

PREVISÃO DE ONDAS GERADAS POR VENTOS EM ÁGUAS INTERIORES ATRAVÉS DE SISTEMA AUTOMATIZADO E A INFLUÊNCIA DA VEGETAÇÃO AQUÁTICA PRESENTE

*Vinicius Souza Morais, vinicius.souza.morais@gmail.com¹
Geraldo de Freitas Maciel, maciel@dec.feis.unesp.br¹

¹Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho – UNESP – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Avenida Brasil, nº:56, CEP:15385000, Ilha Solteira, São Paulo, Brasil

Resumo. O presente trabalho trata-se da criação de um modelo automatizado para estimativa de altura de ondas, inicialmente geradas apenas por ventos em lagos de barragens, de pistas de vento (fetch), além de estudos da climatologia dos ventos a fim de determinar as maiores alturas de ondas e identificar pontos críticos, tanto para a segurança à navegação, quanto para as margens do reservatório. Tais lagos, objetivos deste trabalho, são em sua maioria dotados de vegetação aquática. Dentro dessa temática, uma busca por modelos capazes de explicar os mecanismos de dissipação de energia de ondas que se propagam sobre fundos vegetados foi realizado a fim de qualificar e quantificar o quanto as ondas geradas pelo vento reagem ao atravessar esses obstáculos naturais. Para os propósitos aqui expostos, um aplicativo computacional foi criado para a previsão de ondas e foi estruturado de forma que forneça resultados gráficos de forma automatizada com maior precisão e no menor tempo possível. Do ponto de vista da exequibilidade dos objetivos, e pela excessiva quantidade de operações exigidas, a adoção de uma linguagem computacional que disponha de uma variedade suficiente de recursos de manipulação de estruturas de dados genéricos (numéricos e alfanuméricos) aliada a uma imprescindível interface gráfica foi necessária. O software, fruto do presente estudo, batizado de OndisaCAD, trabalha dentro de ambientes CADs, AutoCAD da Autodesk, possibilitando assim a geração de ótimas interfaces e resultados gráficos. No que tange à dissipação de energia através da vegetação existente nos lagos, para modelar o aspecto dinâmico, foi empreendida uma analogia do comportamento dos organismos como vigas viscoelásticas engastadas em sua parte inferior, trazendo resultados satisfatórios no que diz respeito à movimentação da vegetação, frente a uma excitação provocada.

Palavras-chave: vento-onda, lagos de barragem, software computacional, organismos aquáticos, vigas viscoelásticas.

1. INTRODUÇÃO

Em reservatórios de usos múltiplos, com grande espelho d'água e que fazem parte de segmentos de hidrovias, há necessidade de metodologia de previsão e monitoramento de ondas geradas por ventos, para fins de segurança à navegação. Comprova-se a presença e a importância do fenômeno pelos acidentes já verificados na Hidrovia Tietê-Paraná (Ferreira (2000)) e pelo fato de algumas barragens possuírem obras de proteção. Ademais, encontram-se na WEB, relatórios de viagem de praticantes de pesca ou de navegação que reportam sobre condições de ventos e ondas severas que varrem sobre lagos de barragens. O lago de Ilha Solteira, no noroeste do estado de São Paulo – Brasil é um exemplo destes casos.

O artigo ora proposto trata, na primeira parte, do estudo da climatologia de ventos, estudo de pistas e determinação de ondas de forma automatizada. Esse trabalho está inserido num projeto maior que tem por meta determinar zonas críticas e abrigadas em lagos de barragens, visando implementar um sistema de alerta à navegação e subsidiar implantação de projetos de engenharia no entorno do lago, tais como atividades de piscicultura (tanques-redes) e controle de processos erosivos junto às margens.

O objetivo da segunda parte deste trabalho é investigar a dissipação da energia da onda quando esta se propaga por obstáculos naturais, como a vegetação e demais organismos aquáticos semelhantes, que habitam os fundos de corpos d'água. A imagem da Figura 1 ilustra tal situação.



Figura 1. Organismos aquáticos presentes nas margens do Lago de Ilha Solteira

Procurou-se avaliar o efeito da onda incidente sobre o organismo (aspecto dinâmico). Tal efeito é a dissipação de energia, avaliada em termos da redução da altura da onda, e investigado em termos da oscilação adquirida pelo organismo. Para modelar o aspecto dinâmico, foi empreendida uma analogia do comportamento dos organismos como sendo vigas viscoelásticas engastadas.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Na aplicação dos métodos de estimativa da altura de onda gerada por vento, uma importante etapa consiste na determinação do comprimento da pista ou *fetch*. A determinação das pistas de vento tem ficado a cargo de um método de base geométrica, o que exige excessiva quantidade de operações para se determinar a altura de ondas, a utilização de um aplicativo computacional que forneça resultados gráficos de forma automatizada, com a maior precisão e no menor tempo possível, é de suma importância. Daí a iniciativa de se criar um pacote de aplicativos automatizados destinados ao estudo de ventos e ondas em lagos interiores.

