

# QUEBRA-MAR PET



Estudos têm demonstrado que a elevação do nível do mar resulta em tendência erosiva das linhas costeiras

## Modelo feito com garrafas descartáveis consegue, em simulação, dissipar 98% da energia da onda

PATRICIA LAURETTI

patricia.lauret@reitoria.unicamp.br

**R**eunir em um só projeto eficiência, sustentabilidade e atrativos comerciais. Com essa premissa, a engenheira Luana Kann Kelch Vieira desenvolveu um quebra-mar flutuante de garrafas PET para o mestrado na Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo (FEC), sob orientação do professor Tiago Zenker Gireli, do Departamento de Recursos Hídricos. Os resultados foram tão positivos que a pesquisa deverá ter continuidade em seu trabalho de doutorado, a ser realizado em campo. O modelo do quebra-mar, em seu melhor resultado, dissipou em mais de 98% a energia da onda gerada artificialmente em um canal. Essa é a ação desejada para este tipo de barreira, utilizada para a proteção da costa contra a erosão ou para abrigar áreas para a construção de píeres, portos e marinas.

Trata-se de obra de extrema importância, sobretudo quando sopram os bons ventos da economia e há incremento no transporte marítimo e fluvial. Ademais, estudos realizados em todos os continentes têm verificado uma forte tendência erosiva das linhas de costa atuais, em razão do efeito da subida do nível do mar como consequência do aquecimento global ou de ações do homem que modificam o equilíbrio dinâmico que mantém as praias em suas posições atuais. “Temos perdido anualmente para o mar, não só faixas de praia, mas também áreas urbanizadas, com arruamentos e residências inteiras, o que gera grandes prejuízos às economias dos municípios litorâneos, seja pelo custo da recuperação dessas regiões, seja pela diminuição do interesse dos turistas devido à degradação”, afirma Gireli.

O quebra-mar que boa parte das pessoas conhece é do tipo “talude”, feito com concreto ou pedras naturais e fixado no solo. Segundo a pesquisadora é a primeira vez que se desenvolve um modelo com garrafas PET. Houve um experimento norte-americano com pneus, mas que não obteve os mesmos resultados devido à percolação. “As obras fixas normalmente



A engenheira Luana Kann Kelch Vieira, autora da dissertação: um ano de estudos teóricos para o desenvolvimento do modelo

são mais caras. Nesse caso, desenvolvemos um quebra-mar com garrafas PET, que são facilmente encontradas ou podem ser compradas em cooperativas de lixo reciclável”, complementa Luana.

As garrafas de Politereftalato de Etileno (PET) demoram até 400 anos para se degradar na natureza. Além do fator econômico, o uso da garrafa está justificado nas leis da física. De acordo com Luana, “a garrafa PET é o elemento flutuante, porque, quando cheia de ar, gera o empuxo, que é a força que vai resistir à passagem da onda”.

O modelo elaborado na escala de 1:25 foi construído com 1.260 garrafas de 500 mililitros. Os recipientes foram vedados e presos com fita adesiva para depois serem agrupados em 21 blocos amarrados com arame e compactados com barras de aço de construção. A extensão dos blocos no canal chegou a quatro metros e meio de altura e noventa centímetros de largura. Em escala real, o modelo teria 112 metros de extensão. A ancoragem foi feita com cordas de PET reciclado.

Para aqueles que estranham o fato de o quebra-mar flutuante ficar “ancorado”, Luana explica que o dispositivo precisa ser preso para ficar parcialmente submerso. “Se a estrutura flutuasse, a onda passaria por ela, sem resistência. Dessa forma, o quebra-mar fica tensionado, criando um obstáculo físico. O nome ‘flutuante’ é só porque, quando não ancorada, a obra flutua”.

### Testes

Após um ano de estudos teóricos para a construção do modelo, os testes foram feitos no canal do Centro Tecnológico de Hidráulica

da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP), que apoiou o projeto. O canal de ondas funciona com uma placa geradora que se movimenta de acordo com a calibragem inserida em um programa de computador.

