

SIPPRO 2.0 - SOFTWARE DE PÓS-PROCESSAMENTO PARA SIMULAÇÃO NUMÉRICA DE CONVERSORES DE ENERGIA DAS ONDAS DO MAR EM ENERGIA ELÉTRICA

Beatriz Leandro Bonafini¹
Mateus das Neves Gomes²

Resumo

É crescente a busca por novas fontes de energia, nesse âmbito, a energia dos oceanos tem merecido destaque, em especial a energia das ondas do mar. Existem diversas tecnologias que convertem energia das ondas do mar em energia elétrica. Algumas metodologias computacionais têm sido empregadas no desenvolvimento de projetos de dispositivos capazes de converterem a energia das ondas do mar em energia elétrica. Dentro deste paradigma, o trabalho proposto visa desenvolver uma nova versão do software SIPPRO-Software de Pós-Processamento para Simulações Numéricas de Conversores de Energia das Ondas do Mar em Energia Elétrica, cujo princípio de funcionamento é o de Coluna de Água Oscilante (CAO). Em análise de problemas de engenharia três tipos de abordagem são possíveis: os métodos analíticos, métodos numéricos e os métodos experimentais. Para esse estudo são utilizados os métodos numéricos. A modelagem do domínio computacional é feita no software GAMBIT[®] e as simulações numéricas são realizadas com um código computacional implementado no software de dinâmica dos fluidos computacional FLUENT[®] que é baseado no Método de Volumes Finitos. O modelo multifásico Volume of Fluid (VOF) é aplicado no tratamento da interação água-ar. Os resultados, dados das simulações numéricas, são armazenados em formato de texto. Na primeira versão o SIPPRO calculava a média Root Mean Square (RMS) da vazão mássica na chaminé do dispositivo, da pressão no interior da câmara CAO e da potência hidropneumática, armazenando os resultados em arquivos no formato PDF. Na versão SIPPRO 2.0 foi implementado o cálculo do fator de amplificação, da energia e da eficiência, além de gerar gráfico e planilhas eletrônicas. Desta forma, destacam-se três principais vantagens do SIPPRO 2.0: pós-processamento detalhado, agilidade na análise dos dados e menor suscetibilidade a erros.

^{1,2} Instituto Federal do Paraná
e-mail: beatriz.info2010@gmail.com,
mateus.gomes@ifpr.edu.br

Palavras-Chave Energia das ondas, pós-processamento, simulação numérica.

INTRODUÇÃO

No âmbito das discussões sobre a questão energética, aprofundada pelo cenário internacional de escassez do petróleo e pelas mudanças no clima, ocasionadas pela queima de combustíveis fósseis, surgem pesquisas e estudos técnicos, econômicos e de impacto socioeconômico e ambientais de empreendimentos de fontes de energia renováveis voltados para o desenvolvimento de alternativas na conversão de energia. (PACHECO, 2006).

O mundo precisa de energia limpa e com um baixo custo que permita o crescimento econômico sem prejudicar o meio ambiente. Nesta busca por fontes alternativas, o Brasil apresenta um diferencial em relação aos outros países, pois sua biodiversidade permite a conversão de energia de diferentes formas. Fontes de energias renováveis devem ser utilizadas de forma sustentável, tendo o mínimo impacto possível no meio ambiente. O desenvolvimento tecnológico tem permitido que, aos poucos, estas fontes de energia possam ser aproveitadas quer como combustíveis quer na produção de calor e eletricidade (PACHECO, 2006).

Uma alternativa é a energia das ondas do mar. Para Cruz e Sarmento (2004) a exploração da reserva energética das ondas representa um domínio de inovação, onde muito ainda está por fazer. E para Gomes (2014) existem diferentes soluções capazes de converter a energia das ondas. O conhecimento de como ocorre a conversão da energia das ondas do mar em energia elétrica é fundamental para que tal tecnologia possa ser utilizada de forma plena e sustentável, Gomes (2014) acrescenta que umas das formas de desenvolver conhecimento é através da simulação numérica – metodologia que possibilita estudar os dispositivos de conversão de energia das ondas com detalhes, com baixo custo e com pouco tempo, de modo que estes possam ser corretamente construídos.

