

ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO



PHA3337 - Água em Sistemas Urbanos I
Prof. Joaquin Ignacio Bonnacarrere Garcia

INTERVENÇÕES URBANAS PARA PROTEÇÃO E MITIGAÇÃO DE EFEITOS DE FURACÕES

Daniel Manabe Pasetti	8588672
Emerson Massaiti Haro	8588539
Felipe Ramires Neudl	9373570
Leonardo Bertoline	8585557
Marco Antônio Morimoto	9846222
Vinícius Gonçalves Ribeiro	7976572

SUMÁRIO

Introdução.....	3
O furacão Sandy.....	4
Medidas adotadas na cidade de New York.....	7
Projeto da barreira Oosterscheldekering, na Holanda	12
Conclusão.....	13
Referências Bibliográficas	13

INTRODUÇÃO

Os furacões são fenômenos climáticos naturais que consistem em perturbações na atmosfera e causam ventos de até 250 quilômetros por hora. Os furacões são formados pelo deslocamento das correntes de ar de sistemas de baixa pressão que se transformam em grandes turbilhões que giram em grandes círculos. Eles costumam se formar nas regiões equatoriais do planeta, onde ocorre a maior taxa de evaporação nos mares devido às altas temperaturas. A Figura 1 apresenta o modo de formação de um furacão.

Figura 1 - Formação de um furacão



Fonte: <http://meioambiente.culturamix.com/natureza/ciclones-furacoes-tufoes-e-tornados>

Os furacões são classificados de acordo com a velocidade dos seus ventos. As classes em que se enquadram os furacões variam de 1 a 5, onde a classe 1 representa as menores velocidades e a classe 5 representa as maiores velocidades. A Tabela 1 apresenta a divisão das classes.

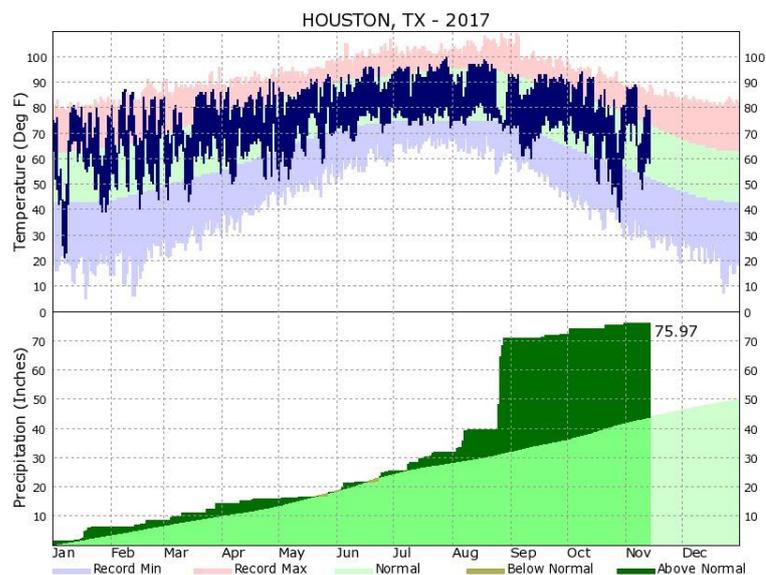
Tabela 1 - Classificação dos furacões

Nível da Escala	Velocidade dos ventos (km/h)
Tempestade Tropical	51 - 118
Classe 1	119 - 151
Classe 2	152 - 176

Classe 3	177 - 208
Classe 4	209 - 248
Classe 5	> 248

Os furacões causam grandes alterações meteorológicas em escala internacional. Uma das consequências mais importantes desse fenômeno meteorológico é o aumento significativo da precipitação, que causa grandes inundações nas regiões afetadas. A grande precipitação é proveniente de toda a água evaporada em uma vasta área nos oceanos. A Figura 2 ilustra o aumento da precipitação na passagem do furacão Harvey em 2017, nos Estados Unidos.