Assim sendo, procurou-se identificar possíveis linguagens de programação que pudessem ser utilizadas para escrever o código. O *LISP* foi então identificado como uma linguagem que atenderia aos objetivos prescritos, pois interage com softwares como o *AutoCad* e *InteliCad*, e ainda apresenta características de programação recursiva e manipulação de estruturas de dados genéricas.

O pacote de software desenvolvido (*OndisaCAD*), tratado neste artigo, é compatível com a maioria dos ambientes *CADs* disponíveis hoje no mercado, como por exemplo, o *AutoCAD* da *Autodesk*.

Uma das partes do presente trabalho tem como enfoque principal, tratar numericamente os efeitos não-lineares (não tratados em Vasco (2005)) decorrentes de deslocamentos e deformações expressivas de organismos vivos (plantas) engastados no fundo, quando submetidos à ação dinâmica de forças provocadas pelas ondas gravitacionais em águas restritas de lagos de barragens, e posteriormente analisar o quão a altura decai ao atravessar o campo.

Tal constatação deriva de observação experimental tanto sobre sítios reais (barragem de Ilha Solteira), quanto de experimentos realizados em canais de onda, a partir da observação da movimentação de materiais representativos da vegetação.

2.1. Mapa Geo-referenciado

Partindo de uma foto de satélite, o conjunto foi geo-referenciado. Essa digitalização é de extrema importância para que o mapa do contorno apresente uma boa precisão e, portanto o banco de dados gerado a partir deste mapa, também contenha informações confiáveis. A Figura 2 ilustra como fica o mapa geo-referenciado do lago de Ilha Solteira.



Figura 2. Mapa geo-referenciado do lago da UHE Ilha Solteira

A importância da determinação gráfica suficientemente precisa da margem do lago revelou a importância da base cartográfica sobre a qual ela seria extraída. A base pode ser um mapa, uma imagem de satélite ou qualquer outro elemento que permita a extração do contorno da margem. O sistema não exige que os mapas possuam um geo-referenciamento, mas é aconselhável tal procedimento quando porventura se decida testar algum dado in-loco.

2.2. Dados de Vento e Equipamentos

Os dados de vento que alimentam o sistema provêm de equipamentos adquiridos em 2000 pelo projeto ONDISA (Produção de ondas induzidas pelo vento no lago de Ilha Solteira), desenvolvido por professores da FEIS/UNESP (Trovati et al. (2001)). As medições de vento foram obtidas a partir de um anemômetro e transmitidos via rádio, ficando armazenados no laboratório de Hidráulica e Hidrometria da UNESP de Ilha Solteira.

Para corpos d'água interiores, lagos, baías e estuários, o U. S. Army Coastal Engineering Research Center (1973) recomenda a utilização de dados de ventos obtidos através de instrumentação, como anemômetros e anemógrafos, em mini-estações meteorológicas.

O anemômetro utilizado é da marca canadense Campbell, modelo CSAT3 ultra-sônico 3D, para comunicação de dados (Figura 3(b)), o projeto conta com uma estação remota composta de um data-logger modelo CR1000 e rádio-modem, antena unidirecional (Figura 3(c)), painel solar e bateria, alojados em caixa a prova de intempéries, rádio-modem alimentado por painel fotovoltaico e interface de computador para recebimento dos dados, todos fornecidos pela Campbell.

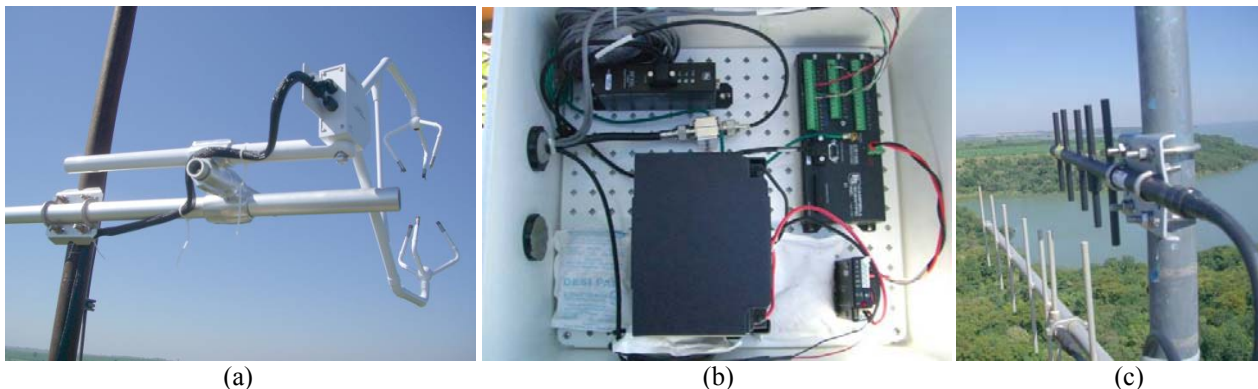


Figura 3. (a) Anemômetro, (b) Equipamentos de comunicação e (c) Antena unidirecional

