

ONDA ESTACIONÁRIA ARTIFICIAL: PROJETO DE UMA ESTRUTURA HIDRÁULICA PARA A PRÁTICA DO SURFE UTILIZANDO UM MODELO REDUZIDO

Ney Neves da Silva Neto^{1} & Edith Beatriz Camaño Schettini² & Carin Maria Schmitt³*

Resumo – O surfe é um esporte totalmente dependente da natureza, pois, para a sua prática, é necessário que o indivíduo aproxime-se da orla marítima e que o mar esteja oferecendo ondas úteis para o seu desenvolvimento. O trabalho apresenta o desenvolvimento do projeto de uma estrutura hidráulica para possibilitar a prática desse esporte, sem depender das variações da natureza, para o qual foram utilizados dados resultantes de um modelo em escala reduzida. O projeto foi baseado numa estrutura já existente, denominada *Flowbarrel Ten*, no qual uma lâmina d'água é projetada numa parede, que foi desenhada para conduzir o escoamento simulando o efeito de uma onda. Através do estudo sobre sistemas de recalque, escoamento em condutos forçados e, em especial, a teoria dos modelos físicos, foi adotada uma escala entre modelo e protótipo de 1:20. Foi feito um esboço da estrutura definindo-se as peças componentes e seus materiais, este sendo utilizado para posterior execução do modelo físico. Após algumas tentativas e alterações no desenho da parede geradora da onda, o modelo funcionou conforme esperado e forneceu dados importantes para o projeto da estrutura em escala real, que foi desenvolvido de uma forma simplificada buscando um melhor aproveitamento da área utilizada.

Palavras-Chave – Onda Estacionária Artificial. Surfe. Modelo Reduzido.

ARTIFICIAL STATIONARY WAVE: DESIGN OF A HYDRAULIC STRUCTURE FOR SURFING USING A REDUCED MODEL

Abstract – Surfing is a sport totally dependent on the nature, therefore, for practice, it is necessary that the individual approach the coastline and the sea waves offering is useful for its development. This work is on the design of a hydraulic structure, to enable the practice of this sport without depending on the changing nature, for which we used the data resulting from a reduced model. The project was based in an existing structure, named *Flowbarrel Ten*, where a thin layer of water runs into a wall, which was built to conduct the flow simulating the effect of a wave. Using the study about settlement systems, flow in closed conduits and, in special, the theory of physical models, was chosen a scale between model and prototype of 1:20. An outline of the structure was made to select all tools, its materials and, later on, to make the phisic model. After a few tries and changes on the wall which generate the waves, the model works as expected and gave important information for the real scale project, which was built in a simple way searching for a better area to be used.

Keywords – Artificial Stationary Wave. Surf. Reduced Model.

¹ Engenheiro Civil (UFRGS). E-mail: ney.neto@ufrgs.br

² Engenheira de Recursos Hídricos (Universidad Nacional del Litoral), Doutora em Engenharia Mecânica (Institute National Polytechnique de Grenoble, França). E-mail: bcamano@iph.iufrgs.br

³ Engenheira Civil (UFRGS), Doutora em Administração (UFRGS), Professora do Deciv-UFRGS. E-mail: cschmitt@ufrgs.br

1 INTRODUÇÃO

O surfe é um esporte amplamente difundido e praticado no Brasil. No País, existe uma grande diversidade de praias que costumam oferecer ótimas condições para sua prática. O esporte consiste, basicamente, no deslizamento de uma prancha sobre as ondas do mar, na qual o praticante encontra-se em pé ou deitado.

1.1 Justificativa

O surfe praticado nos mares é um esporte totalmente dependente de variáveis ambientais, que têm pouco ou nenhum controle antrópico. As condições de ondas oferecidas por cada praia não são constantes, podendo haver grandes mudanças em curtos intervalos de tempo. O acesso à praia é também fator determinante para a sua prática. Desta forma, é interessante que haja um projeto capaz de reproduzir artificialmente as ondas para as diferentes modalidades de prática do surfe. Ondas pequenas, grandes, rápidas ou compridas podem ser criadas através de modelos que as deixem o mais próximo da realidade. Assim, foi desenvolvido um projeto de estrutura hidráulica para a prática do surfe, baseada num projeto denominado *Flowbarrel Ten* (WAVE LOCH INC, 2011).