Figura 2 – Aumento da precipitação devido ao furacão Harvey nos Estados Unidos. Disponível em <http://www.weather.gov/hgx/climate_graphs_iah>. Acesso em 17/11/2017



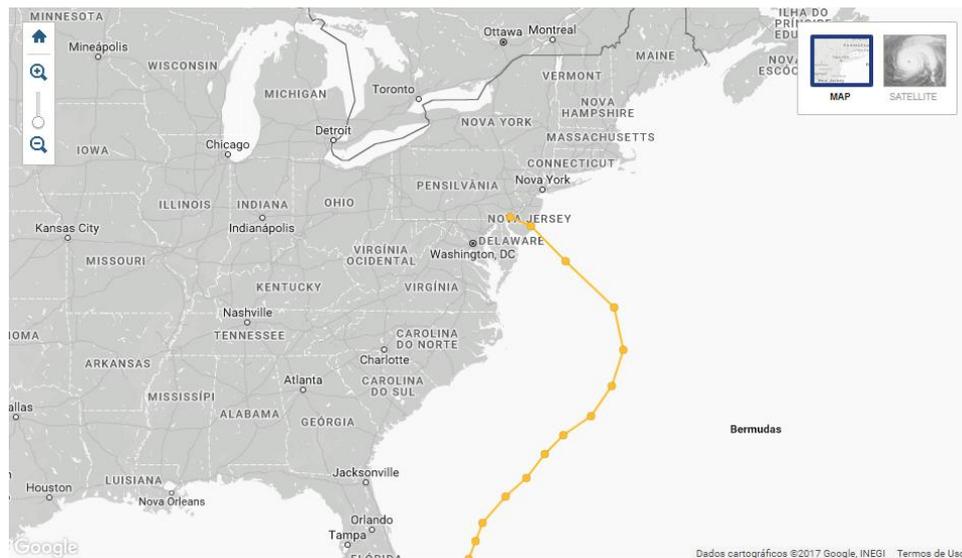
É de suma importância o desenvolvimento de técnicas para combater os efeitos das grandes inundações causadas pelos furacões, especialmente nos países em que o fenômeno acontece com certa frequência. Nos próximos itens serão apresentados algumas das técnicas utilizadas pelo governo americano para amenizar esses efeitos.

O FURACÃO SANDY

O furacão Sandy se formou como uma tempestade tropical no mar do Caribe, em 22 de outubro de 2012. Tendo atingido em seu pico a categoria 2, com ventos de quase 170 km/h, passou por Cuba, Jamaica, Bahamas, Haiti e República Dominicana antes de atingir 24 Estados americanos. A tempestade chegou na costa de New Jersey no dia 29 de Outubro como um ciclone extra-tropical, tendo seus efeitos sentidos pelo continente já no dia 28. Se dissipou no dia 31 de outubro de 2012, a sudoeste de Atlantic City.

Quando comparado com outros furacões que ocorreram nos Estados Unidos, o furacão Sandy teve características que o tornaram único. Não teve grande intensidade de ventos (chegou a ventos de 170 km/h – categoria 2) ou de pluviometria (as regiões com as chuvas mais intensas chegaram a 300 mm, muito abaixo dos 1300 mm vistos recentemente no furacão Harvey, no Texas). Contudo, foi um furacão de grandes dimensões, chegando a um diâmetro de quase 1500 km.

Figura 3 – Caminho do furacão Sandy. Adaptado de <http://www.nytimes.com/interactive/2012/10/26/us/hurricane-sandy-map.html>. Acessado em 17/11/2017



A destruição do furacão na cidade de New York se deveu não às precipitações vindas da tormenta – que, nesta região, chegaram a menos de 25 mm –, mas à forte maré de tempestade. Chegando a quatro metros de altura de maré de tempestade e, aliado à maré astronômica alta, o Oceano Atlântico invadiu diversas regiões da cidade, inundando o sistema de metrô e deixando milhões sem energia elétrica. A peculiar intensidade desta maré se deveu a vários fatores: o ângulo de ataque do furacão, perpendicular à costa de New York; a extensão da tempestade, de quase 1500 km de diâmetro, que foi capaz de movimentar maiores massas de água; características da topografia local, como a baixa declividade na região costeira, que favorecem a formação de marés de tempestade mais intensas etc.