Os equipamentos foram instalados na estrutura do Farol São Martinho, composto por uma torre metálica, estaiada, com 30 metros de altura, conforme Figura 4(a). A posição (20°20'.98S 51°18'.07W) é mostrada no mapa digitalizado do Lago de Ilha Solteira, Figura 4(b).



Figura 4. (a) Torre metálica do Farol São Martinho e (b) Posição do Farol e localização de pontos candidatos para a colocação de novos anemômetros

2.3. Modelos de Previsão de Ondas

O Shore Protection Manual (1973) apresenta formulações empíricas para a estimativa das ondas máximas geradas pela ação de ventos, a saber:

- A mais tradicional delas é denominada SGM, é separada em pista efetiva superior a 32 km (Equação 1) e pista efetiva inferior a 32 km (Equação 2).

$$H_{\max} = 0,4724 * (U * F)^{0,5} \quad (1)$$

$$H_{\max} = 0,4724 * (U * F)^{0,5} - 3,6942 * F^{0,25} + 8,2 \quad (2)$$

De acordo com Wolf (Equação 3):

$$H_{\max} = (0,0623 * U - 1,1653) * F^{0,5} \quad (3)$$

Já a proposta de Creager (Equação 4) resulta em:

$$H_{\max} = 2,6581 * (F^{0,37} * U^{0,48}) / C \quad (4)$$

onde: H_{\max} é a altura da onda (m); C constante Creager (3,41); U velocidade do vento (m/s); e F é a pista efetiva (km).

• Já modelo SMB (Sverdrup, Munk e Bretschneider) é um método muito empregado em função de sua simplicidade e eficiência. O método se baseou em campos de ventos regulares, isto é, constantes no tempo e no espaço.

Este método foi objeto de inúmeras revisões, de vários autores que propuseram modificações nos coeficientes que relacionam os parâmetros adimensionais. A versão do método aqui utilizado é a proposta pelo *United States Department of the Interior – Bureau of Reclamation* (Equações 5 e 6):

$$\frac{g * H_s}{U^2} = 0,283 * \tanh \left[0,0125 * \left(\frac{g * F}{U^2} \right)^{0,42} \right] \quad (5)$$

$$\frac{g * T_s}{2 * \pi * U} = 1,2 * \tanh \left[0,077 * \left(\frac{g * F}{U^2} \right)^{0,25} \right] \quad (6)$$

onde: H_s é a altura significativa de onda (m); e T_s é o período significativo da onda (s).

Outro método bastante empregado na a estimativa das ondas máximas geradas pela ação de ventos é o projeto JONSWAP (Joint North Sea Wave Project), que consistiu em uma série de levantamentos de dados de ventos e ondas realizados no Mar do Norte ao longo dos anos de 1968 e 1969, com o objetivo de melhor compreender o processo de formação das ondas pelo vento. A coleta de dados foi realizada ao longo de um trecho de 160 km a partir da costa a oeste da Dinamarca. Os resultados deste estudo foram utilizados para estabelecer fórmulas de previsão de altura significativa e período de ondas considerando uma velocidade de vento constante e incluindo as limitações de pista e de duração para desenvolvimento da onda.

O modelo desenvolvido pelo projeto JONSWAP parte do modelo de Pierson e Moskowitz (1964) que propuseram uma formulação para mar plenamente desenvolvido, considerando que a velocidade e a direção do vento permanecem constantes, e o que limita o desenvolvimento das ondas pode ser tanto o tamanho da pista, quanto à duração do vento.

2.4. Pacote e Funcionamento das Rotinas Computacionais

O software é composto por rotinas voltadas para tratamento de dados de ventos, estudo de comprimentos de pista e alturas de ondas. As pistas de vento são calculadas pelo clássico método de Saville (1954), que é realizada sobre uma malha cuja precisão é estabelecida previamente pelo usuário, malha está que tem a finalidade única de fornecer as coordenadas de finitos pontos contidos no domínio da região de estudo. Inicialmente o software solicita que o usuário forneça a direção da pista de vento a ser calculada e traça dezenove linhas auxiliares que vão do ponto em que se quer calcular a pista até a margem do lago, conforme Figura 5. O comprimento de cada pista de vento é obtido a partir da equação 7. De posse deste comprimento, a rotina classifica as pistas dentro de uma palheta de cores.

$$F = \frac{\sum_i x_i \cos \alpha_i}{\sum_i \cos \alpha_i} \quad (7)$$

onde: α_i é o ângulo entre as direções principais e secundárias; e x_i é o comprimento na direção secundária.