A modelagem do domínio computacional e a discretização são feitas no software GAMBIT® e as simulações numéricas são realizadas com um código computacional implementado no software de dinâmica dos fluidos computacional FLUENT®, baseado no Método de Volumes Finitos. O modelo multifásico *Volume of Fluid* (VOF) é aplicado no tratamento da interação água-ar. Os resultados das simulações numéricas são armazenados em formato de texto.

O processamento da simulação numérica de dispositivos conversores da energia das ondas do mar em energia elétrica geram resultados que são armazenados em arquivos do tipo texto. A etapa de pós-processamento era realizada de forma manual com a inserção dos dados em planilhas eletrônicas. Com isso foi desenvolvido o software SIPPRO para automatizar o processo. Ao longo de sua utilização as análises de pós-processamento ficaram mais detalhadas, sendo necessária a implementação de novas funcionalidades. O objetivo do presente trabalho é apresentar o que foi atualizado ao SIPPRO em sua nova versão 2.0.

METODOLOGIA

Características das Ondas

Para Hallyday *et. al* (2002) a palavra onda sugere uma distribuição ampla de energia. Existem três tipos de ondas: as mecânicas, as eletromagnéticas e as ondas materiais. As ondas oceânicas (classificadas como mecânicas) são propagadas na interface entre a água do mar e o ar. São formadas pela superposição de diferentes ondas, justificando seu comportamento aleatório e de difícil representação matemática (CHAKRABARTI, 2005). Mesmo não transportando matéria, ela propaga energia, e assim visa-se a transformação dessa energia em energia elétrica.

A descrição do comportamento de ondas pode ser classificada de acordo com a teoria das ondas regulares e irregulares. Nesse estudo utilizam-se ondas regulares que apresentam comportamento bem definido e constante a cada período de tempo ou espaço. As principais características das ondas regulares são: profundidade (h - distância do fundo do mar até o nível médio da água); crista (ponto mais alto atingido pela superfície livre da água comparado com o plano do nível médio da água); cava (distância entre a crista e a superfície livre da água ou a distância entre o cavado e a superfície livre); amplitude (distância entre a crista e a superfície livre da água ou a distância entre o cavado e a superfície livre); altura (distância entre as cristas e cavas sucessivas); comprimento (λ - é a distância entre duas cristas ou duas cavas); período (tempo necessário para a forma da onda percorrer um ciclo completo, no caso um comprimento de onda).

Dispositivos Coluna de Água Oscilante (CAO) e Simulação Numérica

Os dispositivos de Coluna de Água Oscilante (CAO) são estruturas de concreto ocas, parcialmente submersas e abertas para o mar abaixo da superfície livre da água como mostra a Fig. 1. De acordo com Cruz e Sarmento (2004), o processo de transformação da energia das ondas do mar em energia elétrica segue duas fases: quando uma onda entra na estrutura, o ar que se encontrava dentro dela é forçado a passar por uma turbina como consequência direta do aumento de pressão na "câmara de ar". Quando a onda regressa ao mar, o ar passa novamente na turbina, desta vez no sentido inverso, dada a pressão inferior no interior da "câmara de ar". Para aproveitar estes movimentos opostos, normalmente, utiliza-se a turbina do tipo *Wells*, que possui a propriedade de manter o sentido de rotação independentemente do sentido do escoamento. O grupo turbina/gerador é o responsável pela produção de energia elétrica (CRUZ E SARMENTO, 2004).