1.2 Objetivos e Limitações

O objetivo da pesquisa foi a elaboração do modelo reduzido, estabelecimento das leis de semelhança para o estudo em função dos parâmetros e variáveis do protótipo e da escala geométrica escolhida e a descrição do desenvolvimento do projeto de estrutura hidráulica para a prática do surfe utilizando os dados obtidos no modelo reduzido. A definição da escala entre o modelo e o protótipo, bem como dos equipamentos componentes do modelo, foi feita considerando restrições financeiras e de espaço físico.

2 TEORIA DOS MODELOS FÍSICOS

Em diversas situações, verifica-se a necessidade de se fazer experimentos manipulando objetos muito grandes, utilizando poucos recursos se comparados ao custo total de sua execução. Para isso, são utilizados modelos físicos, menores que o protótipo, permitindo a análise de configurações ou condições de escoamento (POTTER et al., 2004).

2.1 Análise Dimensional

Segundo Munson et al. (2004), são poucos os problemas envolvendo escoamentos reais que podem ser resolvidos com métodos analíticos existentes, sendo necessária uma combinação entre esses métodos e dados experimentais para se encontrar soluções para esses problemas. Potter et al. (2004) assumem que, sendo muito caros os estudos experimentais, esses devem ser mínimos, utilizando-se a análise dimensional. Segundo White (c2002), "[...] a análise dimensional é um método para se reduzir o número e a complexidade das variáveis que afetam um dado fenômeno físico, pela aplicação de uma espécie de técnica de compactação." Assim, a análise dimensional é importante ferramenta para o uso da teoria dos modelos, tendo sua base fixada, pela maioria dos autores, no princípio da homogeneidade dimensional e no teorema π de Buckingham.

2.2 Teoria da Semelhança e os Tipos de Modelos

A teoria da semelhança apresenta critérios necessários para que seja possível utilizar dados obtidos em modelos para o projeto do protótipo. Busca-se a semelhança dinâmica, que é atingida quando a razão entre as forças atuantes sobre diferentes pontos do modelo tem os mesmos valores para os respectivos pontos do protótipo (POTTER et al, 2004). Em escoamento em canais abertos, a gravidade é a força atuante de maior importância. Nesses casos, o número de Froude é o parâmetro adimensional utilizado para se obter semelhança dinâmica entre o modelo e o protótipo, sendo

necessária a igualdade seus números de Froude (BAPTISTA et al., 2003). Nesse contexto, a relação entre as vazões e os comprimentos para o referido escoamento é expressa pela equação 1:

$$\lambda_Q = \lambda_l^{5/2} \quad (\text{equação 1})$$

Sendo λ_Q = razão entre a vazão do modelo e a vazão do protótipo e λ_l = razão entre uma dimensão geométrica no modelo e no protótipo.

A utilização de modelos, na prática, nem sempre consegue recriar os fenômenos observados no protótipo de forma idêntica. Os tipos de modelos são definidos de acordo com a semelhança observada entre ele e o protótipo, sendo classificados como modelos verdadeiros, onde se consegue atingir a semelhança dinâmica; modelos adequados, onde não existe semelhança para todas as forças observadas no protótipo; e modelos distorcidos, os típicos casos de semelhança incompleta (MOTTA, 1972).

3 TIPOS DE ESCOAMENTOS

3.1 Escoamento em condutos forçados

O escoamento em condutos é caracterizado, intuitivamente, pelo escoamento de fluidos em seções transversais fechadas. Conforme Netto et al. (1998), "Considera-se forçado o conduto no qual o líquido escoar sob pressão diferente da atmosférica.". Dentro da dinâmica do escoamento em condutos forçados, diversos tópicos são essenciais para a sua compreensão. A perda de carga é um conceito de extrema importância nas obras hidráulicas de Engenharia. Considerando-se a declividade da linha de energia num trecho de tubulação, no qual a energia total em cada ponto é a soma das três parcelas energéticas propostas pelo teorema de Bernoulli (energia cinética, pressão e altura relativa), segundo Netto et al. (1998), quando um líquido escoar do ponto mais alto (1) para o mais baixo (2), uma parte da energia que existe em 1 é dissipada na forma de calor, e é definida como perda de carga. A equação 2 representa o decaimento energético entre os pontos 1 e 2:

$$U_1^2/2g + p_1/\gamma + Z_1 = U_2^2/2g + p_2/\gamma + Z_2 + \Delta h \quad (\text{equação 2})$$

Sendo U = velocidade média na seção (m/s); g = aceleração da gravidade (m/s^2); p = pressão (N/m^2); γ = peso específico (N/m^3); Z = cota (m); Δh = perda de carga (m).

