



INFLUÊNCIA DO TIPO DE OBTENÇÃO DE COORDENADA DE CONTORNOS DE DISCOS IRREGULARES NA OBTENÇÃO DE IMAGENS TOMOGRÁFICAS

José Victor G. Cardoso*, Raquel Gonçalves, Stella S. A. Palma

<https://youtu.be/1cZmwJSS-cU>

Resumo

Programas computacionais utilizados na geração das imagens tomográficas necessitam que sejam inseridas as coordenadas do contorno do fuste. No entanto, a morfologia irregular do fuste de muitas árvores urbanas utilizadas no Brasil gera um desafio significativo para a obtenção dessas coordenadas. Uma alternativa é o uso de técnicas que aproximem esse contorno para uma elipse. Contudo essa simplificação tem influência na dimensão da rota, que afeta a suas velocidades, as quais são utilizadas em interpolações para a geração da imagem tomográfica. Tendo em vista que os tempos de propagação das ondas são mensurados em microssegundos, erros no comprimento de percurso podem ser responsáveis por alterações importantes na velocidade de propagação e, portanto, na imagem gerada. Assim, o objetivo desta pesquisa foi verificar se a acurácia da imagem tomográfica é afetada pela simplificação de contornos irregulares. Para tanto, foram avaliadas 144 imagens tomográficas referentes a 12 discos de Sibipiruna (*Caesalpinia pluviosa*), tendo sido possível verificar que, considerando os 3 tipos de interpolador, a acurácia da imagem é reduzida em 16% devido a interferências causadas pela aproximação.

Palavras-chave: ultrassom, inspeção de árvores, contorno.

Introdução

Para a geração da tomografia é utilizada malha de medição denominada de difração (Divos & Slazai, 2002). Nessa malha são utilizados pontos de medição ao redor do disco de madeira ou da tora na árvore viva. Nesses pontos de medição são acoplados os transdutores que emitem e recebem o sinal de ultrassom, gerando as rotas de medição, nas quais há a propagação da onda. Com o comprimento das rotas e os tempos de propagação, se determinam as velocidades de propagação. Essas velocidades são utilizadas em software que permite a interpolação para que haja o preenchimento de toda a área sob inspeção. As faixas de velocidade obtidas são associadas a cores e, assim, a imagem tomográfica é gerada.

Tendo em vista que o tempo é mensurado em microssegundos, a reconstrução do contorno deve ser bastante precisa, caso contrário afetará a velocidade. Quando os ensaios são realizados em discos há métodos que permitem a obtenção precisa do contorno, mas quando o ensaio é realizado em árvores vivas se torna impossível obter a imagem da superfície ensaiada, sendo necessário utilizar técnicas capazes de reproduzir esse contorno.

Uma forma bastante simples de se obter o contorno de árvores irregulares é aproximando esse contorno à uma elipse, mensurando os diâmetros maior e menor da

seção ensaiada. Esse processo foi automatizado no grupo de pesquisa do LabEND por meio de uma pesquisa de iniciação científica. Por se tratar de aproximações em distâncias relativamente pequenas, as velocidades são afetadas, contudo não se sabe se essa interferência é significativa a ponto de modificar a acurácia da imagem gerada.

Objetivo

Esse projeto teve como objetivo avaliar influências resultantes do tipo de obtenção das coordenadas do contorno de troncos na geração de imagens tomográficas.

Materiais e Métodos

Foram utilizados dados de tomografia ultrassônica obtidos a partir de 5 árvores de Sibipiruna (*Cenostigma pluviosum*) localizadas na Universidade Estadual de Campinas, no entorno da Escola Livre de Música – ELM. Todas estavam com laudo de supressão emitidos pelo Departamento de Meio Ambiente da prefeitura do Campus, devido ao risco iminente de queda. Os ensaios foram realizados em campo, nas árvores em pé e em alturas distintas, a 30 cm do solo (DAS), a 120 cm do solo (DAP) e na primeira bifurcação (H), quando a mesma superava a altura do DAS, resultando 12 seções. Após o corte essas seções foram separadas em discos e ensaiadas novamente, totalizando ensaios com a malha de difração em 24 discos.

