

# As cidades portuárias no contexto das alterações climáticas: o caso da cidade e do porto de Lisboa

## Port Cities and Climate Change: the case of the City and the Port of Lisbon

João Figueira de Sousa  
João Pedro T.A. Costa

### A adaptação às alterações climáticas e as cidades portuárias

As alterações climáticas constituem um fenómeno reconhecido institucionalmente há mais de um quarto de século, tendo a agenda da adaptação conquistado um protagonismo crescente nos últimos anos. Isto à medida que a agenda internacional da mitigação vai somando insucessos<sup>1</sup>. Caracterizada por uma abordagem “bottom-up”, localmente as comunidades e entidades públicas têm vindo a promover a suas agendas de adaptação com base nas estimativas avançadas pela comunidade científica para a transformação do clima em horizontes como 2050 ou 2100. Neste sentido, refira-se a inversão paradigmática da política holandesa, ocorrida em 2008, de relação com a água com mais de 200 anos: de “fighting against the water” para o novo enfoque de “working with the nature”, emanado do relatório da Comissão Delta (Deltacomissie, 2008).

As áreas costeiras, de delta e de estuário, onde se localizam as cidade portuárias, são também afetadas pelos diferentes tipos de impactos resultantes da transformação do clima, podendo identificar-se como mais significativos: 1. a subida do nível do mar; 2. a alteração nos padrões de inundações fluviais; 3. o incremento na ocorrência de eventos de “flash flood”; 4. a alteração nos padrões, frequência e localização de eventos climatológicos extremos; e 5. a alteração no equilíbrio dos ecossistemas locais.

Com abordagens próprias, cidades como Nova Iorque (New York City Panel on Climate Change, 2010), São Francisco (San Francisco Bay Conservation and Development Commission, 2009), Roterdão (Rotterdam Climate Initiative, 2010) ou Londres (Environment Agency, 2009; Mayor of London, 2010) não aguardaram por emanações superiores e desenvolveram recentemente as suas estratégias de adaptação. Nestes, e noutros casos, as metodologias adotadas apresentam alguns passos comuns, designadamente: 1. a identificação de cenários de transformação do clima em horizontes como 2050, 2080 ou 2100, ajustados ao estado dos conhecimentos, e 2. o ensaio dos respetivos impactos

### Port cities and adapting to climate change

It has been generally accepted for more than a quarter of a century that climate change is taking place. In recent years the institutions involved have become increasingly concerned with drawing up plans for adapting to this phenomenon, while at the same time the international mitigation schedule has been afflicted by one failure after another<sup>1</sup>. Characterised by a bottom-up approach, local communities and public bodies have been basing their adaptation agendas on the estimates that have been put forward by the scientific community with respect to climate change scenarios in the year 2050 or 2100. In this sense, reference should be made to the complete change made in Dutch policy that took place in 2008. Over the previous 200 years the country had been “fighting against water”, whereas this approach has now been replaced by a “working with nature” policy, as a result of the report issued by the Delta Commission (Deltacomissie, 2008).

As port cities lie in coastal areas, deltas and estuaries, they are also affected by the numerous effects of climate change, the major ones being as follows: 1. rising sea level; 2. changes in the river flood patterns; 3. an increase in the frequency of flash floods; 4. changes in extreme weather patterns, frequencies and locations; and 5. disturbances affecting the balance in local ecosystems.

Cities such as New York (New York City Panel on Climate Change, 2010), San Francisco (San Francisco Bay Conservation and Development Commission, 2009), Rotterdam (Rotterdam Climate Initiative, 2010) or London (Environment Agency, 2009; Mayor of London, 2010), each with its own approach, did not wait for higher emissions and recently developed their own adaptation strategies. Not only in these cases but also in others, some of the steps taken in the methodologies are identical, namely: 1. pinpointing climate change scenarios for the years 2050, 2080 or 2100, adapted to the state of the art, and 2. testing the respective impacts on the land, focusing specifically on the established urban zones and on the main infrastructures, including port infrastructures. All of this goes to show that these assessments are now being taken seriously and that an attempt is now being made to face up to the consequences of these phenomena, considered to be increasingly likely, safe in the knowledge that “cities can no longer claim to be caught unawares where climate change is concerned (...). Any delay in taking action to adapt, would probably end up making it necessary to take action on a much larger scale at some point in the future, so measures must be taken before it is too late” (EEA 2012, p.7, translated by the authors).