Baptista et al. (2003) classificam as perdas de carga como contínuas e localizadas, sendo a perda de carga total a soma das duas. A perda de carga contínua é a considerada ao longo dos trechos retilíneos da tubulação, e, a localizada, são as perdas decorrentes de pontos ou partes bem determinadas da tubulação, como curvas e junções. O conceito de condutos equivalentes também é essencial para a simplificação de cálculos envolvendo condutos interligados. São consideradas associações em paralelo e em série, nas quais condutos com características diferentes podem ser transformados, para efeito de cálculo, em condutos simples. São equivalentes os condutos que transportam a mesma vazão sob a mesma perda de carga (BAPTISTA et al., 2003). Associações em série consideram tubos com diferentes características acoplados entre si, em que a vazão é a mesma, e a perda de carga total é igual a soma das perdas dos trechos. Associações em paralelo consideram tubos com diferentes características que se ligam em um único ponto à jusante e outro à montante, sendo a perda de carga a mesma para os trechos.

3.2 Escoamento em canais abertos

A principal característica que se observa em escoamentos em canais abertos é a presença de uma interface entre a parte superior do líquido e o ar, na qual a pressão é, na maioria das vezes, igual à pressão atmosférica (POTTER et al., 2004). De acordo com os mesmos autores, o escoamento em canal aberto é comandado pelas forças gravitacionais, no qual elas são representadas por um adimensional denominado número de Froude:

$$Fr = v/(gL)^{1/2} \quad (\text{fórmula 2})$$

Sendo Fr = número de Froude; v = velocidade característica (m/s); g = aceleração da gravidade (m/s^2); L = comprimento característico (m).

Baptista et al. (2003) descrevem o número de Froude como a relação entre as forças inerciais e gravitacionais que conduzem o escoamento. Entende-se essa relação olhando a fórmula: o numerador é composto pela velocidade, representando a energia do escoamento na direção horizontal (força de inércia), e, o denominador, pelo produto da aceleração da gravidade e a profundidade do canal, representando a energia acumulada na direção vertical (força gravitacional).

4 PROJETO DO MODELO REDUZIDO

O projeto baseou-se no desenho da onda artificial *Flowbarrel Ten*, na qual uma lâmina de água é direcionada para uma parede cujo forma faz com que o escoamento assemelhe-se ao formato de uma onda para a prática do surfe, a uma vazão máxima de 7800 L/s (WAVE LOCH INC, 2011). Isso possibilitou a obtenção de parâmetros e medidas para a definição do modelo reduzido.

4.1 Definição da Escala

Por se tratar de um escoamento a céu aberto, a força mais importante a ser avaliada é a gravidade. Para se obter a semelhança dinâmica entre o modelo e o protótipo, o número de Froude foi o parâmetro adimensional utilizado. Através dele, buscou-se a vazão máxima do modelo em função da vazão máxima do protótipo. Utilizando os dados do projeto *Flowbarrel Ten*, foram analisadas possíveis escalas e suas respectivas vazões (tabela 1).

Tabela 1: Cálculo das vazões resultantes para diferentes escalas entre modelo e protótipo

Escala Modelo-Protótipo	1-1	1-5	1-10	1-15	1-20	1-25	1-30
Vazão (L/s)	7.800	139,53	24,67	8,95	4,36	2,50	1,58

Assim, foi escolhida a escala geométrica de 1:20, para que a diferença entre o modelo e o protótipo não fosse muito grande, o que prejudicaria a qualidade do experimento, nem muito pequena, o que geraria a necessidade de bombas mais robustas com um custo bem mais alto. As dimensões da plataforma onde a água escoava em forma de lâmina no protótipo foram arbitradas, de forma visual, utilizando uma imagem da plataforma do *Flowbarrel Ten*, bem como a altura da saída d'água do difusor. Essas medidas e a transposição de escala estão na tabela 2.