Para os ensaios de propagação de ondas foram utilizados o equipamento de ultrassom USLab, Agricef -Brasil, e transdutores exponenciais de 45 kHz. A execução do ensaio seguiu metodologia que utiliza a Malha de difração de 8 pontos.

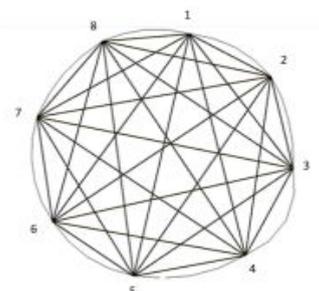


Figura 1. Malha de difração de 8 pontos.

O processo é iniciado com a demarcação de 8 pequenos furos equidistantes ao redor da seção a ser ensaiada (contorno). O transdutor emissor é acoplado no primeiro ponto e o receptor no segundo e o tempo de propagação nesta rota é obtido por meio do equipamento. Em seguida o transdutor receptor é acoplado no próximo ponto e novamente tomada a medida. Após tomadas as 7 leituras, o transdutor emissor é colocado no ponto seguinte e todo processo se repete. Este procedimento é repetido até que todas as 56 rotas sejam lidas.

Para gerar as imagens são necessárias duas planilhas, uma correspondente às coordenadas de pontos do contorno, e a outra correspondente a permutação desses pontos formando as rotas de medição, com os respectivos tempos de propagação obtidos pelo equipamento de ultrassom.

Os contornos das imagens foram reconstituídos de duas formas, uma utilizando a metodologia de referência e a outra com Software gerador de contornos regulares.

Metodologia de referência: A obtenção dos contornos foi realizada a partir de fotos da parte superior dos discos, tratadas uma a uma no *ImageJ*, onde sua escala em pixel foi transformada para centímetros utilizando como base a medida da rota que vai do ponto 1 ao 5. Em seguida os pontos de contorno foram marcados utilizando a ferramenta *multipoint*

(Figura 2a) deste software. Os pontos foram salvos em uma tabela do bloco de notas como coordenadas x e y.

Software Gerador de Contorno Regular (GCR): Nesse processo os pontos de contorno se aproximam de uma elipse (Figura 2b). O processo de geração é iniciado digitando na caixa de diálogo os diâmetros maior e menor mensurados no disco ou no tronco da árvore viva, o número de pontos e o sentido em que foi feito o ensaio (horário ou anti-horário). Em seguida o GCR gera uma planilha de rotas, na qual são inseridos os tempos de propagação da onda.



Figura 2. Obtenção do contorno pela metodologia de referência(a) e pelo Software gerador de contorno regular(b).

As imagens foram geradas utilizando o software *ImageWood 3.1*, desenvolvido pelo grupo de pesquisa junto a profissionais da área de desenvolvimento de software. Esse programa conta com dois interpoladores espaciais, o IQD (Inverso do Quadrado da Distância) e o proposto por Du et al (2015), que faz a interpolação a partir das elipses formadas em torno das rotas. Esse segundo método apresenta duas condições, uma com a compensação de velocidade de rotas, que visa minimizar a interferência de defeitos da casca nos resultados e o outro sem compensação.

Utilizamos 10 faixas de velocidades e cores, todas associadas com a velocidade máxima obtida no próprio disco: de 0% a 10% da $V_{m\acute{a}x}$ em vermelho, de 11% a 20% da $V_{m\acute{a}x}$ em laranja, de 21% a 30 % da $V_{m\acute{a}x}$ em amarelo, de 31% a 40 % da $V_{m\acute{a}x}$ em verde claro, de 41% a 50% da $V_{m\acute{a}x}$ em verde escuro, de 51% a 60% da $V_{m\acute{a}x}$ em azul claro, de 61% a 70% da $V_{m\acute{a}x}$ em azul escuro, de 71% a 80% da $V_{m\acute{a}x}$ em lilás, de 81 a 90% da $V_{m\acute{a}x}$ em roxo e de 91% a 100% em marrom.

Assim, utilizando os 24 conjuntos de dados (12 de campo e 12 de laboratório), com os três interpoladores foram geradas 144 imagens, sendo 72 correspondem as imagens com o contorno na metodologia de referência e 72 a imagens com o contorno gerado pelo gerador de contorno regular.