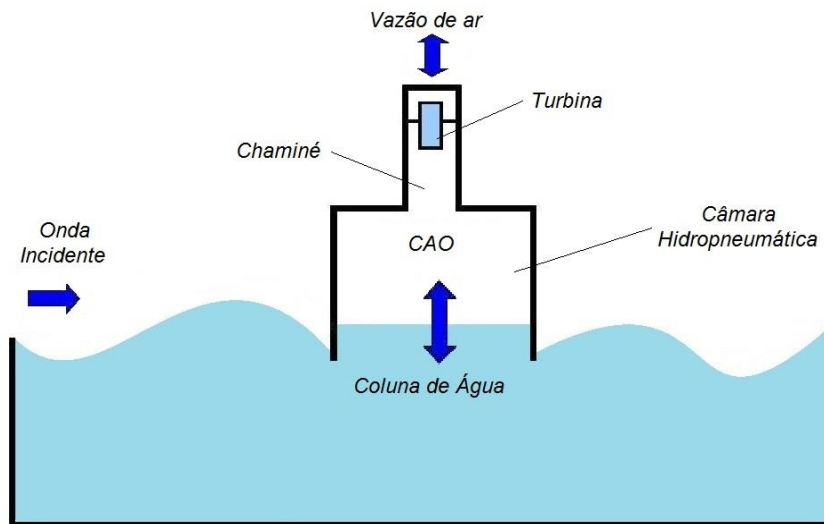


Figura 1. Esquema de funcionamento de um dispositivo CAO.

Existem diferentes abordagens numéricas para este tipo de problema. Neste trabalho a modelagem do domínio computacional é feita no software GAMBIT[®]. Utilizando esse sistema de transformação de energia das ondas em energia elétrica, as simulações numéricas são realizadas com um código computacional implementado no aplicativo de dinâmica dos fluidos computacional FLUENT[®], baseado no Método de Volumes Finitos. O modelo multifásico *Volume of Fluid* (VOF) é aplicado no tratamento da interação água-ar. A simulação retorna dados brutos, a partir de tais dados se inicia a etapa de pós-processamento, na qual será realizada a análise dos dados, o cálculo de certas medidas, como: a vazão mássica, potência, eficiência, fator de amplificação, potencial incidente, entre outros. Detalhes sobre a metodologia de modelagem computacional podem ser obtidos em Gomes (2014).

Software SIPPRO 2.0

O pós-processamento dos dados da simulação numérica demandava certo trabalho, pois era realizado manualmente em planilhas eletrônicas. A fim de automatizar o processo, foi desenvolvido o SIPPRO, com o objetivo de diminuir o tempo de tarefa e reduzir riscos em erro de cálculo e processamento de dados. O sistema recebia os dados advindos do software FLUENT[®] na forma de documentos do tipo texto e utilizava-se de fórmulas pré-designadas para o processamento de tais dados. Ele calculava as variáveis: vazão mássica, pressão e potência. A saída desses dados processados se dava em documento PDF e também na interface do próprio programa.

Ao longo da utilização do SIPPRO apareceram algumas necessidades, bem como o cálculo de novas variáveis e funcionalidades, como o fator de amplificação, energia, eficiência, potência incidente, geração de gráficos com os dados advindos do FLUENT[®] e exportação de planilhas. Com tal proposta foram acrescentados a ele o cálculo das variáveis que possibilitaram melhor análise no estudo numérico. Na implementação do software foi utilizado o ambiente de desenvolvimento para aplicativos em JAVA, o Netbeans, bem como bibliotecas e plugins para a realização de cálculos matemáticos de maior complexidade com a finalidade de gerar planilhas eletrônicas e gráficos.

RESULTADOS

Na Fig 2 é representado o esquema de funcionamento do SIPPRO 2.0. Na etapa 1 o usuário entra com os dados no sistema, setando o padrão que será utilizado no pós-processamento. A etapa 2 solicita que o usuário aponte o diretório onde estão salvos os arquivos gerados pelo FLUENT na simulação numérica. A etapa 3 lê, calcula e apresenta ao usuário as variáveis de interesse. Na etapa 4 é gerado o gráfico com os dados lidos e processados pelo SIPPRO 2.0. Na etapa 5 há a exportação dos resultados para uma planilha eletrônica.