Tabela 2: Dimensões da plataforma do modelo e do protótipo

Características	Largura (m)	Comprimento até início da parede (m)	Altura da parede (m)	Altura lâmina d'água (m)	Largura do canal (m)	Velocidade lâmina d'água (m/s)	n. Froude (adimensional)
Protótipo	7	3	2,5	0,1	3	11,14	11,25
Modelo	0,35	0,15	0,125	0,005	0,15	2,49	11,25

4.2 Composição do modelo

Com a escala escolhida, foi feito um esboço da estrutura do sistema em uma vista lateral (figura 2) com as peças principais, e, a partir dessas definições, foi possível a obtenção dos parâmetros necessários para o dimensionamento das bombas e das tubulações. Definiu-se que seriam utilizadas três bombas para o sistema, cada uma transportando 1/3 da vazão calculada (1,45L/s).

4.3 Bombas de Recalque

Para a determinação das bombas, foi necessária uma análise da altura manométrica para a configuração proposta, variando-se o diâmetro das tubulações. Sabendo que o comprimento da tubulação e o desnível geométrico entre a superfície da água e a mesa são pequenos, a altura

manométrica foi definida, preponderantemente, pelas perdas de carga singulares, devido à alta velocidade do escoamento. A soma dos coeficientes de cada singularidade resultou no valor de 51,4. Para o cálculo das perdas de carga, foi utilizada a Fórmula Universal da Perda de Carga, a temperatura da água em 20° C, o comprimento da tubulação de 1,5 m e a rugosidade dos tubos de 60 µm. O desnível geométrico definido para o cálculo foi de 0,5 m. Na tabela 3 estão os diâmetros comerciais de 25, 32 e 40 mm, que são considerados constantes desde o reservatório até o bocal.

Analisando a tabela 3, verificou-se que a altura manométrica para o tubo de 25 mm resultou muito alta. Com o tubo de 40 mm, haveria a necessidade de um difusor mais alto e dificultaria a transição do escoamento para uma lâmina de água. Assim, foi escolhida a opção de 32 mm, pois apresentam um maior comprometimento entre as duas situações citadas. A bomba escolhida foi do tipo centrífuga: modelo atinge 16 mca a uma vazão de 1,66 L/s, de potência igual a 0,5 Cv.

Tabela 3: Cálculo da altura manométrica para três diâmetros diferentes no modelo

	Unidade:	Diâmetro comercial da tubulação		
		25mm	32mm	40mm
Variáveis fixas:		Valor:	Valor:	Valor:
Vazão	m³/s	0,00145	0,00145	0,00145
Diâmetro Interno	m	0,0216	0,0278	0,0352
Velocidade	m/s	3,966	2,394	1,493
Rugosidade:	m	0,00006	0,00006	0,00006
Comprimento Tub:	m	1,5	1,5	1,5
Temperatura água:	°C	20	20	20
f:	adim	0,0272	0,0262	0,0257
Perda Linear	m	1,515	0,414	0,125
∑ K's	adim	51,4	51,4	51,4
Perda Singular	m	41,229	15,026	5,846
Perda de Carga Total	m	42,744	15,439	5,970
Desnível Geométrico Considerado	m	0,5	0,5	0,5
Altura Manométrica Total	m	43,244	15,939	6,470