Uma consequência adicional da maré de tempestade que agravou a intensidade das enchentes foi a obstrução do sistema de drenagem urbana. Nas regiões mais afetadas pela inundação o sistema presente era o separador absoluto, que joga as águas pluviais diretamente no oceano. Com a maré de tempestade tão alta, esta pôde invadir o sistema de macrodrenagem, causando um remanso que se propagou a montante.

Figura 4 – Sistemas de drenagem urbana de Nova York. Adaptado de http://www.nyc.gov/html/dep/pdf/green_infrastructure/sewer_drainage_area_types_map.pdf. Acesso em 17/11/2017.

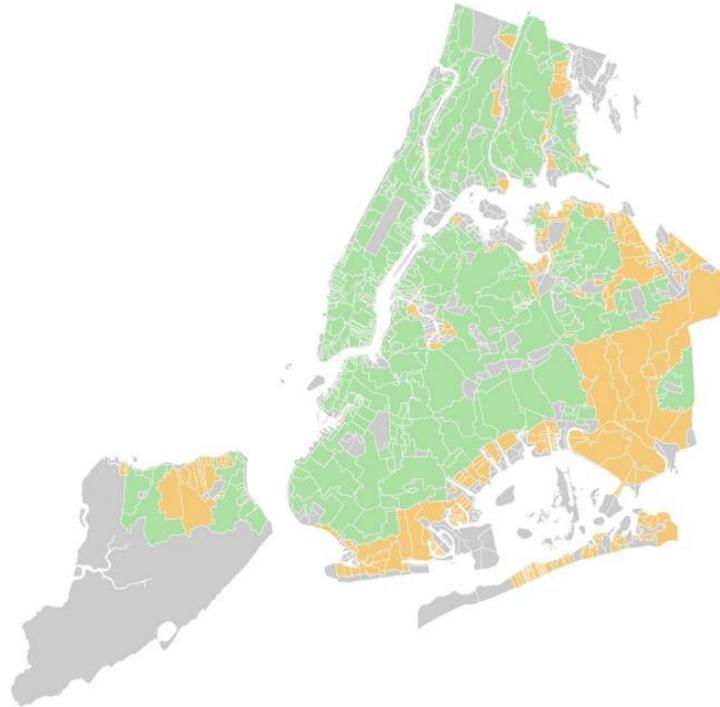
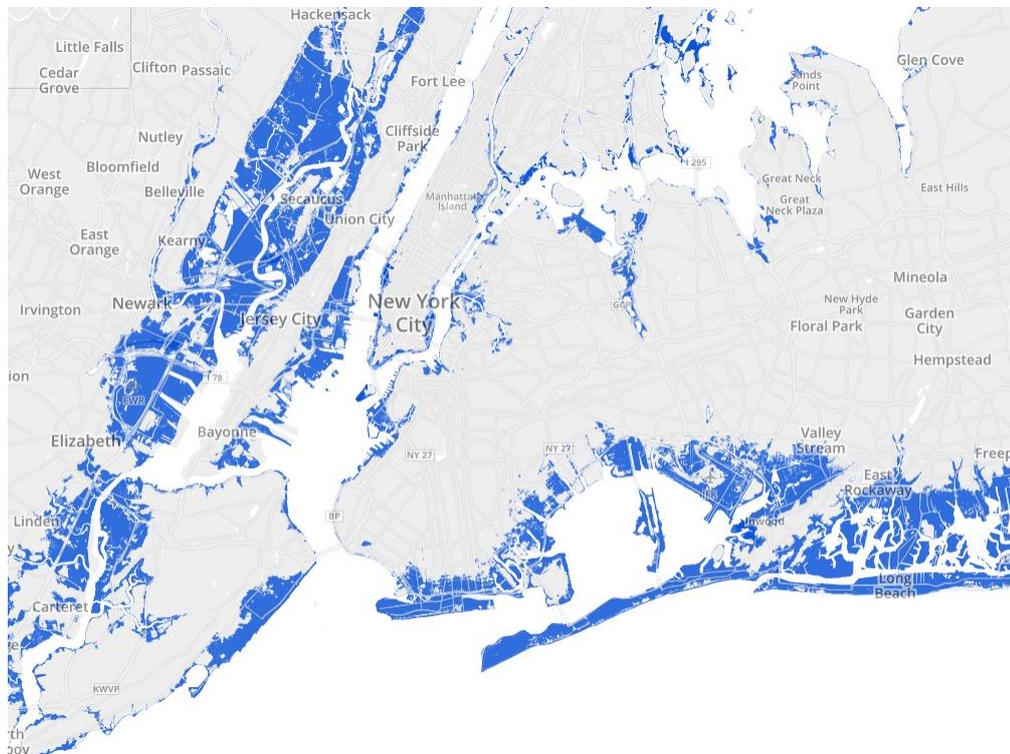