It must be noted that, in view of the increasing values published in the report issued by the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2007), these studies took for reference purposes, sea level rise estimates



Fig. 1

territoriais, com um enfoque particular nas zonas urbanas consolidadas e nas principais infraestruturas, incluindo as portuárias. O retirar de consequências destas avaliações é diversificado e pressupõe a opção política de querer enfrentar desde já fenómenos a prazo, tidos como cada vez mais prováveis, na certeza de que “as cidades não se podem afirmar desprevenidas relativamente às alterações climáticas (...)”. Atrasar as ações de adaptação resultará, com grande probabilidade, em encargos acrescidos e de maior escala em momentos posteriores, de modo a que as medidas não cheguem tarde demais” (EEA 2012, p.7, tradução dos autores).

Note-se que, conhecendo valores crescentes desde o relatório do Painel Internacional para as Alterações Climáticas (IPCC, 2007), estes estudos tomaram como referência de trabalho estimativas de subida do nível médio do mar de 1,30m para 2080 em Nova Iorque, de 1,40m para 2100 na Califórnia, ou de 1,30 para 2010 em Roterdão.

### As alterações climáticas e as infraestruturas portuárias

Os impactos das alterações climáticas sobre o sistema de transporte podem ser classificados sob três aspectos: a) impactos sobre a infra-estrutura de transportes; b) impactos sobre veículos; c) impactos sobre a mobilidade de pessoas e bens. No caso particular das cidades portuárias, os portos constituem infraestruturas cruciais na cadeia de impactos das alterações climáticas. Localizados em zonas costeiras ou em estuários de grandes rios, estes encontram-se seriamente susceptíveis à subida do nível médio da água do mar, o que pode provocar ou agravar situações de inundações, estando ainda fortemente sujeitos a tempestades e furações. Os eventos climáticos extremos que têm ocorrido nos últimos anos podem ser tidos como exemplo do que poderá acontecer ainda com mais intensidade e frequência no futuro em algumas regiões costeiras. O reconhecimento da vulnerabilidade potencial destas infra-estruturas contribuiu para que as entidades portuárias tenham vindo a dedicar mais atenção a esta problemática,

of 1.30 m for New York in the year 2080, 1.40 m for California in 2100 and 1.30 for Rotterdam in 2010.

### Climate change and port infrastructures

The effects of climate change on the transport system can be classified into three basic impacts: a) impacts on the transport infrastructure; b) impacts on vehicles; and c) impacts on the mobility of people and property.

In the specific case of port cities, ports are crucial infrastructures in the chain of climate change impacts. As they lie in coastal areas or in the estuaries of major rivers, they are highly sensitive to any rise in the average sea level, which could either bring about flood scenarios or make flooding more severe, so they are much more exposed to the effects of storms and hurricanes. Extreme weather events that have occurred in recent years could be quoted by way of examples of what could happen in the future with even greater frequency and intensity in some coastal regions. Acceptance of the potential vulnerability of these infrastructures has led Port Authorities to pay more attention to this problem and to carry out activities aimed at monitoring such meteorological aspects as temperature, sea level and wind speed, as well as devoting more time to analysing extreme weather events and their impact.

In the majority of cases, the most immediate concern is the rising sea level and the need to raise

the infrastructure level as a guarantee against flooding. When it is necessary to construct new port infrastructures or to adapt those that already exist, the approach takes into account the predictions concerning the rise in the sea level throughout the entire estimated working life of the port facilities in question. Another potential response to the greater risk of extreme weather phenomena occurring involves changing the construction patterns for the termini, cranes, lighting systems and other infrastructures, making them more likely to withstand such extreme events.