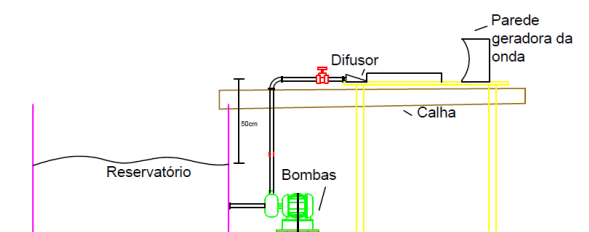


Figura 2: Esboço da composição do modelo

4.4 Difusor

O difusor é a peça que determina o formato da lâmina de água que atingirá a parede, uniformizando a saída de água ao longo de todo o bocal, para que não existam zonas onde a vazão é maior, provocando uma irregularidade no fluxo de água. Essa peça foi objeto de um projeto específico, cuja planta está representada na figura 3. As aletas em ângulo, posicionadas logo a frente das luvas que fazem a conexão com a tubulação, foram distribuídas de modo a dividir a seção transversal circular em quatro áreas proporcionais, sofrendo outra divisão mais a frente por conta do fluxo central de água ser mais intenso. Por fim, foram posicionadas novas aletas na saída do difusor. Também foram posicionadas divisões internas entre os três fluxos, de modo a permitir o trabalho independente de cada uma das bombas. O difusor e do bocal foram confeccionados em aço galvanizado, com espessura 1 mm, para que resista à alta velocidade do escoamento.

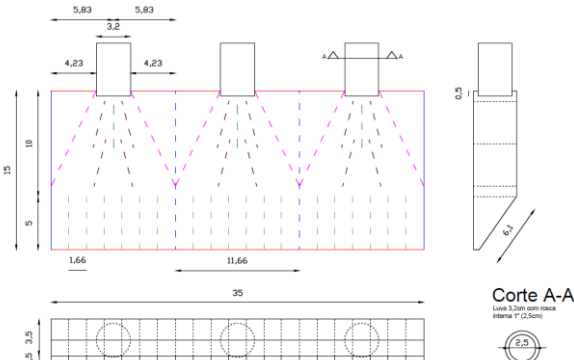


Figura 3: Projeto do difusor e bocal (escala em cm)

4.5 Parede Geradora da Onda

A parede que recebe a lâmina de água tem a função de conduzir o escoamento, simulando o efeito de uma onda útil à prática do surfe. O desenho da parede também foi alvo de um projeto específico, utilizando como referência onze cortes transversais igualmente espaçados e abrangendo todo o volume da parede. O material escolhido para a construção da parede foi a parafina, por ter a rigidez necessária para suportar o escoamento e ser facilmente remodelável.

5 CONSTRUÇÃO DO MODELO REDUZIDO

A construção do modelo reduzido foi iniciada pela fixação das bombas numa tábua de madeira, utilizando parafusos de aço galvanizado. A tábua foi apoiada em pés de borracha nos cantos, para impedir a vibração excessiva dos motores, minimizando o efeito nocivo ao escoamento e o excesso de ruídos. O alinhamento das bombas no mesmo plano, conforme esboço inicial, não foi possível executar. Assim, optou-se por elevar a bomba central (figura 4). Após, foi feita a conexão das bombas ao reservatório (de polietileno com capacidade de 250 litros), utilizando tubos de PVC classe 15 e adaptadores. As três colunas de recalque foram produzidas de forma idêntica (tubulação, curvas e registros de esfera para controle da vazão). Estas foram conectadas ao difusor, construído a partir da união de peças de aço com uma cola de alta resistência a base de resina epóxi, recebendo um tratamento superficial com esmalte sintético (figura 5). Foi apoiado numa mesa construída em madeira (altura de 85 cm e superfície com 80 x 100 cm). Para a ligação elétrica, considerou-se a potência de 1,01 kVA por bomba, resultando numa corrente com valor de 23,8 A (tensão de 127V) e o correspondente diâmetro do condutor de 2,5 mm² (AES SUL DISTRIBUIDORA GAUCHA DE ENERGIA SA et al., 2011). Foram usados três disjuntores de 10 A para o acionamento das bombas.

Quinze quilos de parafina foram moldados numa forma paralelepípedica para a construção da parede geradora da onda. Este bloco foi modelado de acordo com o projeto já apresentado, utilizando espátulas de aço e micro retífica elétrica. Foi feito um reforço na parte de trás do bloco, o qual recebeu uma nova camada de parafina de 5 cm (figura 6). O sistema para o retorno de toda a água projetada foi feito com um tubo de 300 mm de diâmetro e 1,9 m de comprimento, posicionado logo abaixo do topo da mesa. O escoamento é conduzido através de anteparos construídos na periferia do sistema. O modelo com todos os seus componentes é apresentado na figura 7.



