



DEVELOPMENT OF A SIMPLIFIED PROTOTYPE FOR WAVE GENERATION USING ARDUINO

Lucas Gouveia Omena Lopes

Adriano da Silva Rocha

Heleno Pontes Bezerra Neto

Romildo dos Santos Escarpini Filho

lucasomena9@gmail.com

adrianosrocha1@gmail.com

helenopontes@lccv.ufal.br

romildo@lccv.ufal.br

Universidade Federal de Alagoas

Av. Lourival Melo Mota, S/N - Tabuleiro do Martins, 57072-900, Maceió - AL, Brasil

Abstract. *This paper focus in the development of a simplified prototype for wave generation using Arduino. Small-scale experiments, such as Test Tanks, are widely used to predict the behavior of an oil platform in offshore operating environments. They simulate the wave conditions, currents and record the response of the models. These experimental environments are the result of large investments and require large areas for their installation. In virtue of these characteristics, it is difficult to set up and operate a test tank for academic purposes. In this context, the objective of the present paper is the development of a simplified model of an experimental environment composed of a wave generator, a response pickup sensor and an energy dissipation mechanism, using the Arduino electronic prototyping platform. Servo motors are used for wave generation and accelerometers as sensors in the test environment. All the devices are connected to the micro-controller Arduino. The final result of the project is a simplified model able to reproduce behaviors of offshore environments for didactic purposes. The system will be used in the Laboratory of Platforms and Automation of the Federal University of Alagoas, being able to constantly evolve and open doors for new projects.*

Keywords: *Wave Generation, Small-Scale Experiment, Offshore Environment*

1 REFERENCIAL TEÓRICO

Os ensaios com modelos de escalas reduzidas em tanques de provas que simulam condições de mar são etapas essenciais do projeto de estruturas *offshore* para garantir que todos os requisitos de segurança e operacionalidade sejam atendidos. Porém, a reprodução das condições de mar em um tanque de provas é uma tarefa complexa que exige equipamentos sofisticados e que são de alto custo, como consequência muitas universidades ficam privadas do acesso à tecnologia. Aproveitando o movimento de popularização de placas de prototipagem eletrônica como o Arduino, o presente trabalho tem o objetivo de desenvolver um protótipo simplificado de um gerador de ondas regulares e unidirecionais usando Arduino, criando um modelo a ser usado para fins acadêmicos.

Ao se tratar de geração de ondas para ensaios em escalas reduzidas é imprescindível ter em mente o conceito de ondas periódicas, também chamadas de ondas regulares. Como o nome sugere, ondas periódicas são ondas que apresentam um mesmo comportamento a cada determinado intervalo de tempo, formando ciclos idênticos para cada período. Essa uniformidade no movimento da onda acaba implicando em valores bem definidos dos parâmetros característicos da onda como frequência, amplitude, comprimento e fase, o que confere às ondas regulares uma maior simplicidade de análise em comparação às ondas irregulares (DEAN; DALRYMPLE, 1984).

Outro aspecto importante a ser tratado ao falar sobre geração de ondas é a forma de propagação da onda do ponto de vista direcional. Ondas podem ser caracterizadas pela transmissão de energia de forma uni ou multidirecional, sendo ambas encontradas em condições de mares diferentes (unidirecionais em mar aberto e multidirecionais nas regiões tempestuosas de formação de ondas) (CARNEIRO, 2012).

As condições de mar real são geralmente descritas por ondas irregulares e, em muitos casos, ondas multidirecionais. Gerar ondas regulares e unidirecionais pode parecer distante das condições reais do mar, porém, as ondas irregulares, que são geralmente interpretadas como sendo de caráter aleatório, podem ser expressas por meio da sobreposição de ondas regulares com parâmetros característicos distintos. Da mesma forma, ondas multidirecionais podem ser interpretadas como ondas regulares com direções diferentes. Sendo assim, a geração de ondas regulares e unidirecionais é o primeiro passo para a representação das condições de mar.

O problema da geração de ondas pode ser tratado por meio de diversas teorias que descrevem seus comportamentos, entre uma das mais simples está a teoria das ondas senoidais lineares, também conhecida por teoria de Airy. Apesar de bastante simplificada, a teoria é muito precisa para casos em que a altura da onda é desprezível em comparação à profundidade ou ao seu comprimento (CHAKRABARTI, 1994). O desenvolvimento da teoria linear é longo, por isso não consta no presente trabalho – para maiores esclarecimentos consultar Dean e Dalrymple (1984) ou Chakrabarti (1994) – mas vale ressaltar que se dá por meio da inserção do gerador de ondas nas condições de contorno e que ao final é possível obter uma função que descreve a elevação da superfície livre da água em função da amplitude do deslocamento da placa basculante.

Para a montagem do gerador de ondas é utilizada uma placa Arduino de prototipagem eletrônica. O circuito, que é de fácil acesso, conta com um microcontrolador e é capaz de controlar motores e sensores. Entre os vários dispositivos que podem ser usados em conjunto

com a placa há os servo-motores e os acelerômetros. Os servo-motores são máquinas que giram em movimentos prescritos que controlam sua posição, possibilitando um movimento senoidal que é transferido à placa basculante e dá origem à geração das ondas. Já os acelerômetros são sensores capazes de medir a aceleração própria, o que lhes possibilita identificar mudanças no posicionamento e inclinação, sendo uma forma de adquirir dados oriundos das ondas geradas.