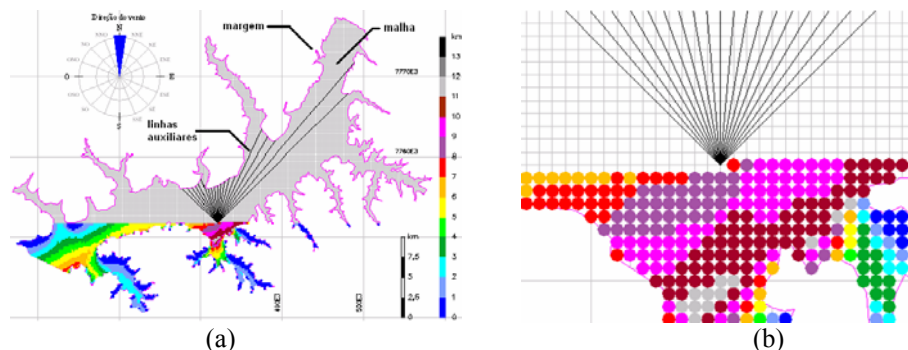


Figura 5. (a) Detalhe dos elementos gráficos envolvidos no programa e (b) Ampliação de 32X

O aplicativo que calcula a altura das ondas trabalha também de forma similar. Inicialmente o usuário fornece a direção do vento, intensidade e seleciona o método que o programa deve utilizar para realizar tal cálculo. Estão disponíveis, no software, os métodos JONSWAP, SMB, Wolf, Creager e SGM. O software também oferece a possibilidade de exportar o mapa gerado para o formato BMP ou WMF, não havendo a necessidade de ter o *AutoCAD* instalado.

2.5. Modelagem do Aspecto Dinâmico do Fundo Vegetado

Em se tratando da vegetação do fundo do lago, foi feita uma pesquisa em campo no intuito de saber quais tipos de vegetais estão comumente presentes em lagos, neste caso, a barragem de Ilha Solteira, sendo constatado que há uma grande concentração de vegetação do tipo *Braquiárias subquadríparas* (detalhada na Figura 1).

Na modelagem computacional, os organismos vivos presentes no fundo do reservatório são tratados como sendo vigas viscoelásticas engastadas na extremidade inferior, e uma vez caracterizado do ponto de vista biomecânico (módulo elástico, módulo viscoso, comprimento, diâmetro, etc), pretende-se determinar os deslocamentos y e as taxas de deformação dy/dx , devido à ação de diversas forças $p(x,t)$.

No que diz respeito à movimentação da vegetação, esta é tratada sob o aspecto dinâmico, onde o carregamento externo será dado pela força (fazendo uma analogia à onda) de arraste da onda que se propaga sobre a vegetação, e posteriormente com o auxílio do ondógrafo direcional (semelhante ao da Figura 6), será tratado o aspecto energético, dado pelo cômputo de energia debitada da onda para movimentar a planta a partir da medida de ondas a montante do campo vegetado, dentro e a jusante do mesmo.



Figura 6. Modelos de Ondógrafos direcionais

A metodologia pretendida à execução deste trabalho vai basear-se na melhor adequação de esquemas numéricos vis-à-vis da não linearidade presente na equação motriz (tratadas internamente pelo programa). Para considerar a não-linearidade dinâmica da vegetação, abandona-se a restrição de pequenas deformações na equação de Euler-Bernoulli e trabalha-se com a equação da curvatura em sua forma completa. A calibração será atendida quando a movimentação da vegetação produzida pelo modelo for semelhante e conferir ordens de grandeza dos valores observados nos experimentos de campo.

3. RESULTADOS

3.1. Resultados de Caso no Lago de Ilha Solteira

O início dos estudos climatológicos no lago de Ilha Solteira tomou impulso com a criação do projeto ONDISA, entre os anos de 2000 e 2001. Durante este período foram monitorados simultaneamente os ventos (Farol São Martinho) e a geração de ondas (ponte rodoferroviária) no lago, conforme Figura 4. O sistema hoje se encontra em operação e o projeto ONDISA está na sua terceira fase. O objetivo inicial do ONDISA era fornecer informações para apoio e segurança da navegação através de um sistema de previsão em tempo real de alerta aos comboios de barcas sobre situações adversas à navegação.