### The city and the port of Lisbon

In the case of Lisbon, the research project “Urbanised Estuaries and Deltas”, financed by the Fundação para a Ciência e Tecnologia (Science and Technology Trust) and coordinated by the authors of this article, is given over to testing out scenarios involving the territorial impact of climate change and potential responses scenarios where adaptation is concerned. Throughout the length of Lisbon’s waterfront, the main “critical factor” associated with climate change is the risk of flooding. Several convergent phenomena are involved, starting with: 1. the rising sea level, 2. storms; 3. the gradual effects of the River Tagus bursting its banks, and 4. sudden flooding along the coastline where urban development has taken place. The following must also be considered: 5. the effects of

Fig. 1 - 2. Inundação do Cais do Sodré, em Lisboa, no dia 26 de Outubro de 2011, resultante de uma conjugação de fenómenos meteorológicos: agitação marítima e forte ondulação, com depressão atmosférica (responsável por uma sobrelevação da água do mar em cerca de 0,3 m).

Fonte: Administração do Porto de Lisboa.  
Flooding at Cais do Sodré, in Lisbon, on 26th October 2011, caused by a combination of meteorological phenomena: sea disturbance and heavy swell, with atmospheric depression (bringing about a rise in the sea level of approximately 0.3 m).  
Source: Lisbon Port Authority.



Fig. 2



Fig. 3

Fig. 3. Avanço das águas do mar na Praia de Carcavelos, no dia 19 de Setembro de 2012, coincidindo com o período de maré alta.

Fonte: Eng.º José Guerreiro, Administração do Porto de Lisboa.

Rising sea water on the Carcavelos Beach, on 19th September 2012, coinciding with high tide.  
Source: José Guerreiro, Engineer, Lisbon Port Authority.

Fig. 4. Simulações 3D, a partir de fotografia histórica da frente ribeirinha de Lisboa (Alcântara, 1967), da modelação urbana em 1998, e dos impactos de inundação resultantes de cenários variáveis de alterações climáticas, ao atingir os "tipping points" das cotas 4,00 m e 4,50 m.

Fonte: Projecto FCT "Urbanised Estuaries and Deltas": Arquivo Fotográfico de Lisboa e modelação de Luiza Barone, Saul Sieiro, Ana Raquel Ferrão, Ruben Guerreiro, Ivo Nascimento, Duarte Gameiro, Mónica Fernandes e Joana Almeida. 3D simulations, based upon photographs taken of Lisbon waterfront (Alcântara, 1967), urban modelling in 1998, and the impact caused by flooding in variable climate change scenarios, on reaching the tipping points at elevations 4.00 m and 4.50 m. Source: FCT Project "Urbanised Estuaries and Deltas": Archive photography of Lisbon and modelling by Luiza Barone, Saul Sieiro, Ana Raquel Ferrão, Ruben Guerreiro, Ivo Nascimento, Duarte Gameiro, Mónica Fernandes and Joana Almeida.

desenvolvendo acções de monitorização de elementos meteorológicos, como a temperatura, o nível da água do mar e a velocidade do vento, mas também de análise de eventos meteorológicos extremos e dos seus impactos.

Na maioria das situações, a preocupação mais imediata em relação à subida das águas do mar é a necessidade de elevar o nível de infraestrutura para evitar inundações. No caso da construção de novas infra-estruturas portuárias ou da adaptação das existentes, a concepção das infraestruturas tem já em conta a previsão de subida das águas por via do efeito das alterações climáticas para todo o tempo útil de vida estimado para as instalações portuárias. Uma outra resposta possível ao maior risco de fenómenos meteorológicos extremos passa pela mudança dos padrões de construção dos terminais, guindastes, sistemas de iluminação e outras infraestruturas, tornando-os mais resilientes a estes eventos extremos.

### A Cidade e o Porto de Lisboa

No que se refere ao caso de Lisboa, o projeto de investigação "Urbanised Estuaries and Deltas", financiado pela Fundação para a Ciência e Tecnologia e coordenado pelos autores deste artigo, tem-se dedicado a ensaiar cenários de