Figura 5 - Regiões inundadas pelo furacão Sandy. Adaptado de <https://project.wnyc.org/flooding-sandy-new/#11.00/40.6921/-73.9637>. Acesso em 17/11/2017.



MEDIDAS ADOTADAS NA CIDADE DE NEW YORK

A cidade de New York, desde a ocorrência do furacão Sandy, vem movendo esforços para reduzir os efeitos negativos causados pelas enchentes decorrentes das chuvas e das tempestades marítimas geradas durante este tipo de tempestade. Regiões importantes da cidade, com as altitudes mais próximas ao nível do mar, enfrentaram graves problemas com o aumento do nível do mar durante o furacão. Tendo isso em mente, 5 anos após a ocorrência do Sandy, existem diferentes projetos espalhados ao longo dos distritos da cidade com vistas à proteção costeira contra inundações causadas pelas ondas. A seguir, são apresentados 5 projetos com a finalidade de proteção costeira urbana e redução de impactos das enchentes.

SISTEMA INTEGRADO DE PROTEÇÃO CONTRA ENCHENTES DE RED HOOK, REGIÃO DO BROOKLYN

Uma das regiões mais afetadas com o furacão Sandy, Red Hook conta com um orçamento da ordem de 100 milhões de dólares para a construção de sistemas de proteção contra enchentes. Estão em estudo três diferentes localidades para a implantação dos projetos, os quais devem envolver estruturas permanentes e submersíveis. A imagem a seguir mostra o formato da costa da região de Red Hook para melhor entendimento das soluções que serão apresentadas posteriormente.

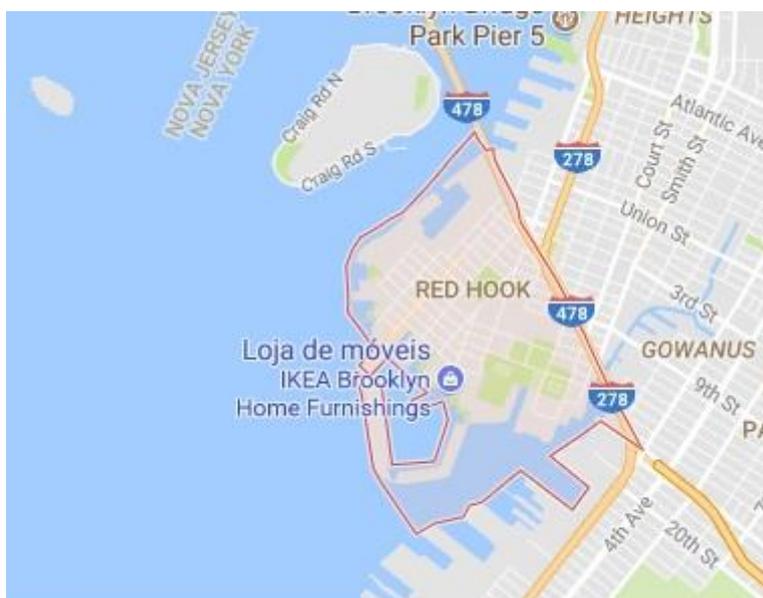


Figura 6: Região do bairro de Red Hook, em New York. Adaptado de: <https://www.google.com.br/maps/place/Red+Hook,+Brooklyn,+NY,+EUA/@40.6678391,-74.0647528,11.71z/data=!4m5!3m4!1s0x89c25a8b871387bf:0x2263f9e675a35940!8m2!3d40.6772802!4d-74.0094471>. Acesso em 15/11/2017.