3.1.1. Etapas da Simulação Numérica

A seguir encontram-se as etapas a serem seguidas para a simulação, lembrando que neste caso a simulação foi feita nas dependências desta unidade e para o lago do reservatório de Ilha Solteira, mas pode ser estendida, com pequenos ajustes, para qualquer lugar e utilizando qualquer lago.

i - Os anemômetros fazem a medição da velocidade e direção dos ventos; ii - Por telemetria os dados são enviados para uma base instalada no laboratório da FEIS/UNESP; iii - No laboratório os dados são recebidos, lidos e processados e iv - O software *OndisaCAD* pode ser acionado pelo usuário para produzir rosa de ventos, mapas de pistas, mapas de ondas e diagramas de alturas de ondas ou comprimento de pistas, tudo em tempo real, sendo necessária apenas a introdução prévia do contorno do lago.

3.1.2. Estudo de Validação do Aplicativo Desenvolvido para o Lago de Ilha Solteira

O estudo de caso tratado neste artigo infere sobre ondas geradas no lago de Ilha Solteira, a partir do banco de dados de ventos medidos no ano de 2003, dentro do projeto ONDISA.

A maior intensidade do vento atingiu o lago pela direção NE, teve um valor registrado de 19,0 km/h. Um coeficiente de correção foi adotado neste caso de 1,19, então o valor da velocidade corrigida passou a ser 22,6 km/h ou 6,3 m/s.

3.1.3. Pistas de Vento e Mapas de Ondas no Lago de Ilha Solteira

O comprimento das maiores pistas de vento no lago de Ilha Solteira, para todas as direções, pôde ser obtido de duas maneiras diferentes: a primeira é o usuário visualizar, nos mapas, comprimentos de pistas de vento e, a segunda, é fazer uma análise dos arquivos de banco de dados que contêm as coordenadas e os comprimentos das pistas dos pontos contidos no interior do lago. A Figura 7(a) ilustra o mapa de pistas de vento na direção NNO e a Figura 7(b) mostra o mapa gerado pelo vento dominante em Ilha Solteira (direção NNO) com a velocidade de 5,1m/s, calculado através do método JONSWAP.

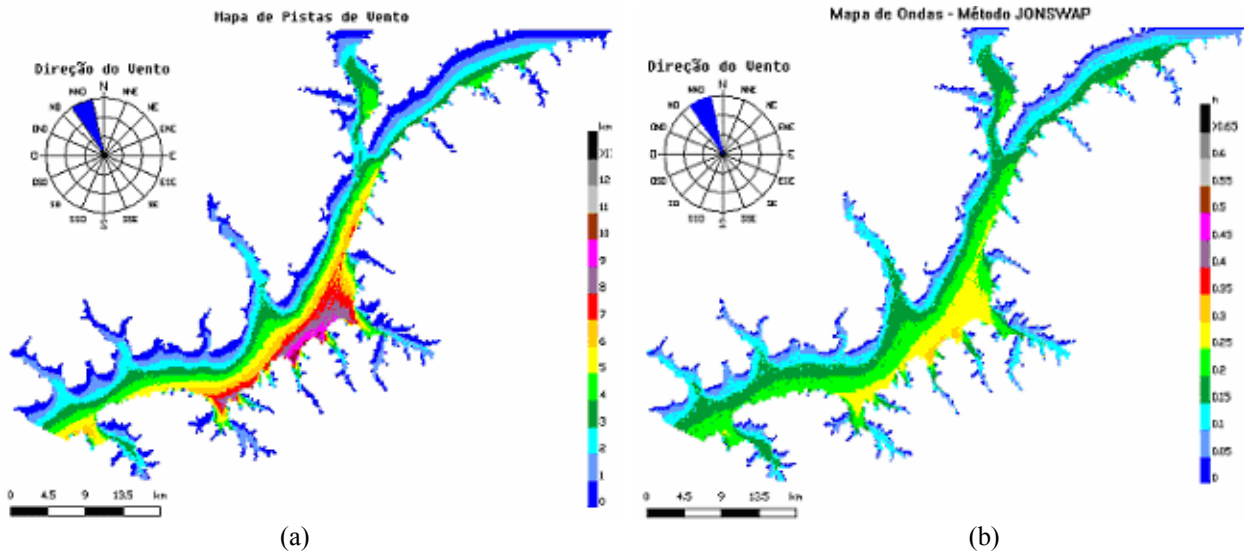


Figura 7. (a) Mapa de pistas de vento e (b) Mapa de ondas no lago de Ilha Solteira para a direção NNO

3.2. Resultados da Modelagem do Fundo Vegetado

O organismo selecionado para os estudos possui características de um organismo rígido, similares a de um coral: Comprimento do corpo (L) = 0,7m; Diâmetro do corpo (d) = 0,006m; Módulo Elástico (E_s) = 5×10^{10} N/m²; Módulo Viscoso (E_{visc}) = 1×10^7 N/m²s e Massa Específica (ρ_K) = 2820 kg/m³. Essas características dos organismos vegetais foram valores adotados como referência.