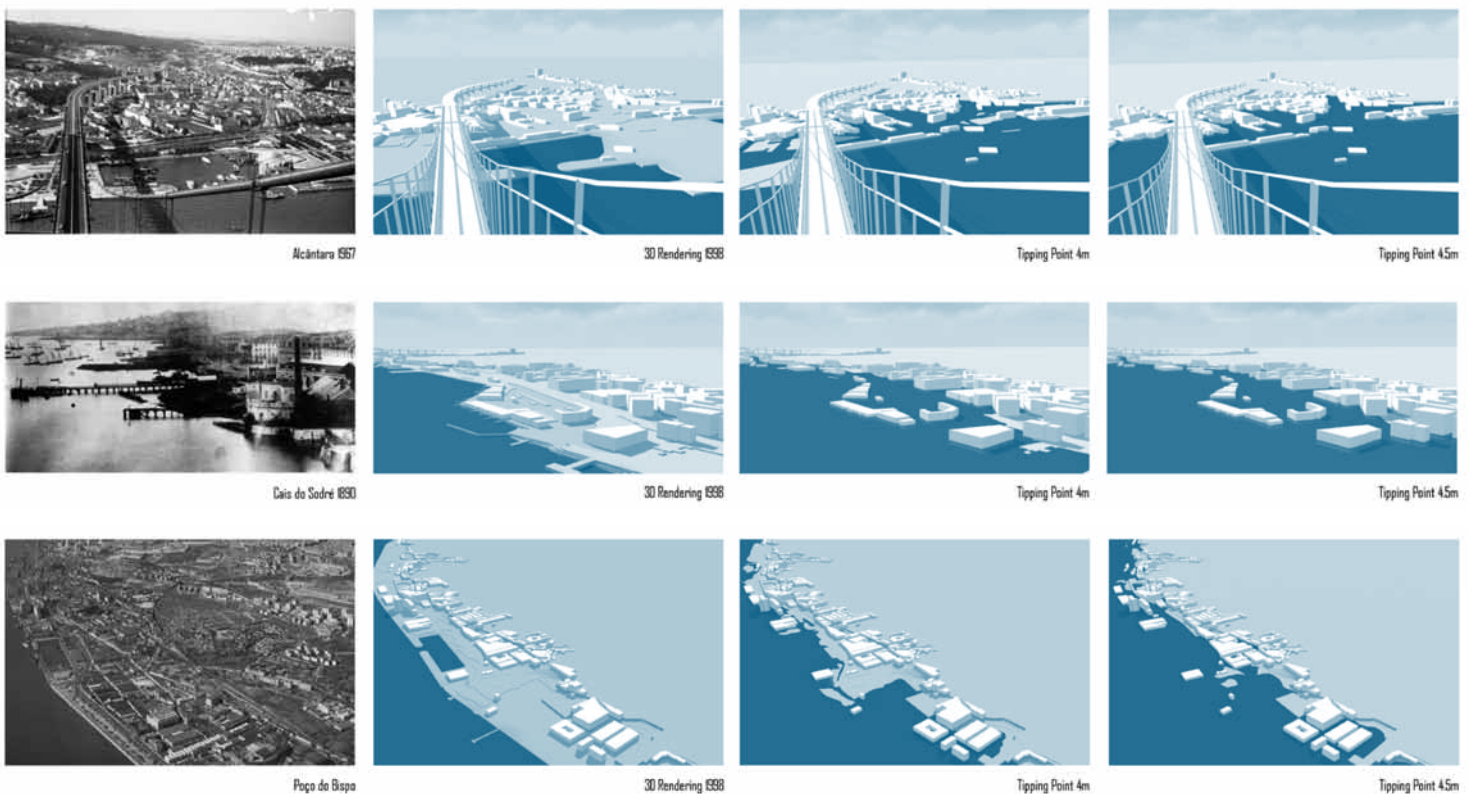


Fig. 4, 5, 6

the tidal cycle; 6. swell or sea circulation, and 7. correcting the mapping.

These phenomena have different effects on the city and port zones affected. Although the Lisbon Port Authorities do not expect major impacts in the short or medium term, as far as its infrastructures and commercial port activities are concerned, the port and city are finding themselves increasingly affected by flooding and a rise in the sea level. These series of events are a consequence of a combination of the above-mentioned phenomena and the effect are felt along certain stretches of coastline where there is a considerable amount of urban development or where resorts are located (Figures 1 and 2).

After a variety of tests had been conducted, land elevation 4.5 m was adopted as the tipping point, because it was considered to be the critical point for the year 2100. Flooding at this elevation could become a frequent occurrence when the highest tides coincide with extreme weather events, if the sea level rises by 1.4 m (Rahmstorf, 2010). The results yielded when this scenario is simulated can be seen in the 3D modelling shown in Figures 4 to 6. These images show the zones that are susceptible to flooding in the areas that are under the jurisdiction of Lisbon City Council and the Port of Lisbon Authority, and enable one begin to calculate their impact on the life of the city.

### Notes

1. Apart from a general failure to reach agreements over policies at successive summits, by the time the most recent one, "Rio+20", was held in June 2012, the greenhouse gases measurements showed great cause for concern: according to the International Energy Agency, in 2010 there was an increase of 1.6 Gigatonnes (Gt) in CO<sub>2</sub> emissions, rising from 29.0 Gt in 2009 to 30.6 Gt in 2010. The international commitment for 2020, the aim of which is to make sure that it is possible to achieve a global warming of 2 °C in 2100, was set at 32.0 Gt; it is admitted that this value had already been exceeded in 2011.



impactos territoriais das alterações climáticas e possíveis respostas de adaptação. Ao longo da frente de água de Lisboa, o principal “factor crítico” associado às alterações climáticas é o risco de inundações, onde convergem vários fenómenos, começando com: 1. o aumento do nível do mar; 2. as tempestades; 3. os efeitos progressivos das cheias do Tejo, e 4. as inundações repentinas ao longo das linhas de costa que acomodam contextos urbanos. Devem ainda ser considerados: 5. os efeitos do ciclo de maré; 6. a ondulação, e 7. a correcção topográfica da cartografia.

Estes fenómenos afectam indiferentemente os territórios afectos à cidade e ao porto. Embora a Administração do Porto de Lisboa não preveja impactos significativos a curto ou médio prazo no que se refere às suas infraestruturas e à actividade portuária comercial, têm vindo a ocorrer com intensidade acrescida episódios significativos ao nível das inundações e dos efeitos provocados pela subida das águas. Estes episódios resultam da conjugação dos fenómenos referidos anteriormente e fazem-se sentir ao longo de alguns trechos da linha de costa onde se localizam e desenvolvem actividades de cariz mais urbano ou associado ao uso balnear (figuras 1 e 2).

Após diferentes testes, foi adoptado como “tipping point” relevante a cota 4,5m da cartografia de terra enquanto ponto crítico no horizonte de 2100. A inundação nesta cota pode constituir uma ocorrência frequente na convergência das praia-mar mais acentuadas conjugada com a ocorrência de eventos climatológicos extremos, para uma subida do nível do mar de 1,4m (Rahmstorf, 2010). Os resultados da simulação deste cenário podem ser vistos através da modelação em 3D nas figuras 3 a 5. Estas imagens mostram a importância das áreas sujeitas a inundação, em territórios sob jurisdição da Câmara Municipal de Lisboa e da Administração do Porto de Lisboa, e permitem começar a equacionar o seu impacte na vida da cidade.

## Notas

1. Para além da ausência de consensos políticos efetivos em sucessivas cimeiras inconclusivas, na última – “Rio+20” –, realizada em Junho de 2012, as medições de emissões de gases com efeito de estufa avançam dados preocupantes: segundo a Agência Internacional de Energia, em 2010 o aumento de emissões de CO<sub>2</sub> foi de 1,6 Gigatoneladas (Gt), passando de 29,0 Gt em 2009 para 30,6 Gt em 2010. O compromisso internacional para 2020, de modo a garantir a meta de aquecimento global de 2 fflC em 2100, situa-se nas 32,0 Gt, valor que se admite ter sido superado já em 2011.

## Bibliografia / Bibliography

Calthorpe, P. (2011). *Urbanism in the age of Climate Change*. Washington. Island Press.

Costa, J. P., J. F. Sousa, et al. (2008). Projecto de investigação “Urbanised Estuaries and Deltas. In search for a comprehensive planning and overnance. The Lisbon case”. PTDC/AUR-URB/100309/2008. Lisboa. Faculdade de Arquitectura - Universidade Técnica de Lisboa, Fundação para a Ciência e Tecnologia.

Deltacommissie (2008); *Working together with water - A living land builds for its future*; Wilfried ten Brinke.

EEA (2012). *Urban adaptation to climate change in Europe*. Copenhaga. European Environment Agency 2: 143.

Environment Agency (2009). “Thames Estuary 2100: Managing flood risk through London and the Thames Estuary – Consultation Document”. Londres. Environment Agency, Thames Estuary Programme.

International Finance Corporation (2011). *Climate Risk and Business: Ports, Terminal Maríti-*

*mo Muelles el Bosque Cartagena*. Washington, CAKE.

IPCC (2007). *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Cambridge University Press.

Mayor of London (2010). *The draft climate change adaptation strategy for London*. Londres. Greater London Authority.

Meyer, H., I. Bobbink, et al. (2010). *Delta Urbanism. The Netherlands*. Chicago. Planners Press.

New York City Panel on Climate Change (2010). *Climate Change Adaptation in New York City: Building a Risk Management Response*. Nova Iorque. Annals of the New York Academy of Sciences.

Prasad, N., F. Ranghieri, et al. (2008). *Climate Resilient Cities - A Primer on Reducing Vulnerabilities to Disasters*. Washington, D.C. The World Bank.

Rahmstorf, Stefan (2010). *A new view on sea level rise*. in: Nature Reports Climate Change, Macmillan Publishers Limited, vol. 4, pp.44/45.

Fig. 5. Simulações 3D, a partir de fotografia histórica da frente ribeirinha de Lisboa (Cais do Sodré, 1890, antes da construção do aterro portuário), da modelação urbana em 1998, e dos impactos de inundação resultantes de cenários variáveis de alterações climáticas, ao atingir os “tipping points” das cotas 4,00 m e 4,50 m.

Fonte: Projecto FCT “Urbanised Estuaries and Deltas”: Filipe Jorge e modelação de Luiza Barone, Duarte Gameiro, Mónica Fernandes, Joana Almeida, Alexandra Hancock, Joana Caldeira, Daniela Pinto, Rúben Guerreiro, Ana Raquel Ferrão e Ivo Nascimento.

3D simulations, based upon photographs taken of Lisbon waterfront (Cais do Sodré, 1890, before the construction of the port landfill), urban modelling in 1998, and the impact caused by flooding in variable climate change scenarios, on reaching the tipping points at elevations 4.00 m and 4.50 m.

Source: FCT Project “Urbanised Estuaries and Deltas”: Filipe Jorge and modelling by Luiza Barone, Duarte Gameiro, Mónica Fernandes, Joana Almeida, Alexandra Hancock, Joana Caldeira, Daniela Pinto, Rúben Guerreiro, Ana Raquel Ferrão and Ivo Nascimento.

Fig. 6. Simulações 3D, a partir de fotografia contemporânea da frente ribeirinha de Lisboa (Poço do Bispo, 1994), da modelação urbana em 1998, e dos impactos de inundação resultantes de cenários variáveis de alterações climáticas, ao atingir os “tipping points” das cotas 4,00 m e 4,50 m.

Fonte: Projecto FCT “Urbanised Estuaries and Deltas”: Filipe Jorge e modelação de Luiza Barone, Saúl Sieiro, Alexandra Hancock, Joana Caldeira e Daniela Pinto.

3D simulations, based upon recent photographs taken of Lisbon waterfront (Poço do Bispo, 1994), urban modelling in 1998, and the impact caused by flooding in variable climate change scenarios, on reaching the tipping points at elevations 4.00 m and 4.50 m.

Source: FCT Project “Urbanised Estuaries and Deltas”: Filipe Jorge and modelling by Luiza Barone, Saúl Sieiro, Alexandra Hancock, Joana Caldeira and Daniela Pinto

Rotterdam Climate Initiative (2010). *Rotterdam Climate Proof Adaptation Programme 2010*. Roterdão. City of Rotterdam, Rotterdam Climate Initiative.

San Francisco Bay Conservation and Development Commission (2009). *Living with a Rising Bay: Vulnerability and Adaptation in San Francisco Bay and on its Shoreline*. São Francisco. Government of the State of California.

Santos, F. D.; P. Miranda (2006). “Alterações Climáticas em Portugal. Cenários, Impactos e Medidas de Adaptação - Projecto SIAM II”. Lisboa. Gradiva.

Swart, R., R. Biesbroek, et al. (2009). *Europe Adapts to Climate Change. Comparing National Adaptation Strategies*. Helsinquia. Finnish Environment Institute (SYKE).

USGCRP (2009). *Global Climate Change Impacts in the United States - A State of Knowledge Report from the U.S. Global Change Research Program*. Nova Iorque. Cambridge University Press.