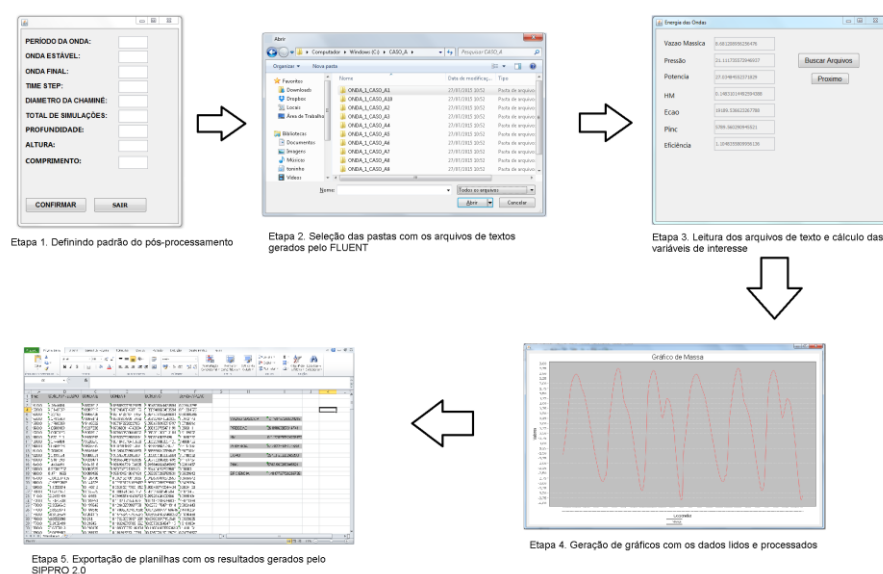


Figura 2. Fluxograma de funcionamento do SIPPRO 2.0

CONCLUSÃO

Na crescente busca por novas fontes de energia, a energia contida nas ondas do mar tem merecido destaque. O estudo sobre a conversão de energia das ondas em dispositivos do tipo CAO tem-se aprofundado e, a fim de propiciar a sua otimização, métodos numéricos são empregados para análise.

Após a utilização de dois softwares, GAMBIT® (faz a modelagem do domínio computacional) e FLUENT® (dá processo a simulação baseado no Método dos Modelos Finitos) é feito um pós-processamento com os dados gerados na simulação numérica. Para otimização do pós-processamento foi criado um software – SIPPRO que calculava a média RMS da vazão mássica na chaminé do dispositivo, a pressão no interior da câmara e a potência hidropneumática, armazenando os resultados em arquivos no formato PDF. Ao longo da utilização do software houve a necessidade do cálculo de mais variáveis e o acréscimo de mais funcionalidades. Assim o SIPPRO 2.0, além de maior agilidade e com menor suscetibilidade a erros, calcula o fator de amplificação, a eficiência da CAO, o potencial incidente e a eficiência do dispositivo. Os resultados se mostraram satisfatórios, pois corresponderam às expectativas do projeto.

REFERÊNCIAS

- CHAKRABARTI, S. K. **Handbook of offshore engineering**. Vol. 1, Elsevier, Illinois, Estados Unidos, 2005.
- CRUZ, J. M. B. P., SARMENTO, A. J. N. A., **Energia das Ondas: Introdução aos Aspectos Tecnológicos, Económicos e Ambientais**, Ed. Instituto do Ambiente, Amadora, Portugal, 2004.

GOMES, M. das N., **Constructal Design de Dispositivos Conversores de Energia das Ondas do Mar em Energia Elétrica** (Tese de Doutorado), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil, 2014.

HALLIDAY, D., RESNICK, R., WALKER J., **Fundamentos da física – Gravitação, Ondas e Termodinâmica**, 6. Ed., vol.2, LTC – Livros Técnicos e Científicos, Rio de Janeiro, 2002.

PACHECO, F. **Energias Renováveis, Breves Conceitos. Conjuntura e Planejamento**, SEI, Salvador, BA, Brasil, 2006.

RODRIGUES, E. F. A., SILVA, I. S. M. V. **SIPPRO** Instituto Federal do Paraná, Campus Paranaguá, PR, Brasil, 2013.