Todos estes valores (e outros) foram captados após testes e inseridos no programa, no intuito de fazer a analogia de uma viga viscoelástica engastada no fundo, o *Layout* da viga, com todas as características já inseridas no programa (inclusive a força), pode ser visto na Figura 8 por diferentes ângulos.

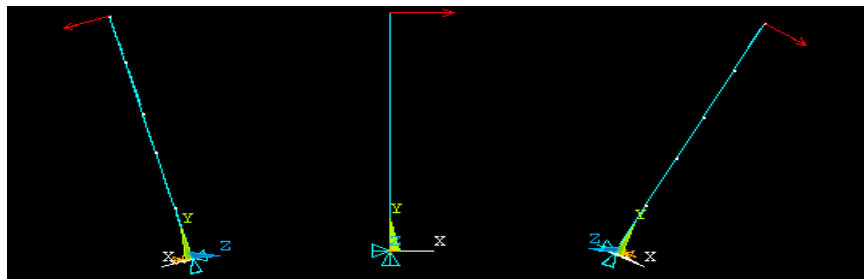


Figura 8. Layout da viga apresentada pelo programa em diferentes ângulos

Fora os dados que caracterizam a viga, existe também todo um estudo encima do programa, na inserção de valores e modelagem propriamente ditos, como é o caso da escolha de uma malha adequada (neste caso 100 divisões no corpo da viga trazem excelentes resultados em um bom tempo de processamento).

Para a análise dinâmica do organismo estudado, escolhe-se como força excitadora um pulso semi-senoidal, com duração de 0,05s e intensidade máxima unitária ($f = F \text{ sen } \omega t$, onde $\omega = \pi/0,05$, $F = 1$ para $0 \leq t \leq 0,05$ e $F = 0$ para $t > 0,05$). Será avaliado, portanto, o comportamento dinâmico do organismo, frente a um caso de esforços transientes, verificando o efeito de parâmetros físicos na estratégia de sobrevivência do organismo.

Observa-se inicialmente o comportamento dinâmico do nó superior do organismo similar a um coral frente à variação do seu diâmetro. A variação do diâmetro acarreta a alteração da inércia e força restauradora. A inércia depende do diâmetro em termos de d^2 , enquanto que a força restauradora é mais afetada: d^4 . Pode-se notar pela Figura 9 que com o aumento do diâmetro, maior é a inércia do organismo, portanto maior é o esforço externo necessário para deslocá-lo. A força restauradora reflete a evolução do deslocamento com o tempo. Quanto menor o diâmetro, menor a força restauradora, ou seja, leva-se um tempo maior para o organismo atingir o estado de repouso e conseqüentemente, as amplitudes de oscilação com o tempo são maiores.

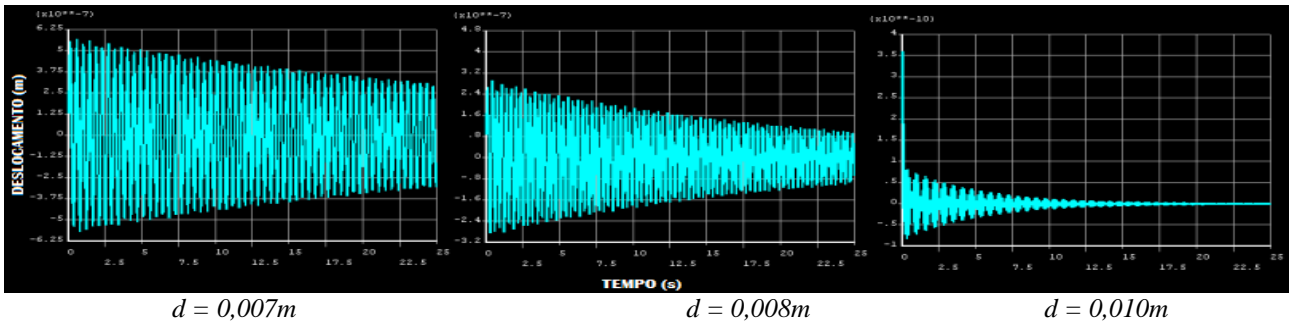


Figura 9. Comportamento dinâmico, segundo a variação do diâmetro d

A Figura 10 analisa o efeito da variação da massa específica do organismo. Pode-se concluir através da imagem que quanto maior a massa específica do corpo, maior é o tempo gasto para atingir o equilíbrio estático.