2 METODOLOGIA

O desenvolvimento do ambiente de testes foi dividido em três macro etapas, como descrito na Figura 1.

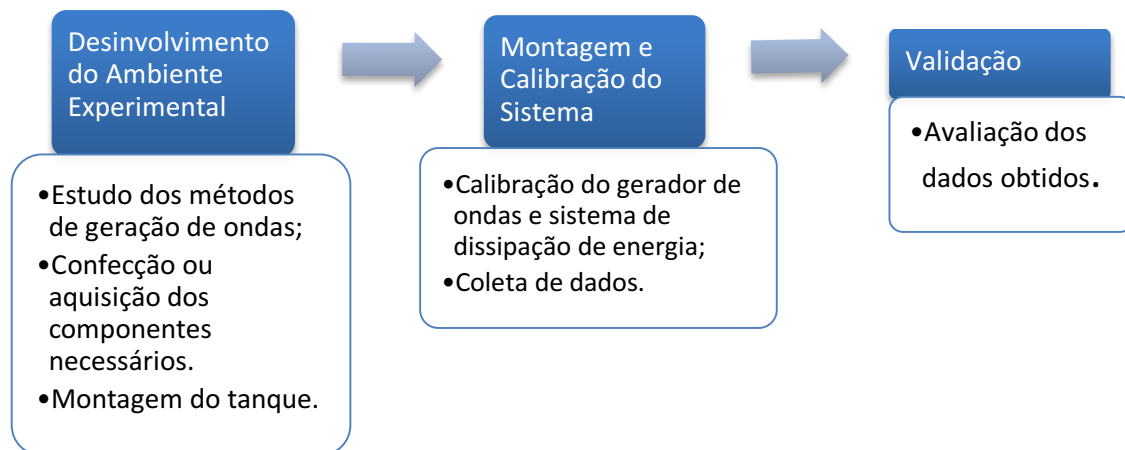


Figura 1 – Etapas do Trabalho

Na primeira etapa do trabalho, realizam-se estudos acerca dos métodos de geração de onda presentes na literatura. A idealização do modelo a ser utilizado baseia-se na literatura estudada e na montagem disponibilizada por Miller (2016), a qual se utiliza de um Arduino acoplado a servo-motores para realizar a geração das ondas. Optou-se pela utilização de um tanque de acrílico de dimensões 50cmx17cmx18cm. Foram modeladas peças, através do *software* OpenSCAD e impressas em 3D, para dar suporte aos flaps e aos motores. Utiliza-se, assim como na montagem de Miller, uma placa de desenvolvimento similar ao Arduino juntamente com servo-motores para realizar a movimentação do *flap*. No intuito de evitar a reflexão das ondas na parede do tanque são confeccionados dissipadores de espuma, os quais são colocados na extremidade oposta aos motores e flap. A partir dos componentes obtidos, realiza-se a montagem do ambiente de testes.

Após a obtenção do sistema, são realizados testes para verificar a capacidade de geração de ondas regulares. Alterando a quantidade de água contida no tanque, juntamente com a frequência dos motores e posicionamento dos dissipadores, verifica-se os parâmetros ideais para a coleta de dados. Opta-se pela utilização de acelerômetros acoplados a um *smartphone* para a coleta de dados, devido a problemas na calibração do sensor testado inicialmente. Os resultados foram aferidos para uma lamina de água final de 10 cm e o *smartphone* utilizado possui um acelerômetro/giroscópio Invensense MP65M (MPU-6500M).

A terceira macro etapa do trabalho consiste na análise dos dados recolhidos e verificação da consistência dos mesmos com a previsão teórica. Os dados são analisados em relação a amplitude, frequência e regularidade das ondas geradas.

3 RESULTADOS

A Figura 3 mostra o tanque de provas montado e com todos os componentes, ao lado da imagem de um dos testes no qual os dados são coletados através do acelerômetro de um *smartphone*.

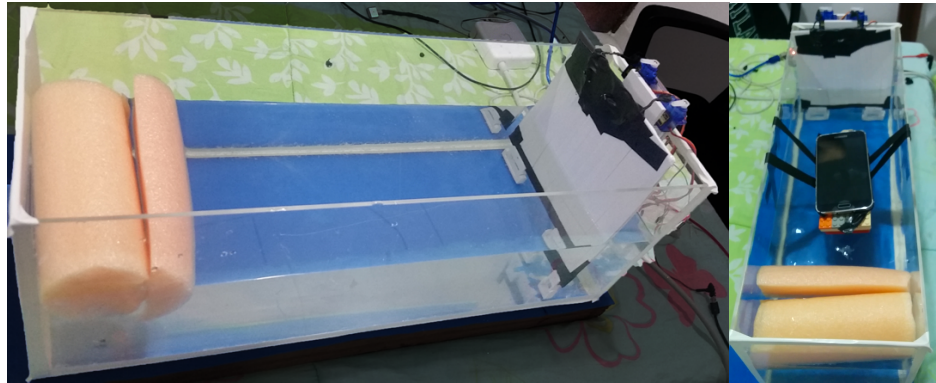


Figura 2 – Ambiente Experimental em Uso

Através dos dados coletados, monta-se a Tabela 1, que contém os dados de interesse para validação do tanque experimental. A Figura 3 apresenta as acelerações medidas para três dos casos de frequência prescritas para os servo-motores, utilizando uma amostra aleatória de 25 medições de aceleração.