Uma onda, tanto a natural como a simulada, tem sua energia medida pela altura, o que não significa, no entanto, que, quanto mais alta, maior será sua força. Esta relação está condicionada ao seu comprimento e também ao período da onda, ou seja, a distância e o tempo necessários para que a ondulação se repita. São estes os fatores que determinam a eficiência do quebra-mar. Para projetos de engenharia costeira são simuladas ondas entre 3 e 5 metros de altura.

O ensaio com cada onda no canal durou dez minutos. Foram programadas ondas de 0,5 metro até 3 metros de altura (de 20 a 120 milímetros no modelo), e período real de 4,5 até 8,5 segundos (0,9 até 1,7 segundo na escala reduzida). O melhor resultado, quando a energia da onda foi dissipada em 98%, foi na altura de 60 e 80 milímetros e período de 0,9 segundo. Se os valores fossem transportados para a natureza, seria o equivalente a uma onda que chegou ao quebra-mar com 2 metros de altura e, depois de atravessá-lo, não passou de 4.

O resultado mais baixo, por sua vez, foi para ondas de 1 metro (escala real) e período de 8,5 segundos, quando a redução não atingiu 25% da altura da onda. “Não quer dizer que este resultado é ruim. Há barreiras que são construídas para esta faixa de atuação. O que nós podemos dizer é que a onda ‘curta’ é melhor reduzida no modelo do que a onda longa. O quebra-mar funciona bem de

acordo com o que nós determinamos como objetivo”, diz a pesquisadora.

### Percolação

“O mais relevante neste projeto é o fato de termos conseguido a redução de altura da onda por meio da percolação”, avisa Luana. Pela primeira vez, segundo ela, o princípio foi utilizado neste sentido. A inovação está em processo de patenteamento junto ao Instituto Nacional de Propriedade Industrial (Inpi), por intermédio da Agência de Inovação Inova Unicamp.

O processo é bastante simples. O quebra-mar é constituído de garrafas PET agrupadas e, portanto, há espaço entre elas. A onda passa justamente por estes caminhos para atravessar a barreira. Com as turbulências e o atrito entre o fluido e as paredes da garrafa PET, a energia da onda diminui. Segundo a pesquisadora, no quebra-mar comum a onda é reduzida por arrebentação ou reflexão. “O modelo desenvolvido ‘deixa a água passar’, gerando turbulência e atrito com as garrafas. A onda perde energia durante sua percolação”.

A continuidade da pesquisa agora deverá levar em conta algumas questões cruciais para o projeto. O protótipo se mostrou inviável para instalação em campo por vários motivos. Em primeiro lugar, o problema da corrosão que descartou logo de princípio o aço de construção sem revestimento. A falta de rigidez, ocasionada pelas barras de aço que foram amarradas, também foi um problema. O material utilizado em uma próxima etapa terá que resultar numa armação mais firme. “O ideal é usar barras corridas porque a estrutura não pode ter nenhum ‘jogo’. Precisamos estudar quais materiais devemos escolher para os testes em campo” acrescenta Luana.

Ela também enfatiza que o canal é diferente da natureza, onde as ondas são irregulares e o corpo d’água, seja de um rio ou do mar, é bem menos estreito. O tamanho de um novo modelo para aplicação em campo também será redefinido. Para o orientador da pesquisa, “os resultados obtidos até o momento são extremamente animadores, pois com a adoção de um quebra-mar cerca de três vezes mais comprido que a onda, obtivemos uma redução de quase 100% da sua altura, o que é muito melhor do que qualquer resultado divulgado até hoje para estruturas deste tipo. Além disso, a perda de energia por percolação diminui os impactos ambientais gerados pela reflexão de ondas ocasionada pelos quebra-mares flutuantes tradicionais”.

### Publicação

**Dissertação:** “Desenvolvimento e análise de desempenho de um quebra-mar construído a partir de garrafas de Politereftalato de Etileno (PET)  
**Autor:** Luana Kelch Vieira  
**Orientador:** Tiago Zenker Gireli  
**Unidade:** Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo (FEC)