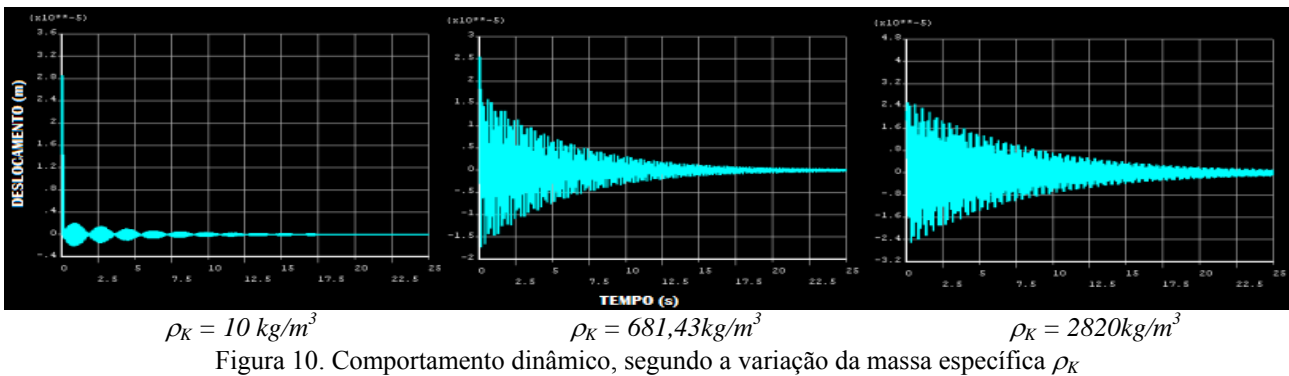


Figura 10. Comportamento dinâmico, segundo a variação da massa específica ρ_K

Pode-se observar na Figura 11 o efeito na dinâmica do organismo com a variação no módulo à flexão (E_s). O módulo à flexão está diretamente relacionado à força restauradora, portanto as amplitudes de oscilação das simulações com maiores valores de E_s são menores, e o tempo para o organismo atingir o equilíbrio também é menor. Em outras palavras, um organismo com alto valor de E_s (organismo rígido) experimenta baixas deformações totais (y_x), enquanto que um organismo com baixo valor de E_s (organismo frágil) apresenta altas deformações.

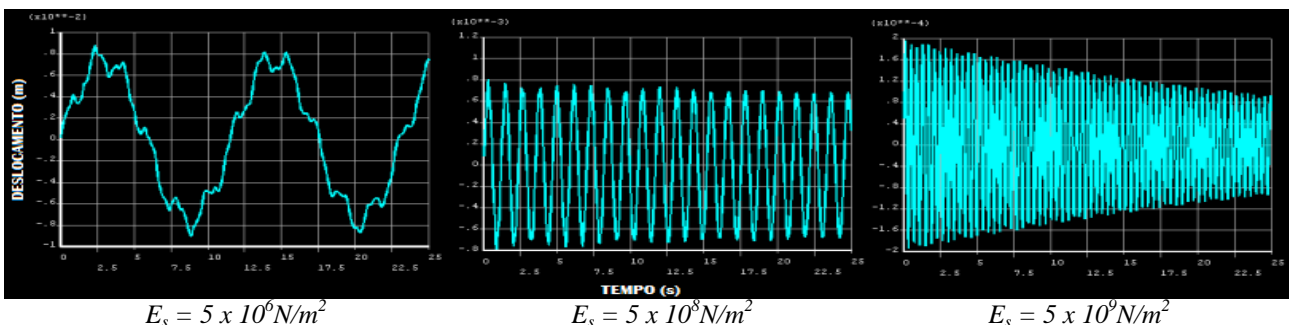


Figura 11. Comportamento dinâmico, segundo a variação do módulo à flexão E_s do organismo simulado

Com base nessas análises, aspecto dinâmico, fica evidenciado o efeito e necessidade de controle natural, por parte dos organismos vivos, da inércia, força restauradora e outros como estratégias de sobrevivência em ambientes sujeitos à esforços hidrodinâmicos instantâneos intensos. Como é o caso de vegetação sujeito às ondas provindas dos ventos em reservatórios de usos múltiplos.

De modo a ilustrar o comportamento do organismo aquático simulado com o tempo, mostra-se na Figura 12, vários instantes em que a posição do organismo é capturada para um pulso senoidal.

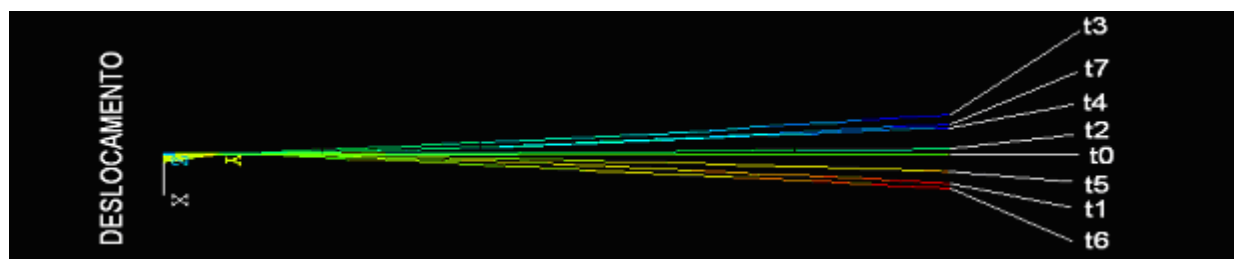


Figura 12. Evolução no deslocamento do organismo com o tempo ($t_0 < t_1 < t_2 < \dots < t_7$) para um pulso senoidal