Figura 4: Disposição das três bombas



Figura 5: Difusor semi pronto recebendo acabamento em esmalte sintético



Figura 6 – Parede geradora da onda moldada em parafina



Figura 7 – Modelo reduzido pronto

6 TESTES E RESULTADOS DO MODELO

Foram realizados testes no modelo, buscando a reprodução de uma onda útil à prática do surfe. O encontro entre a mesa e o início da parede foi suavizado com fita adesiva, para que não influenciara no formato da lâmina d'água. Após diversos testes realizados com diferentes vazões, conseguiu-se o resultado esperado, cuja avaliação foi feita por análise visual: formação de uma lâmina d'água plana e um túnel de água (conhecido por "tubo"), reproduzindo o formato de uma onda útil à prática do surfe. Esse resultado foi alcançado para uma única vazão, após a regulagem dos registros, de 3,6 L/s. Alterações na abertura destes resultavam em alteração do formato da onda, invalidando o resultado. A velocidade do escoamento externo encontrada foi de 2,07m/s.



Figura 8 – Modelo da onda artificial em funcionamento

7 ESTRUTURA HIDRÁULICA PARA A PRÁTICA DO SURFE EM ESCALA REAL

Da mesma forma como se definiram as dimensões geométricas do modelo reduzido, utilizaram-se as medidas previamente arbitradas, na escala modelo e protótipo de 1:20. O dimensionamento do difusor foi feito utilizando a semelhança de Froude, supondo que o escoamento dentro da peça está sujeito à pressão atmosférica. Ainda por Froude, a vazão encontrada para o protótipo foi de 6,5 m³/s. Para os componentes do sistema localizados à montante do difusor, foi feito um dimensionamento hidráulico em função da vazão requerida para o sistema, definindo as bombas e as tubulações necessárias para o pleno funcionamento do projeto. O projeto é apresentado utilizando plantas e esquemas com as dimensões das peças componentes, sem a especificação dos materiais a serem utilizados. Com a vazão de projeto definida para cada uma das três bombas (2,17 m³/s), restou o dimensionamento do diâmetro das tubulações. Para isso, utilizou-se uma planilha similar à tabela 3 (tabela 4), apresentando a altura manométrica total para três diâmetros propostos, utilizando como limite a altura da entrada de água do difusor (0,8 m). Nela, reduziu-se os valores de k anteriormente arbitrados para o bocal e o difusor, de 20 para 10, visto que a aplicação dessas unidades resultou num superdimensionamento das bombas do modelo, fato observado na experimentação prática realizada. Com isso, houve a redução do $\sum K$'s calculado para o valor de 31,4. Definiu-se a utilização de tubos de 0,8 m de diâmetro interno, pois os outros valores resultantes de perda de carga ficaram demasiadamente altos. Assim, cada uma das bombas dimensionadas para o projeto deve atender a vazão de 2,13 m³/s a uma altura manométrica de 32 mca. O projeto do difusor é o mesmo projeto apresentado para o modelo (figura 8), com a escala transposta (figura 9). As alterações aplicadas na parede geradora da onda, em relação ao projeto inicial, foram sendo feitas conforme os testes do modelo iam sendo realizados, buscando modelá-la para que o escoamento apresentasse o formato buscado da onda artificial (figura 10).

Definidas as variáveis de maior importância no projeto, foi feito o desenho das plantas gerais, aplicando algumas modificações em relação ao modelo reduzido. O reservatório foi posicionado abaixo da plataforma da onda, para reduzir o comprimento da tubulação e as perdas de carga contínuas, bem como a área necessária para a implantação do projeto. Também foram inseridas duas grades de proteção antes das passagens da água ao reservatório, para impedir que o praticante seja lançado até ele junto com o escoamento.