A seguir, são apresentadas as três alternativas de localização:

A primeira visa à proteção costeira em torno de toda a vizinhança local. Esta opção ofereceria a melhor proteção contra enchentes, mas seria, no entanto, a

alternativa mais cara. Além disso, essa alternativa impactaria o acesso da população à orla, algo que desagradaria a população local.

A segunda opção seria a intermediária, considerando a implementação das estruturas um pouco mais para dentro do continente, deixando a orla vulnerável. Entretanto, seria uma alternativa mais barata que a primeira, deixando a orla mais acessível à população.

A terceira opção seria implantar as estruturas mais adentro do continente, protegendo menor área que a segunda alternativa. Novamente, seria outra opção mais barata que a primeira, deixando a orla acessível à população.

CALÇADÃO DE ROCKWAY BEACH, REGIÃO DO QUEENS

Região dizimada pelo furacão Sandy, a recuperação dessa área compreende a implantação de uma ciclovia e escadas e rampas feitas com madeira recuperada do calçadão anterior à enchente. Os padrões atuais do calçadão seguem os padrões contra enchente da Federal Emergency Management Agency (FEMA). Para atender às exigências, houve elevação do nível do calçamento, de modo que, em alguns pontos, ela alcança uma altura até 4,3 metros superior em relação à altura original anterior a Sandy.

A recuperação da região exigiu, no entanto, um investimento da ordem de 480 milhões de dólares, abrangendo uma extensão de costa de 7,6 km.

PROJETO DE RESILIÊNCIA DE HUNTS POINT, REGIÃO DE THE BRONX

Esta região não sofreu tantos problemas com o furacão Sandy quanto as anteriores, entretanto, é uma região com importantes atividades econômicas vulneráveis a enchente. A área industrial do bairro apresenta baixa elevação em relação ao nível do mar. Além disso, com a implantação das estruturas de proteção, são previstos projetos de instalação de usinas de geração de energia elétrica sustentável, como digestores anaeróbios, painéis fotovoltaicos e usinas de aproveitamento de energia das marés. Com isso, alternativas como implantação de diques, muros para contenção de enchentes, estruturas eleváveis e bombas submersíveis estão entre as possíveis de serem implantadas na região. O custo total de implantação de tais soluções é estimado em torno de 45 milhões de dólares.

PROJETO DE PROTEÇÃO CONTRA ENCHENTES DE MIDLAND BEACH, REGIÃO DE STATEN ISLAND

Orçado no valor de 22 milhões de dólares, este projeto visa prevenir a região dos efeitos devastadores de grandes enchentes provocadas por furacões por meio da restauração de áreas de drenagem natural, de modo a permitir que elas estoquem e filtrem as águas dessas tempestades, formando um verdadeiro cinturão azul na região da bacia de New Creek (ou New Creek Bluebelt, como ele é chamado). Com este projeto, mais de 5 hectares de zonas propensas a inundações serão restaurados e um novo ramo da bacia hidrográfica de New Creek será criado para conduzir a água dessas zonas até o principal canal da bacia.

PROJETO DE RESILIÊNCIA COSTEIRA DE LOWER MANHATTAN, REGIÃO DE MANHATTAN

Região com grande quantidade de escritórios de negócios, diversas empresas quebraram com a ocorrência do furacão Sandy. Deste modo, a região, umas de maior importância econômica para a cidade de Nova York, tem como alternativas de proteção às enchentes a implantação de muros móveis submersíveis (deployable flood walls), vias elevadas e bermas. O custo total de construção está previsto em 311 milhões de dólares. A imagem a seguir ilustra as medidas que podem ser implantadas na região de Manhattan.