As imagens foram avaliadas considerando o conceito de matriz de confusão. Para isso utilizamos um grid de 10 x 10 dividindo a imagem em 100 quadrantes (Figura 3). Nesta avaliação considerou-se positiva a condição na qual a imagem tivesse a cor representativa da faixa de velocidade de acordo com a condição da madeira (sã, com podridões e com ocos). Assim foram considerando a imagem real e a imagem gerada (tomografia) classificamos as zonas de positivos e negativos gerando uma tabela de verdadeiro negativo (TN), verdadeiro positivo (TP), falso positivo (FP) e falso negativo (FN).

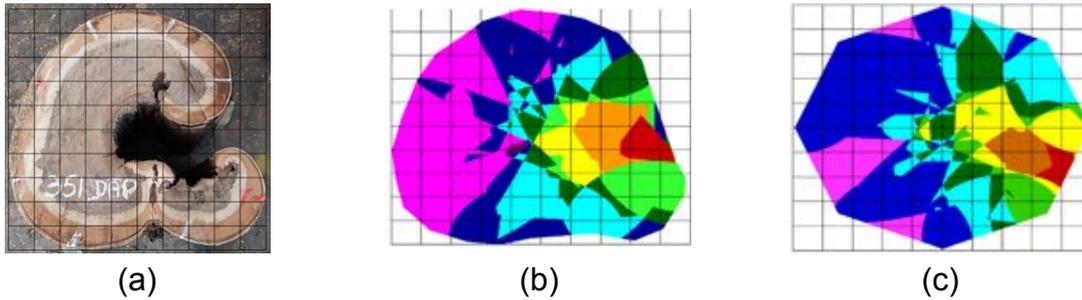


Figura 3. Imagem da parte superior do disco 351 DAP com o grid 10 x 10 (a) e imagens geradas pelo interpolador Du et al., 2015 com compensação de velocidades utilizando o contorno de referência (b) e utilizando o Gerador de Contorno Regular (c).

A métrica utilizada para medir o quanto cada modelo se parece com a imagem real foi a acurácia, descrita pela Equação 1.

$$Acurácia = \frac{TP+TN}{TP+TN+FP+FN} \quad \text{Equação 1}$$

Resultados e Discussão

Neste exemplo de imagens (Figura 4), verificamos na imagem do disco (Figura 4a), a presença de um oco grande, e é esperado que nas imagens geradas essa região seja representada por faixas nas cores que variam entre o vermelho, amarelo, laranja e verde claro. De modo geral é possível observar essa coloração nas imagens em regiões próximas ao que era esperado.

Nas imagens geradas pelo Du et al, 2015 com o uso do contorno de referência (Figura 4c e 4d), a região representada por essas cores citadas aparecem de forma bem delimitada. Em uma análise visual, é possível observar que além da interferência pelo contorno temos a interferência gerada pelo interpolador, estudada em trabalhos paralelos do grupo de pesquisa. Considerando esses efeitos as avaliações foram separadas por interpolador para uma avaliação mais detalhada.