Tabela4 : Cálculo da altura manométrica para três diâmetros diferentes em escala real

Variáveis fixas:	Unidade:	Valor:	Valor:	Valor:
Vazão	m ³ /s	2,16667	2,16667	2,16667
Diâmetro Interno	m	0,7000	0,7500	0,8000
Velocidade	m/s	5,630	4,904	4,311
Rugosidade:	m	0,00006	0,00006	0,00006
Comprimento Tub:	m	3,0	3,0	3,0
Temperatura água:	°C	20	20	20
f:	adim	0,0121	0,0120	0,0120
Perda Linear	m	0,084	0,059	0,043
Σ K's	adim	31,4	31,4	31,4
Perda Singular	m	50,751	38,512	29,749
Perda de Carga Total	m	50,835	38,571	29,792
Desnível Geométrico Considerado	m	1,5	1,5	1,5
Altura Manométrica Total	m	52,335	40,071	31,292

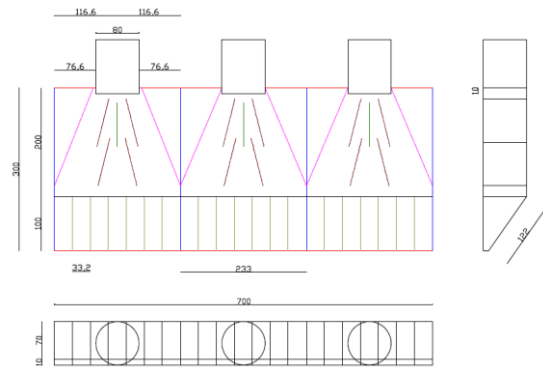


Figura 9 – Projeto do difusor em escala real (escala em cm)

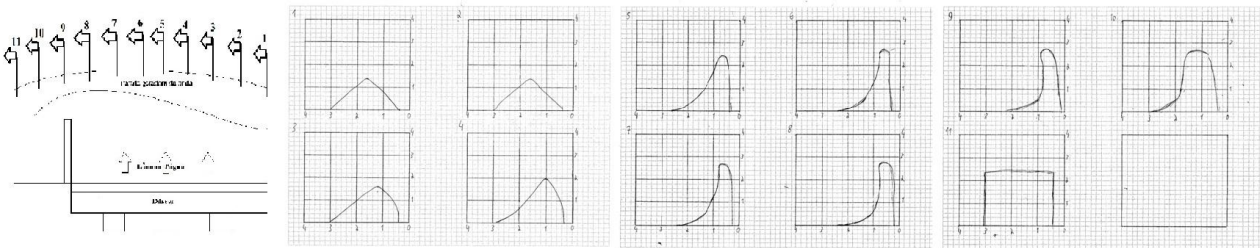


Figura 10 – Orientação e gráfico dos cortes da parede geradora da onda pronta (escala em m)

REFERÊNCIAS

AES SUL DISTRIBUIDORA GAÚCHA DE ENERGIA SA; COMPANHIA ESTADUAL DE ENERGIA ELÉTRICA; RIO GRANDE ENERGIA SA. (2011) *Regulamento de Instalações Consumidoras*. Porto Alegre-RS, 173 p.

BAPTISTA, M. B.; COELHO, M. M. L. P.; CIRILO, J. A.; MASCARENHAS, F. C. B. (Org.) (2003). *Hidráulica Aplicada*. ABRH, Porto Alegre-RS, 619 p.

MOTTA, V. F. (1972). *Curso de Teoria da Semelhança*. Editora da UFRGS, Porto Alegre-RS, 153 p.

MUNSON, B. R.; YOUNG, D. F.; OKIISHI, T. H. (2004) *Fundamentos da Mecânica dos Fluidos*. Edgard Blücher, São Paulo-SP, 584 p.

NETTO, J. M. A.; FERNANDEZ, M. F.; ARAUJO, R.; ITO, A. E. (1998). *Manual de Hidráulica*. Edgard Blücher, São Paulo-SP, 680 p.

NEVES NETO, N. N. (2012). *Onda Estacionária Artificial: Projeto de uma Estrutura Hidráulica para a Prática do Surfe Utilizando um Modelo Reduzido*. Trabalho de conclusão do curso de Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre-RS, 80 p.

POTTER, M. C.; WIGGERT, D. C.; HONDZO, M.; SHIH, T. I. -P. (2004). *Mecânica dos Fluidos*. Pioneira Thomson Learning, São Paulo-SP, 688 p.

WAVE LOCH INC. *Flowbarrel Ten*. La Jolla, USA, 2011. Disponível em: <<http://www.waveloch.com/attraction/flowbarrel-ten>>. Acesso em: 20 set. 2011.

WHITE, F. M. (c2002). *Mecânica dos Fluidos*. McGraw-Hill, Rio de Janeiro-RJ, 880 p.