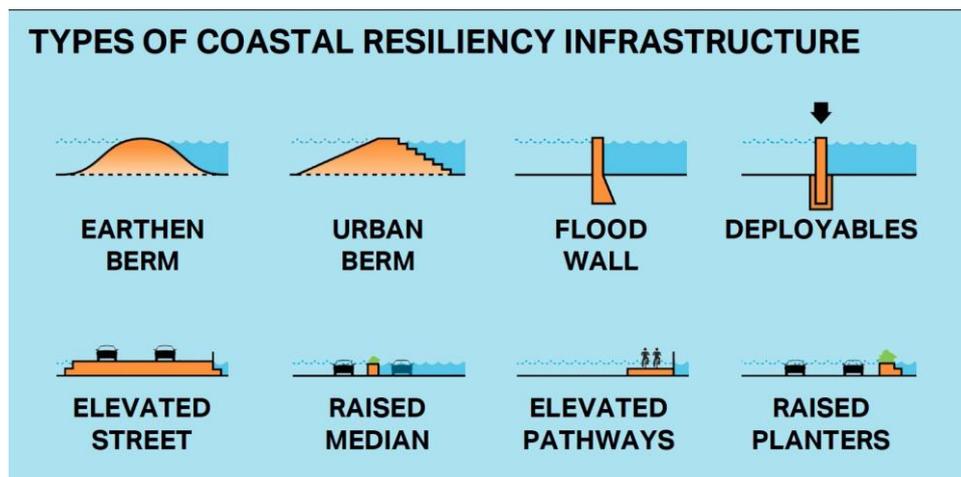


Figura 7: Medidas que podem ser implantadas em Manhattan. Adaptado de: <https://i0.wp.com/newyork.thecityatlas.org/files/LMCR1.jpg>. Acesso em 15/11/2017.

O grupo dinamarquês Bjarke Ingels (BIG) também propôs algumas soluções para combater os efeitos dos grandes volumes de água causados pelas chuvas dos fenômenos ciclônicos. As estruturas propostas integram o urbanismo em suas soluções para obter um melhor relacionamento com o ambiente social. As soluções propõem diferentes usos para as estruturas em situações do cotidiano (quando não há ocorrência de fenômenos naturais).

A primeira das soluções propostas é a criação de bermas contínuas de proteção com alturas de quase 5 metros e mais de 3 quilômetros de comprimento na área leste da baixa Manhattan.

Figura 8 - Representação das bermas contínuas de proteção



Fonte: The Guardian, 2015. Disponível em <https://www.theguardian.com/cities/2015/mar/09/bjarke-ingels-new-york-dryline-park-flood-hurricane-sandy>. Acesso em 17/11/2017.

Entre as pontes Brooklyn e Manhattan, em suas partes inferiores, foi proposto um sistema de painéis que se erguem em um evento de precipitação intensa, criando uma parede de proteção contra a inundação. Esta área será transformada em um espaço público para a realização de atividades nas situações sem ocorrência de eventos meteorológicos.

Seguindo o contorno da ilha, em sua parte mais baixa uma série de pavilhões em forma de comprimidos foram projetados com paredes e portas de paredes resistentes que deslizam para encaixar as lacunas em casos de emergência, formando uma barreira que impede o avanço da inundação.

Ao seguir a linha seca proposta, serão criados bermas de proteção no Battery Park que se entrelaçam no formato de dedos para um melhor controle no avanço da água. Em conjunto foi proposto um museu marítimo onde os visitantes conseguem visualizar a subida das águas por meio de janelas em um compartimento protegido, formando uma "aquário ao contrário" (Figura 10).

Figura 9 – Uso recreativo das áreas de bermas de proteção



Fonte: The Guardian, 2015. Disponível em <https://www.theguardian.com/cities/2015/mar/09/bjarke-ingels-new-york-dryline-park-flood-hurricane-sandy>. Acesso em 17/11/2017.

Figura 10 – Vista dos "Aquários ao contrário"



Fonte: The Guardian, 2015. Disponível em <https://www.theguardian.com/cities/2015/mar/09/bjarke-ingels-new-york-dryline-park-flood-hurricane-sandy>. Acesso em 17/11/2017.

PROJETO DA BARREIRA OOSTERSCHELDEKERING, NA HOLANDA

Além dos Estados Unidos, outros países sofrem com a frequência dos furacões. A Holanda, por exemplo, após muitos anos enfrentando problemas com inundações e contendo metade da população vivendo em terras abaixo do nível do mar, se viu na necessidade de proteger as zonas costeiras e se tornando extremamente capacitada neste setor.

