Du et al. sem a compensação de velocidade, contrapondo o mesmo interpolador, com a compensação de velocidades, é o que apresentou os melhores resultados.

Com este projeto de Iniciação Científica houve um aprendizado muito grande em relação ao tema, pois foi necessário buscar e entender a literatura sobre o tema, além de participar de atividades que trabalhavam diretamente com o assunto, como a utilização do software Imagewood 3.1, em que foi preciso entender o funcionamento do programa, agregando ao conhecimento do tema. Outro aprendizado importante para todo o grupo de pesquisa, está relacionado à matriz de confusão, que foi utilizada pela primeira vez pelo grupo.

AGRADECIMENTOS

A elaboração deste projeto não seria possível sem o apoio de algumas pessoas.

Deste modo, agradeço:

À minha orientadora, Professora Doutora Cinthya Bertoldo Pedroso pela sua orientação.

À minha co-orientadora, Stella Stopa Assis Palma pela sua disponibilidade e compreensão.

À minha família pelo apoio.

À todos do Laboratório de Ensaaios Não Destrutivos pela ajuda na realização do projeto.

À UNICAMP pela oportunidade da realização deste projeto.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

Allison, R. B.; Wang, X. Nondestructive Testing in the Urban Forest. *USDA Forest Service, Forest Products Laboratory, General Technical Report, FPL-GTR-238*, Madison, Chapter 7, p. 77-86, 2015.

Bucur, V. Ultrasonic techniques for nondestructive testing of standing trees. *Ultrasonics*, v.43, pp.237-239, 2005.

Du, X.; Li, S.; Li G.; Feng, H.; Chen, S. Stress Wave tomography of wood internal defects using ellipse-based spatial interpolation and velocity compensation. *BioResources*, v.10, n.3, p. 3948-3962, 2015.

Palma S. S. A. *Reconhecimento de padrões em imagens geradas por ultrassom*. 2017. Dissertação (Mestrado em Construções Rurais e Ambientação) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP.

Strobel, J. R. A.; de Carvalho, M. A. G.; Gonçalves, R.; Pedroso, C. B.; dos Reis, M. N.; Martins, P. S. Quantitative image analysis of acoustic tomography in woods. *European Journal of Wood and Wood Products*, 1-11, 2018.