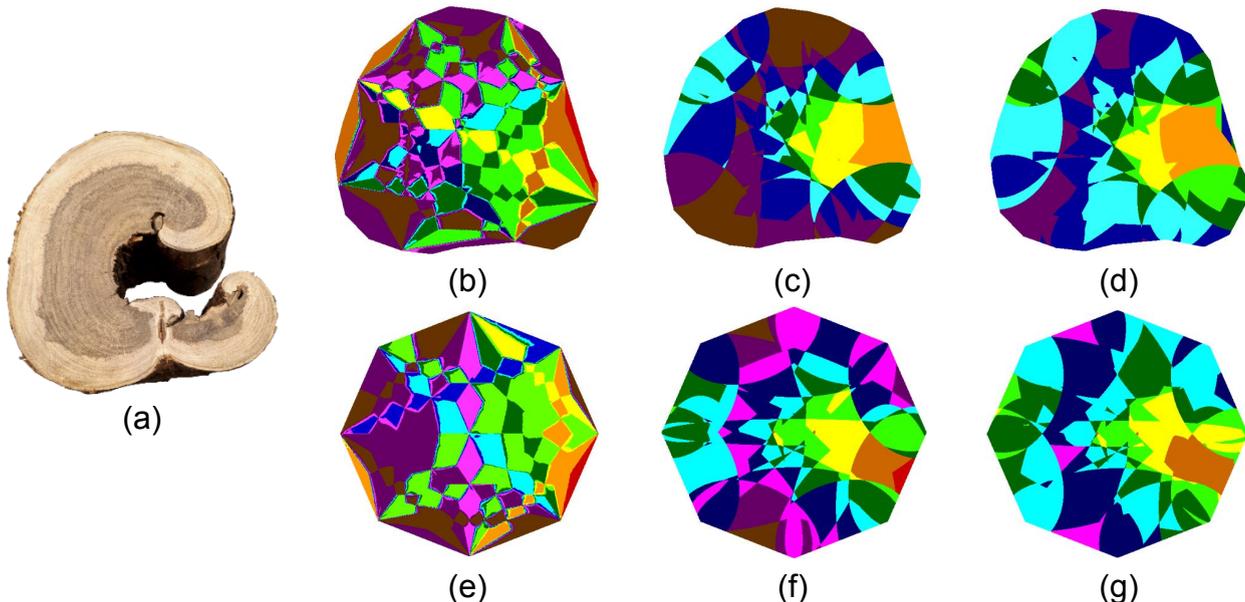


Figura 4. Exemplo de disco e imagens: Disco 351 DAP (a) e imagens geradas utilizando o contorno de referência com o interpolador IQD (b), Du et al., 2015 com compensação de velocidades (c), Du et al., 2015 sem compensação de velocidades (d) e com o Gerador de

Contorno Regular com o interpolador IQD (e), Du et al., 2015 com compensação de velocidades (f) e Du et al., 2015 sem compensação de velocidades (g).

O interpolador IQD apresentou uma acurácia 13% maior no contorno realizado na metodologia de referência. Contudo as acurácias são bem baixas (médias de 25% a 38%), isso ocorre devido a interferência em forma de cordões que ocorrem nas imagens (Figuras 4b e 4e).

Para o interpolador Du et al., com compensação de velocidades foram obtidas maiores acurácias (de 42% a 66%), tanto para o GCR, como para a metodologia de referência. Contudo foi verificado que as acurácias obtidas pela metodologia de referência superam em 18% a 22% a simplificada (GCR).

Para o interpolador Du et al., 2015, sem compensação de velocidades, as acurácias observadas são superiores (37% a 57%) às obtidas pelo IQD, porém inferiores as obtidas com o Du et al., 2015, com compensação de velocidades. Também foi possível observar diferenças de 13% a 16% devido ao contorno na metodologia de referência e com o uso do GCR.

É importante salientar que, apesar da redução da acurácia observada em imagens geradas com o contorno obtido pelo GCR, a detecção da existência de deteriorações e ocos não foi afetada, pois a distorção estava relacionada ao posicionamento das deteriorações, ou seja, em geral elas ainda eram captadas nas imagens, mas estavam deslocadas em relação às posições originais. Dessa forma o uso do contorno pelo GCR, apesar de falho no aspecto da acurácia, pode ser utilizado na inferência de deteriorações.

Conclusão

No geral, é possível inferir a ocorrência de deteriorações nas duas formas de obtenção de contorno. No entanto, há uma interferência na posição das deteriorações, reduzindo a acurácia da inspeção. É importante ressaltar que as acurácias obtidas diferem de acordo com o interpolador, sendo obtidos melhores resultados com a interpolação proposta por Du et al., 2015 com compensação de velocidades. Para todos os interpoladores a acurácia das imagens geradas pela metodologia de referência superam em média, cerca de 16% as geradas utilizando o Gerador de Contorno Regular.

Bibliografia

Divos, F.; Szalai, L. 2002. Tree evaluation by acoustic tomography. *In: Proceedings of the 13th International symposium on nondestructive testing of wood*, WI: Forest Products Society, August 19– 21; Berkeley, CA, p. 251–256, 2002

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.