Tabela 1 – Valores de Interesse Tratados

Frequência Prescrita	Frequência Medida	Aceleração Média (m/s^2)	Regularidade
0,5 Hz	1,3 Hz	0,066	Regular
0,7 Hz	1,45 Hz	0,077	Regular
1 Hz	1,5 Hz	0,069	Regular
1,5 Hz	1,6 Hz	0,102	Regular
2,5 Hz	2 Hz	0,126	Regular

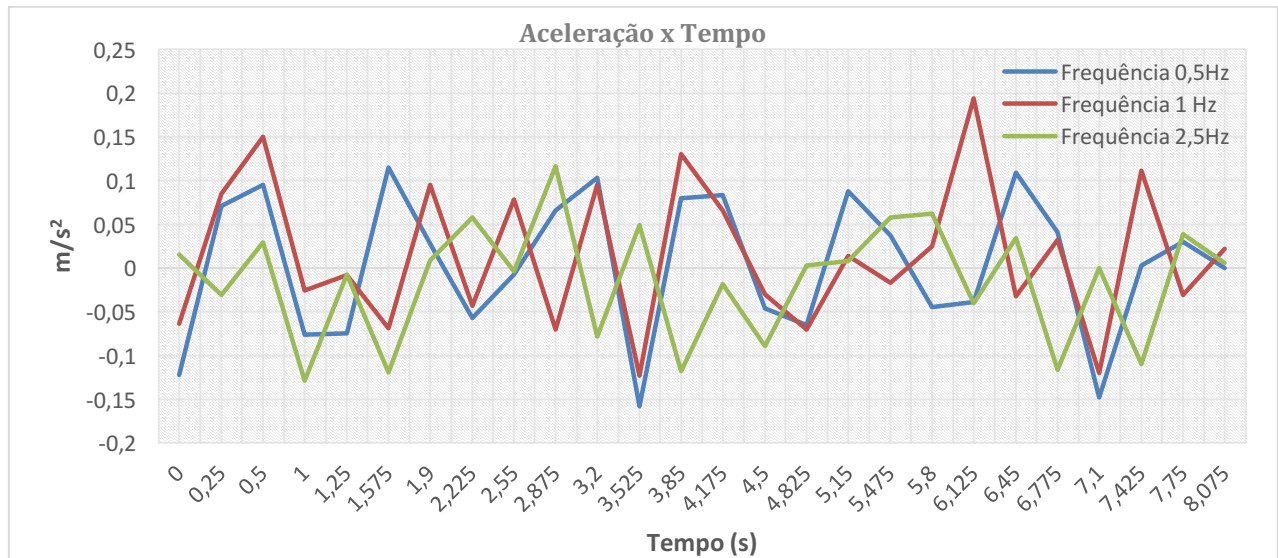


Figura 3 – Gráfico Ilustrando a Aceleração x Tempo

Observa-se que, para valores baixos de frequência prescrita, a frequência de perturbações aferidas pelo acelerômetro se apresenta como o dobro do esperado. Isso pode ser explicado pelo fato do movimento de volta do motor gerar uma reflexão pronunciada que, embora de baixa intensidade devido aos dissipadores, se confunde com uma nova onda gerada. Para valores mais altos de frequência isso ocorre menos devido a maior intensidade e amplitude das ondas, podendo diferenciar as mesmas das ondas refletidas. Em testes futuros, será possí

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foram alcançados os objetivos propostos no trabalho, desenvolvendo-se um tanque de provas capaz de gerar ondas e possibilitar a aquisição de dados. De posse dos dados coletados nos testes, os resultados iniciais mostram a capacidade do tanque experimental de gerar ondas regulares. Devido a natureza acadêmica do projeto, o mesmo será melhorado a partir dos dados e resultados obtidos no trabalho, podendo evoluir constantemente e ser utilizado para os mais diversos fins didáticos.

REFERENCIAS

Carneiro, M. L., 2012. *Desenvolvimento de Sistema de Controle para Geração e Absorção Ativa de Ondas em Tanques de Ensaio de Estruturas Oceânicas*. Tese de doutorado, Universidade de São Paulo.

Chakrabarti, S. K., 1994. *Offshore Structure Modelling*. Singapore: World Scientific.

Dean, R. G., Dalrymple, R. A., 1984. *Water Wave Mechanics for Engineers and Scientists*. New Jersey : Prentice-Hall, Inc.

Miller, V. *Arduino Wave Generator Tank*. Disponível em: < <https://hackaday.io/project/9104-arduino-wave-generator-tank>>. Acesso em: 12/11/2016