Em 1953, após as Inundações do Mar do Norte atingirem a Holanda e as trágicas consequências, como a morte de quase duas mil pessoas, foi construído o Oosterscheldekering, um dispositivo com 9 km de extensão e 64 portões (Figura 11). Com este aprendizado, após o furacão Katrina atingir o estado de Louisiana no Estados Unidos, os holandeses ajudaram na reconstrução de diques e barreiras.

As soluções a serem investidas a longo prazo variam e o interesse dos países afetados por este tipo de catástrofe geralmente ocorre depois do acontecimento. Outro problema das construções de barreiras é quando a infraestrutura afeta a população no acesso ao mar, entretanto os holandeses estão sempre buscando novas maneiras de utilizar a água das inundações, não pensando somente na prevenção. O faturamento das empresas holandesas já chega a mais de 15 milhões de euros, segundo Lennart Silvis, diretor da Associação Holandesa de Água Empresas de Dragagem.



Figura 11 – Oosterscheldekering. Fonte: Holland. Disponível em <https://www.holland.com/br/turismo/descubra-a-holanda/barreira-contra-tempestade-oosterschelde.htm>. Acesso em 16/11/2017.

CONCLUSÃO

Furacões e tempestades extra-tropicais causam danos em escala dificilmente equiparada às cidades e suas populações. O furacão Sandy, por exemplo, causou 233 mortes e aproximadamente 75 bilhões de dólares (valores de 2012) em danos. Além disso, estudos apontam que as mudanças climáticas tendem a aumentar a intensidade dos furacões mais fortes, devido ao aquecimento médio dos oceanos.

As intervenções aqui vistas são de grande porte e, conseqüentemente, exigirão elevado grau de investimento por parte dos governos locais e federais, muito acima dos aportes vistos para cidades sem tais eventos extremos; também não são à prova de falhas, como qualquer obra de engenharia. Contudo, visto o grau de devastação causado por estas tempestades intensas e a tendência destas se tornarem ainda mais fortes nos próximos anos, investimentos de tal vulto para mitigação e possível bloqueio dos efeitos de tais tempestades tornam-se não apenas atraentes, mas imprescindíveis.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

COHN A. **New York City's Green Solutions to Urban Drainage and Resilient Neighbourhoods**. NYC Department of Environmental Protection, 2016.

COWAN L. P.; FUENTES L.; GONZÁLEZ S. K.; ORTEGA-WILLIAMS A.; SCHMELTZ M. T. **Lessons from Hurricane Sandy: a Community Response in Brooklyn, New York**. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3795193/>>. Acesso em novembro de 2017.

HONAN K.; PLAGIANOS I.; RIZZI N.; VENUGOPAL N. **5 Resiliency Projects to Watch 4 Years After Hurricane Sandy**. Disponível em: <<https://www.dnainfo.com/new-york/20161029/red-hook/hurricane-sandy-anniversary-resiliency-flood-protection-nyc>>. Acesso em novembro de 2017.

WAINWRIGHT O. **Bjarke Ingels on the New York Dryline: 'We think of it as the love-child of Robert Moses and Jane Jacobs'**. Disponível em: <<https://www.theguardian.com/cities/2015/mar/09/bjarke-ingels-new-york-dryline-park-flood-hurricane-sandy>>. Acesso em novembro de 2017.

DELAUNAY, Nicolas. **Holanda especialista em proteção-contra a ameaça da água**. Disponível em: <<https://exame.abril.com.br/mundo/holanda-especialista-em-protecao-contra-a-ameaca-da-agua/>>. Acesso em: 16 nov. 2017.

WALSH, Bryan. **Sandy what a coastal us can learn rom other threatened cities**. Disponível em: <<http://science.time.com/2012/11/05/sandy-what-a-coastal-u-s-can-learn-from-other-threatened-cities/>>. Acesso em: 16 nov. 2017.

WNYC. **Flooding and flooding zones**. How Sandy flooded the NY & NJ coastlines, with storm-surge predictions by hurricane size. Disponível em: <<https://project.wnyc.org/flooding-sandy-new/>>. Acesso em 17/11/2017.

Governo de New York. NYC Recovery & Resilience Interactive Map. Disponível em <<https://maps.nyc.gov/resiliency/>>. Acesso em 17/11/2017.