Cogita-se que em águas rasas, a teoria de pequenas amplitudes (linear) perca a validade, o que resulta na consideração de uma teoria não-linear acoplada a um modelo dinâmico do organismo estudado. Neste caso, acredita-se que a teoria de pequenos deslocamentos da dinâmica da viga viscoelástica também não seja mais verificada, tornando o problema totalmente não-linear, caso tratado neste estudo.

4. CONCLUSÕES

Os processos e estudos anteriores a este utilizados para a determinação das maiores pistas contavam principalmente com o bom-senso e a experiência, já que estas pistas eram identificadas visualmente, nos mapas dos lagos ou mesmo in-loco, e posteriormente calculadas por processos gráficos (se o método utilizado para o cálculo fosse o método de Saville). Os cálculos das alturas de ondas também se tornavam imprecisos, tanto por uma de suas variáveis ser a pista que já vinha com um erro embutido em seu cálculo, e também pela falta de um sistema geo-referenciado.

O software *OndisaCAD*, pela simplicidade de manuseio e pela grande rapidez no processamento, mostrou-se uma ferramenta útil para estudos de climatologia de vento e regime de ondas em lagos interiores e, por conseguinte, no auxílio de desenvolvimento de modelos hidrodinâmicos.

Em se tratando da modelagem do fundo vegetado, a análise dinâmica demonstrou que o modelo concebido pôde de um modo geral, representar os deslocamentos de uma viga viscoelástica, que simulava um organismo frágil. Embora essa simulação não tenha sido ideal, visto os vários dados imprecisos inseridos, foi capaz de mostrar que o modelo desenvolvido pode atuar como uma ferramenta auxiliar, quando a quantificação da dinâmica dos organismos frágeis for necessária.

Do ponto de vista numérico, pôde-se comprovar a influência de diversos termos (diâmetro do corpo, módulo elástico e massa específica) no deslocamento do organismo simulado. Tal organismo selecionado para os testes possuía características de um organismo rígido, similares a de um coral: $E_s = 5 \times 10^{10} \text{N/m}^2$, $\rho_K = 2820 \text{kg/m}^3$. Foram observadas principalmente alterações nos termos de inércia, força restauradora e o tempo em que o organismo (viga) demora em se recuperar da perturbação inserida.

Frete aos resultados apresentados, a proposição de um modelo baseado no estudo de movimentação de organismos aquáticos mostrou-se razoável pela sua versatilidade e tempo computacional pequeno (da ordem de minutos). Concordando muito bem com modelos teóricos e propostos, como é o caso de Vasco (2005), mostrando a evolução do modelo conceitual proposto no que tange à representação ao aspecto dinâmico desses organismos aquáticos. O maior inconveniente é a necessidade de resultados de calibração prévio, que é uma etapa importante do processo de previsão por parte do modelo conceitual desenvolvido.

5. AGRADECIMENTOS

Ao orientador Geraldo de Freitas Maciel, aos doutorandos Joel Roberto Guimarães Vasco e Flávio Sato, ao graduando Caio Nilo Marcon, aos técnicos Evandro e Willian e à minha Família em geral, todos pela dedicação, amizade, companheirismo, ensinamentos e esclarecimentos técnico-científicos.

6. REFERÊNCIAS

- Ferreira, A. Nunes, 2000, “Estudo de Acidentes na Hidrovia Tietê-Paraná: Aspectos Preventivos”, Dissertação de mestrado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo.
- Pierson, W. J. e Moskowitz, L., 1964, “A Proposed spectral form for fully developed wind seas”, *J. Geophys Research*, 5181-5190.
- Saville, T. et al., 1954, “The effect of fetch width on wave generation”, *Journal Technical Memorandum*, n. 70.
- Trovati, L. R., Dall’Aglia Sobrinho, M. e Maciel, G.F., 2001, “Produção de ondas induzidas pelo vento no lago de Ilha Solteira”, Relatório Final de Pesquisa FAPESP. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista.
- U.S. Army Coastal Engineering Research Center, 1973, *Shore Protection Manual*, Third Edition, Volumes 1. Washington, D.C.: Department of the Army Corps of Engineers, 1973.
- Vasco, J. R.G., 2005, “Modelo Conceitual de Dissipação da Energia da Onda que se Propaga por Fundos Vegetados”, Dissertação de mestrado. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista.