



Erika Brum Palma Pereira

**A importância dos espaços livres públicos em
estratégias de adaptação de áreas urbanas
costeiras sujeitas à inundação no contexto da
mudança climática**

Dissertação de Mestrado

Dissertação apresentada como requisito parcial para
obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-
graduação em Arquitetura do Departamento de
Arquitetura e Urbanismo da PUC-Rio.

Orientador: Prof^a. Maria Fernanda Rodrigues Campos Lemos

Rio de Janeiro
Agosto de 2015



Erika Brum Palma Pereira

**A importância dos espaços livres públicos em
estratégias de adaptação de áreas urbanas
costeiras sujeitas à inundação no contexto da
mudança climática**

Dissertação de Mestrado

Dissertação apresentada como requisito parcial para
obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-
Graduação em Arquitetura do Departamento de
Arquitetura e Urbanismo da PUC-Rio. Aprovada pela
Comissão Examinadora abaixo assinada.

Prof^a. Maria Fernanda Rodrigues Campos Lemos

Orientadora

Departamento de Arquitetura e Urbanismo – PUC-Rio

Prof^o. Otávio Leonídio

Departamento de Arquitetura e Urbanismo – PUC-Rio

Prof^a. Rachel Coutinho

PROUR – UFRJ

Profa. Denise Berruezo Portinari

Coordenadora Setorial do Centro de
Teologia e Ciências Humanas– PUC-Rio

Rio de Janeiro, 24 de agosto de 2015

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem a autorização da universidade, da autora e do orientador.

Erika Brum Palma Pereira

Graduou-se em Arquitetura e Urbanismo pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro em 2013. Tem experiência na área de Arquitetura e Urbanismo, com ênfase em Arquitetura e Urbanismo. Participou da formulação de trabalhos de apoio a disciplina ARQ1106 - Projeto Urbano, junto com o design e organização de seu site. Contribui para a pesquisa sobre Vulnerabilidade Sócio Climática, Adaptação de Cidades para a Mudança Climática e Resiliência Urbana da Professora e Coordenadora do curso Dra. Maria Fernanda Campos Lemos. Participou do Curso Workshop: Adaptação Clima Rio. Adaptação para a Mudança Climática: Estratégias para o Enfrentamento da Elevação do Nível do Mar no Rio de Janeiro, com alunos da Universidade da Carolina do Norte em Charlotte.

Ficha Catalográfica

Pereira, Erika Brum Palma

A importância dos espaços livres públicos em estratégias de adaptação de áreas urbanas costeiras sujeitas à inundação no contexto da mudança climática / Erika Brum Palma Pereira ; orientadora: Maria Fernanda R. C. Lemos. – 2015.

196 f. ; 30 cm

Dissertação (mestrado)–Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, 2015.

Inclui bibliografia

1. Arquitetura – Teses. 2. Inundação. 3. Mudança climática. 4. Zonas costeiras. 5. Adaptação. 6. Espaço livre público. I. Lemos, Maria Fernanda R. C. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Arquitetura e Urbanismo. III. Título.

CDD: 720

Ao meu avô Cassiano por tornar possível eu
estudar o que amo investindo na minha
educação.

Agradecimentos

A minha orientadora Professora Maria Fernanda Lemos pelo constante aprendizado e parceria incondicional.

À FAPERJ e à PUC-Rio, pelos auxílios concedidos, sem os quais este trabalho não poderia ter sido realizado.

Ao meu pai e irmão pelas conversas e apoio.

Ao Mariano, meu segundo pai.

À minha avó pelo amor de mãe.

À minha Tia e Primas pela confiança.

Aos meus amigos da graduação da PUC-Rio pelo companheirismo.

Aos meus amigos da vida pela compreensão.

E, não menos importante, à minha mãe, companheira para o resto da minha vida.

Resumo

Pereira, Erika Brum Palma; Lemos, Maria Fernanda Rodrigues Campos. **A importância dos espaços livres públicos em estratégias de adaptação de áreas urbanas costeiras sujeitas à inundação no contexto da mudança climática.** Rio de Janeiro, 2015. 196p. Dissertação de Mestrado – Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Esta dissertação busca enfatizar a necessidade de adaptação à mudança climática principalmente em zonas costeiras de baixa altitude (LECZ) com o objetivo de destacar a importância dos espaços livres públicos em estratégias de adaptação de áreas urbanas costeiras sujeitas à inundação no contexto da mudança climática. Estas áreas são consideradas as mais vulneráveis devido à grande concentração de população, riqueza e centros comerciais em risco de inundações costeiras e terrestres, além de apresentar um alto grau de degradação do subsistema natural, por causa das atividades humanas e influências marítimas. O contexto da mudança climática agrava o grau de vulnerabilidade, ao projetar um aumento na intensidade das chuvas e tempestades, a temperatura média, e elevação do nível do mar. Em paralelo, o rápido crescimento populacional forma megacidades costeiras reproduzindo um modelo de ocupação insustentável. Assim, este trabalho pretende contribuir para a discussão de soluções práticas para adaptar as zonas costeiras para os efeitos das alterações climáticas que incorporam o espaço livre público, como um aspecto fundamental da adaptação. Somando à adaptação, pode-se observar outros ganhos em termos de bem estar humano e promoção de melhoria da qualidade de vida das populações urbanas. Para apoiar o argumento dessa dissertação, usa-se exemplo de design urbano que utiliza espaços livres públicos como estratégias de adaptação - Londres, Nova Orleans, Nova York, Roterdão, Cho Hi Minh City, Jakarta e Melbourne.

Palavras-chave

Inundação; mudança climática; zonas costeiras; adaptação; espaço livre público.

Abstract

Pereira, Erika Brum Palma; Lemos, Maria Fernanda Rodrigues Campos. **The importance of public open spaces in adaptation strategies for coastal urban areas subject to flooding in the context of climate change.** Rio de Janeiro, 2015. 196p. Dissertação de Mestrado – Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

This thesis aims to investigate the role of open public in adaptation coastal areas subject to flooding to the impact of climate change by emphasize the need to adapt to climate change mainly in coastal areas of low altitude (lecz). These areas are considered the most vulnerable due to a large concentration of population, wealth and commercial centers at risk of inland and coastal flooding, and a high degree of degradation of the natural subsystem because of human activities and maritime influences. The context of the climate change aggravates this state of vulnerability by increasing the intensity of rainfall and storms, average temperature, rising sea level, parallel to rapid population growth forming coastal megacities. Thus, this thesis aims to contribute to the discussion of practical solutions to adapt coastal urban areas to the effects of climate change incorporating public space, as a fundamental aspect of adaptation. Adding to adapt, can be observed other gains in human well-being and promote improvement of the urban population quality of life. To support the argument this thesis uses example of urban designs that utilizes open public spaces as strategies for adaptation - London, New Orleans, New York, Rotterdam, Cho Hi Minh City, Jakarta and Melbourne.

Keywords

Flooding; climate change; coastal areas; adaptation; open public space.

Sumário

1. Introdução	11
2. Contexto das Ameaças Climáticas e Inundação no Sistema Urbano...	24
2.2. Água na Formação do Sistema Urbano	24
2.3. Risco de Inundação e Vulnerabilidade	27
Mudança Climática: Risco de Inundação e Sistema Urbano Vulnerável ..	34
3. Vulnerabilidade Costeira	42
3.1. Zonas ou deltas costeiras e inundação costeira.....	42
3.2. Megacidades em áreas de baixa altitude costeira (LECZ)	49
3.3. Degradação do ecossistema costeiro	55
4. Adaptação Costeira	61
4.1. Resiliência e adaptação	61
4.2. Adaptação: tipo, tecnologia e estratégia	68
4.3. Exemplo de abordagens para adaptação costeira	86
5. Espaço Livre Público e Adaptação.....	92
5.1. Espaço Livre Público para cidade	92
5.2. Sistema de drenagem em megacidades e mudança climática.....	100
5.3. Espaço Livre Público para adaptação	104
6. Metodologia.....	115
6.1. Critérios de análise.....	118
6.2. Seleção dos projetos	122
7. Projetos de Espaços Livres Públicos de Adaptação para Mudança Climática.....	126
7.1. Londres	126
7.2. Nova Orleans	131
7.3. Nova Iorque.....	136
7.4. Rotterdam.....	143
7.5. Ho Chi Minh.....	148

7.6. Jakarta.....	154
7.7. Melbourne	158
7.8. Resultado	163
7.9. Considerações sobre os Projetos de Espaços Livres Públicos de Adaptação para Mudança Climática.....	170
8. Conclusão	177
9. Referências Bibliográficas	182
10. Apêndice	190

Esteja preparado, e não tenha arrependimentos.

Global Facility for Disaster Reduction and
Recovery
(Tradução do autor)

Introdução

De acordo com a Organização WWF Brasil¹, a adaptação à mudança climática pode ser vista como uma série de repostas aos impactos climáticos atuais e futuros. A adaptação busca minimizar esses possíveis danos, e também transformar os desafios em oportunidades para uma mudança na construção de uma cidade resiliente.

Estas respostas podem assumir diversas formas, desde arquitetônicas, de engenharia, até a de adaptação por ecossistema. A capacidade de adaptação de um sistema depende de duas variáveis: vulnerabilidade, que é o grau de suscetibilidade dos sistemas (ecológicos, geofísicos e socioeconômicos) para lidar com os efeitos adversos da mudança climática; e a resiliência, entendida como a capacidade do sistema de absorver a perturbação, manter seu estado de equilíbrio, se auto-organizar e construir e aumentar sua capacidade de aprendizado e adaptação. Assim, quanto menor a vulnerabilidade de um sistema e maior a resiliência, maior será o seu potencial de adaptação.

O trabalho identifica que a adaptação pode também refletir sobre a qualidade de vida da população de acordo com a forma com a qual a estratégia é incorporada. Estratégias por meio dos espaços livres públicos têm o potencial de agregar valor à qualidade urbana no que diz respeito à configuração do espaço público, sendo capaz de proporcionar, além da adaptação, áreas de lazer, convívio social, atividades econômicas, ganhos ecológicos dentre outros.

Logo, esta dissertação tem como **objetivo** discutir a partir de exemplos de projetos implementados, o potencial da utilização dos espaços livres públicos para estratégias da adaptação urbana à Mudança Climática, particularmente para o enfrentamento de situações de inundação, focado em zonas costeiras de baixa atitude. Tem como objetivo, ainda, verificar como a adaptação pode condicionar na melhoria do espaço e da qualidade de vida da população.

Para alcançar esse objetivo, o trabalho pesquisa projetos urbanos de espaços livres públicos espalhados mundialmente – Londres, Nova Orleans,

¹ World Wide Found for Nature-Brasil (WWF-Brasil)

A Rede WWF é composta por organizações e escritórios em diversos países que têm como característica a presença tanto local quanto global e o diálogo com todos os envolvidos na questão ambiental. O WWF-Brasil é uma ONG brasileira, participante de uma rede internacional e comprometida com a conservação da natureza dentro do contexto social e econômico brasileiro. Adaptação às mudanças climáticas. Dia do Meio Ambiente. Disponível em: <http://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/especiais/dia_do_meio_ambiente/mudancas_climaticas_adaptacao/>. Acesso em: jul. 2015.

Nova Iorque, Rotterdam, Ho Chi Minh, Jakarta e Melbourne – que incorporam componentes do espaço livre público para estratégias de adaptação com o objetivo de capacitar o sistema em momentos de inundação evitando risco de perdas humanas e materiais em zonas costeiras de baixa altitude no contexto da mudança climática. Os projetos de adaptação, além de trabalharem com diversas escalas e diferentes abordagens, eles tem o propósito de destacar a importância dos espaços livres públicos em estratégias de adaptação para a redução da vulnerabilidade do sistema.

Parte-se do pressuposto de que a melhor estratégia para lidar com a ameaça de inundação é “aceitar” a água em vez de “enfrentar”, e para alcançar o objetivo proposto pela dissertação, duas questões foram levantadas:

- (1) Como estão sendo usados hoje no mundo projetos de espaços livres públicos e quais as formas de utilizá-lo em planos de adaptação a momentos de inundação?
- (2) De que maneira as soluções podem contribuir, para além da adaptação, no bem estar humano, conciliando as funções social, paisagística e ecológica?

A inundação é considerada o desastre mais ocorrido em todos os continentes, entre os anos 1990-2006 (INPE, 2007), e mais frequente ao longo dos últimos 20 anos, constatado através do número de eventos de inundações registrados na esfera global. Dados fornecidos pelo EM-DATA do CRED, destacam que "apenas em 2010, 178 milhões de pessoas foram afetadas pelas inundações. As perdas totais em anos excepcionais, como 1988 e 2010, excederam \$40 bilhões" (JHAN, BLOCH e LAMAND, 2012, p.17). Portanto, é o desastre que mais causa danos sobre o ambiente construído, ocasiona em perdas de vidas humanas e devastações nas cidades.

A probabilidade de uma inundação ou o risco de inundação, em particular, é estimada como uma possibilidade ou probabilidade ao longo de um período de um ano, como, por exemplo, “1 em 100 anos”. Ao entender o risco de inundação, ações voltadas para precaver ou minimizar os impactos do desastre, são relevantes para a segurança. Ou seja, colocar inundação e o termo “1 em 100 anos” em contexto permite que a comunidade científica aborde questões como o risco de morte e perda de propriedade, abrindo, assim, a elaboração de soluções ou estratégias para com o tema.

As consequências dos impactos da inundação sobre o sistema urbano estão diretamente relacionadas ao grau de vulnerabilidade desse sistema, ou

seja, depende das características da ocupação territorial, da capacitação das infraestruturas urbanas, da capacidade de resposta pelas pessoas através da educação e informação, dentre outras. Para isso, identificar as características de um sistema que o tornam vulnerável a tal desastre, a partir dos seus componentes (exposição, sensibilidade e capacidade adaptativa) é fundamental para desenvolver estratégias e soluções a fim de reduzir os impactos da inundação.

A vulnerabilidade do sistema aos riscos de inundação torna-se exacerbada em virtude dos desafios impostos pela mudança climática. A mudança climática é entendida aqui como "outra tendência global de larga escala percebida como tendo impacto significativo sobre o risco de inundação" (JHAN, BLOCH e LAMAND, 2012, p. 2012), ou seja, fatores projetados relacionados à mudança climática podem influenciar diretamente a inundação.

Logo, essas previsões da mudança climática são de que o risco de inundação vai aumentar devido a tempestades mais frequentes e graves, maior intensidade de chuvas e, assim, aumento da subsidência de terras e edifícios. Isto fará com que os rios e córregos experimentem um aumento dos fluxos normais de inundação e níveis, fazendo com que, por exemplo, esgotos e drenos das cidades sofram uma sobretaxa mais frequência do que no presente.

Pode-se então estimar que, quanto maior é a concentração de bens e pessoas, e a quantidade de eventos climáticos que o sistema está exposto, maior pode ser o grau de vulnerabilidade do sistema frente ao risco de inundação.

Dentro desse raciocínio de grau de vulnerabilidade, Linham e Nicholls (2010) apontam que as zonas costeiras, em muitas partes do mundo, são densamente povoadas e grandes centros de atividade econômica. Além de serem vulneráveis à elevação do nível do mar estão expostas também a tempestades, ondas e seus picos mais intensos devido à mudança climática. Tais fatos representam uma séria de ameaças para um grande número de pessoas que vivem nessas áreas.

As zonas costeiras estão expostas a outros eventos climáticos específicos, como, ondas de tempestade. Os fenômenos das ondas de tempestade, aumento do nível do mar e chuvas intensas ocasionam no desastre entendido como inundação costeira. As ameaças climáticas e as características de ocupação tornam as áreas urbanas costeiras mais vulneráveis que outras regiões.

Em 2008 pelos dados disponíveis pela ONU², evidenciou que a população urbana total ultrapassou a rural. Alguns autores acreditam que essa migração está voltada para as zonas costeiras, principalmente para as áreas de baixa altitude (LECZ).

A tendência de crescimento da população urbana, observada por Jongman et al. (*apud* IPCC, 2014) e (KLEIN et al. 2003) é a formação de megacidades - aglomerados urbanos com população de 1, 8 e 10 milhões de habitantes - e muitas delas localizadas em zonas costeiras (NICHOLLS, 1995).

Essas formações de Megacidades localizadas em áreas de baixa altitude são o foco desta dissertação devido ao seu grau de vulnerabilidade, descrito anteriormente ao relacionar concentração de pessoas e bens perante as ameaças climáticas, no caso inundação. Alguns exemplos trazidos por essa pesquisa são: Londres, Nova Orleans, Nova Iorque, Rotterdam, Cho Hi Minh, Jakarta e Melbourne.

O IPCC (2014, p. 373), em seu último relatório, fez uma estimativa relacionada a porcentagem da população global exposta ao risco de inundação na probabilidade de “1 em 100 anos” (ou seja, o aumento do nível do mar possui 1% de chance de exceder todo ano) de uma elevação intensa do nível do mar. Essa estimativa aponta um crescimento de 95% de 1970 até 2010, com 270 milhões de pessoas e US\$ 13 trilhões equivalentes aos bens materiais, expostos a esta ameaça (JONGMAN et al., 2012).

A inundação oferece alguns desafios para as cidades devido as grandes perdas registradas nos últimos anos. McGranahan et al, destacam que entre os anos 1994 e 2004, a combinação composta pela sobreposição das tempestades de onde junto com a elevação do nível do mar equivaleram a 1/3 dos 1,562 desastres, metade das 120,000 pessoas mortas, e 98% dos 2 milhões de pessoas afetadas (2007, p. 19).

Devido à situação atual e o crescimento populacional para as zonas costeiras de baixa altitude, parcela da população encontra-se em áreas de risco de inundação, principalmente por causa do modelo de ocupação reproduzido. Esse modelo hoje é considerado insustentável, pois ao invés de diminuir a

² ONU (Organização das Nações Unidas). Esse dado poder ser encontrado em diversos relatórios das agências desta entidade, dentre eles: UN-HABITAT. **State of the World's Cities 2010/2011: bridging the urban divide**. Washington: Earthscan, 2008b.

vulnerabilidade do sistema, ele é capaz de ampliá-la, fazendo com que as consequências e danos sejam maiores.

Dessa forma, a necessidade de repensar esse modelo é fundamental, e estratégias de adaptação são capazes de reverter esse quadro de vulnerabilidade. Essas estratégias podem trazer uma reflexão sobre a orientação apropriada para um planejamento urbano ou do ambiente construído em áreas de risco que possam auxiliar na redução da vulnerabilidade e ampliar a resiliência.

Kebede e Nicholls (2011) fizeram um estudo sobre Dar es Salaam, a maior área urbana costeira de Tanzânia, e de acordo com a UN-HABITAT (2008 *apud* idem, 2011, p.82) foi identificada, dentre outras, como uma das maiores zonas costeiras em risco de elevação do nível do mar na África. O estudo foi voltado sobre sua exposição e vulnerabilidade aos eventos climáticos extremos tendo como objeto de estudo a população e o valor de suas propriedades/bens expostas à inundação costeira. O resultado apontou que “(...) as mudanças socioeconômicas em termos de rápido crescimento populacional, a urbanização, o crescimento econômico, e sua distribuição espacial desempenham um papel significativo sobre a mudança climática especialmente no aumento da exposição” (2011, p.81, tradução nossa).

A ocupação urbana em zonas costeiras e as atividades humanas podem exercer pressão sobre os ecossistemas costeiros causando a degradação desse ecossistema e, conseqüentemente, a queda em serviços ecossistêmicos (MA, 2005; NOBRE & FERREIRA, 2009; NOBRE et al., 2010; *apud* YAUN et al., 2014, p. 63).

Essas perdas destacadas dos serviços ecossistêmicos realçam uma necessidade de tentar entender a dinâmica existente dentro desse ecossistema costeiro. Folke et al. (2010) defendem uma mudança de paradigma quanto a relação entre os atores naturais e sociais que configuram o sistema sócio-ecológico. Folke et al. (2010, p. 3) definem o sistema sócio-ecológico a partir da interação de interdependência e reciprocidade entre o humano e a natureza. Para eles, esse conceito enfatiza a perspectiva “humanos na natureza”, ou seja, as atividades humanas, como pesca, aquicultura, dentre outras, são possíveis de serem exercidas por causa da qualidade do subsistema natural; e a qualidade do subsistema natural depende de como o subsistema social se comporta perante o natural, a partir da preservação ou conservação.

Juntando o pensamento do rápido crescimento populacional e uma maior ocupação territorial em áreas de risco, conclui-se que essas ações não afetam somente o subsistema social ao enfrentar os impactos da inundação, mas também o natural. Isso acontece a partir do momento que o humano modifica a natureza para propósitos econômicos insustentáveis. Dessa forma, os quatro fatores apontados no artigo de Kebede e Nicholls (2011) e a defesa de YAUN et al. (2014) possuem influência direta no grau de vulnerabilidade de uma região urbana costeira, tanto sobre o subsistema natural como social.

Esses fatores apresentados acima demonstram cada vez mais a necessidade de ações prioritárias para reduzir a vulnerabilidade do ecossistema costeiro. Para isso, uma das alternativas estudadas atualmente é a busca para construção de uma cidade resiliente.

O conceito de resiliência foi evoluindo com o tempo, e apresentado como resiliência sócio-ecológica. Nela, estão embutidas as definições da ecologia, social e engenharia, e entendendo que um sistema resiliente não é somente persistente ou robusto às perturbações incidentes – apontadas aqui como um stress climático –, mas também é vista como uma oportunidade para se pensar em respostas a essas perturbações, através da adaptação. A resiliência sócio-ecológica incorpora a idéia de adaptação, aprendizado e auto-organização do sistema.

Robin Leichenko (2011, p. 164) destaca que uma “cidade resiliente” deve atender a dois requisitos principais: (1) devem tornar-se resilientes a uma ampla gama de choques e tensões, a fim de estar preparado para as alterações climáticas; e (2) seus esforços para promover a resiliência à mudança climática devem ser somados aos esforços para promover o desenvolvimento urbano e sustentabilidade.

Assim, a cidade resiliente é “aquela que desenvolve capacidades de ajudar na absorção de futuros choques e estresses nos aspectos sociais, econômicos, e nos sistemas técnicos e infraestruturais, para assim, ser capaz de manter sua essência na mesma função, estrutura, sistemas e identidade”³.

Construir cidades resilientes depende de decisões de investimento que priorizam gastos em atividades que oferecem alternativas e que executam bem em diferentes cenários. (THE WORLD BANK, 2012)

³ RESILIENT CITY. Resilience. Disponível em: <<http://www.resilientcity.org/index.cfm?id=11449>>. Acesso em: jul. 2015.

A adaptação é uma resposta as ameaças climáticas que deve ser investida para preparar o sistema a atual e futuras perturbações climáticas. Para Pelling (2010), a adaptação pode ser vista como um “campo de pesquisa, que tende a ter uma visão mais ampla. Fankhauser (1998) sugere que a adaptação pode ser sinônima de desenvolvimento sustentável” (PELLING, 2010, p. 23). Smit e Wandel (2006) se referem a adaptação no contexto da mudança climática como “ajustes em um sistema de comportamento e características que aumentam a sua capacidade de lidar com o estresse externo” (SMIT et al., 2000, p. 225).

Tipos, tecnologias e estratégias de adaptação fazem parte do arcabouço para a implementação de abordagens que reduzem a vulnerabilidade do sistema. A mistura e compilação dessas categorias descritas acima possuem o potencial de tornar a adaptação mais eficaz, alcançando vários aspectos da vulnerabilidade de um sistema. A adaptação tem tido um benefício generalizado na redução da vulnerabilidade da sociedade aos riscos costeiros (KLEIN et al, 2000, 2001; VONKONINGSVELD et al., 2008 apud NICHOLLS e LINHAM, 2010). Porém, podem criar efeitos residuais.

Um exemplo de abordagem de adaptação são as grandes infraestruturas de engenharia que rodeiam a zona costeira em um nível mais alto para absorção do impacto de ondas e aumento da elevação do mar, funcionam normalmente de apoio para infraestruturas de transporte como grandes rodovias. A Holanda é um exemplo a partir do momento que sempre conviveu com a questão da água, devido as suas características geomorfológicas – áreas de baixa altitude.

Entretanto, pode-se observar que algumas soluções historicamente aplicadas para as zonas costeiras vulneráveis, como os diques ou infraestruturas de engenharia, se tornaram limitadas. Essa limitação que ocasiona em falha do sistema foi observada em alguns países como Reino Unido, Holanda e Japão (KLEIN et al., 1999). Em cada um deles, os danos materiais, perdas de vidas, destruição de propriedades e infraestrutura urbana, e alto índice de custo, impactaram o funcionamento e recuperação das cidades.

Com o aumento do reconhecimento dos impactos climáticos sobre o risco de inundações urbanas, há uma forte necessidade de adaptar infraestrutura urbana para reduzir as perdas econômicas substanciais de eventos climáticos extremos. Ao planejar um esquema de adaptação à mudança climática, em geral, vários cenários de desenvolvimento da infraestrutura precisam ser

construídos e avaliados. Como por exemplo ampliar e adaptar o sistema atual de drenagem das cidades. (ZHOU et al., 2013, p. 587, tradução nossa)

O rápido crescimento urbano constatado exige uma melhoria na infraestrutura urbana para conseguir atender de forma adequada aos habitantes e ao funcionamento da cidade. Entretanto, essa melhoria não acompanha o crescimento, logo, alguns elementos urbanos que fazem a cidade funcionar começam a entrar em colapso, como o sistema de drenagem urbana. Assim, o que Zhou et al. discutem acima é planejar um esquema de adaptação para vários cenários voltados aos riscos de inundação, no qual o foco é na melhoria do sistema de drenagem, ampliando e agregando outros elementos.

Os desastres das inundações acontecem por um motivo, a cidade não está preparada para absorver tais perturbações. A água originada de inundações terrestres ou costeiras não tem para escoar, então ficam acumuladas na superfície do espaço urbano. Esse espaço urbano, em específico, os espaços livres públicos é o primeiro a receber essa água. Se seus componentes responsáveis pela drenagem se tornam insuficientes, as águas atingem propriedades e pessoas, colocando-as em risco.

Contudo, o espaço livre público agrega um potencial de absorção desses impactos se eles estiverem adaptados para receber a água, através de seus componentes, como, praças, parques, vias, margens, etc. Estratégias de adaptação em praças, por exemplo, como em Rotterdam, ou criação de parques elevados em Nova Iorque. Algumas estratégias são definidas, então, de acordo com a vulnerabilidade do sistema e o contexto no qual se encontra. Tratamentos em bordas de rios, como foi feito em Londres para o Parque Olímpico, promove não só qualidade de vida para a sociedade, mas também tem como objetivo reduzir as consequências dos impactos da inundação. Ao decorrer dessa dissertação serão vistos outros exemplos.

Nucci e Presotto (2009), dizem que “para Llardent (1982), os espaços livres não são, necessariamente, revestidos totalmente por vegetação”. Seguindo este raciocínio, prosseguem “todavia, deve-se reservar, dentro do sistema de espaços livres, uma certa quantidade de zonas verdes” (apud Bueno e Ximenes, 2011, p. 87). De acordo com Loboda e Angelis (2005, p. 131) “a qualidade de vida urbana está diretamente atrelada a vários fatores que estão reunidos na infraestrutura, no desenvolvimento econômico-social e àqueles

ligados à questão ambiental”. No caso do ambiente, as áreas verdes públicas⁶ constituem-se elementos imprescindíveis para o bem estar da população, pois influencia diretamente a saúde física e mental da população.

Perahia (2007, p.2, tradução nossa apud MINDA, 2009) considera o espaço livre público como “equilibrante do sistema ambiental, o qual cumpre uma função ecológica que atua a modo de pulmões da cidade e da região”. Isto é possibilitado mediante a intervenção paisagística de ruas, avenidas, praças e parques. Além dessa função, outras duas são atribuídas pela autora: social e paisagística/urbana.

Dessa forma, o espaço livre público apresenta algumas características essenciais para a qualidade de vida urbana, além de possuir um alto potencial para incorporação de estratégias de adaptação que amplificam ainda mais seu valor para a cidade e podem reduzir também na vulnerabilidade do sistema.

O trabalho pretende contribuir para a discussão sobre soluções práticas de adaptação que incorporam o espaço livre público a fim de destacar seu potencial ao conseguir abranger vários aspectos para o bem estar humano. Para isso, destacam-se alguns autores e trabalhos na revisão de literatura.

Bosker e Buringh (2012) auxiliam na definição do sistema urbano, a fim de compreender a vulnerabilidade a momentos de inundação a partir das definições dos conceitos de inundação, mudança climática e vulnerabilidade trazida pelos seguintes autores: Jhan, Bloch e Lamand (2012); IPCC (2007, 2013 e 2014); PPS 25 (2009); RIBA (2009).

Na intenção de definir o conceito de resiliência, Holling e Walker. (2003); Holling (1996); Adger (2000 e 2005) e Folke (2006) percorrem no tempo e trazem a evolução do conceito abrangendo não só a física, mas também a cidade e seu sistema urbano (ambiente construído, instituições, pessoas, etc.).

Para reduzir a vulnerabilidade e ampliar a resiliência, agrega-se o conceito de adaptação, trazidos aqui pelos autores Smit, et al. (2000); Smit e Wandel (2006); Smit e Pilifosova (2001); Klein et al. (1999). Compreendendo a adaptação é contextualizá-la no “adaptar-se à que?”, “quem ou o que se adapta?”, “como ocorre a adaptação?” e “o que é adaptação”. Entende-se a adaptação como o processo através do qual um ator é capaz de refletir e

⁶ “Praças; Parques Urbanos; Verde balneário e esportivo; Jardim botânico; Jardim zoológico; Mostra (ou feira de jardins; cemitério; Faixa de ligação entre áreas verdes; Arborização urbana)”. (Di Fidio, 1990 apud Loboda e Angelis, 2005, p. 133)

promover mudanças naquelas práticas e instituições que geram caminhos e proximidade sobre a causa do risco, a capacidade de lidar com o risco.

Essas mudanças podem ser estratégias apresentadas por Linham e Nicholls (2010); Klein (2011); PPS 25 (2009); e RIBA (2009). Identificaram-se tipos, tecnologias e estratégias que respondem às ameaças climáticas. Uma das soluções é por meio dos espaços livres públicos. Arango e Salmona (2000); Loboda e Angelis (2005); Silva, Lopes e Lopes (2000); Perahia (2007); destacam sua importância para a cidade, enquanto Zhou (2014); Zhon et al. (2012); Birgani e Yazdandoost (2014); Sapkota et al. (2015); Arisz e Burrell (2006); Hamin e Gurrán (2009) destacam seu potencial drenante em momento de inundação. Isso pode acontecer a partir da ampliação e/ou adaptação do sistema de drenagem, melhorando seu funcionamento e ampliando seu campo de alcance.

A metodologia aplicada foi dividida em três partes:

- (1) Criação de critérios a partir da revisão de literatura que auxiliam na análise dos projetos: (i) aplicabilidade, (ii) complementaridade, (iii) conectividade, (iv) hibridização, (v) abrangência, e (vi) abordagens.
- (2) Seleção dos projetos a partir da organização “Connecting Delta Cities” (CDC). Dentro dessa subrede internacional, foram selecionados 7 (sete) megacidades localizadas em zonas costeiras em altitude de baixa elevação que aplicaram em projetos estratégias de adaptação por meio do espaço livre público.
- (3) Elaboração de gráficos comparativos do número de projetos em função de cada um dos critérios estudados. Esse passo tem a importância de responder quais são as estratégias mais utilizadas e porque, de acordo com os maiores benefícios que podem proporcionar. Essa análise foi fundamental para conseguir responder as questões centrais levantadas nesse trabalho.

A estrutura da dissertação foi dividida em oito capítulos.

O capítulo 1 – Introdução – aponta qual o objeto foco do trabalho, sendo ele identificar qual a importância dos espaços livres públicos em estratégias de adaptação de áreas urbanas costeiras sujeitas à inundação no contexto da mudança climática. Para isso, levanta duas questões centrais para guiar a pesquisa. Uma prevê problematização é apresentada conectando a

caracterização de um sistema urbano vulnerável a inundação, e o que pode ser feito para reduzir essa vulnerabilidade para ampliar a resiliência através de estratégias de adaptação. Dessa forma, uma metodologia foi apresentada para responder as questões levantadas.

O capítulo 2 – Contexto das Ameaças Climáticas e Inundação no Sistema Urbano – desenvolve os conceitos de risco, ameaça e vulnerabilidade, relacionando com as definições de sistema urbano, inundação e mudança climática. A discussão é entorno da contextualização da inundação e mudança climática, e os possíveis e atuais impactos que eles têm sobre o sistema urbano. Esse capítulo tem como objetivo entender como um sistema urbano pode ser classificado como vulnerável. Para isso, um entendimento histórico é fundamental, a partir do momento em que a água é vista como um aspecto positivo, mas também é capaz de se transformar também em uma ameaça. A compreensão sobre o risco de inundação já entende a água como uma ameaça. Isso ocorre quando a inundação impacta negativamente a funcionalidade, saúde e segurança do sistema urbano. Assim, o trabalho identificou os tipos de inundação a partir de suas origens, e a probabilidade de ocorrência da inundação de acordo com zonas de risco de inundação.

O capítulo 3 – Vulnerabilidade Costeira – trata do recorte focado em zonas costeiras e tem como objetivo destacar quais são os fatores ligados às características das zonas costeiras que fazem com que essas áreas sejam objeto prioritário de estudo no contexto da mudança climática. Tipos de ameaças climáticas específicas da região, a ação ou atividade humana para ocupação da superfície terrestre e a dinâmica do ecossistema costeiro influenciados por forças externas marítimas e terrestres são alguns dos fatores que ameaçam as zonas costeiras, principalmente, as de baixa altitude. Megacidades localizam-se cada vez mais nas zonas costeiras de baixa altitude, tornando-as mais vulneráveis no quadro mundial. A magnitude dos impactos da mudança climática está diretamente relacionada ao grau de vulnerabilidade do sistema a determinada ameaça incidente. Isso se deve aos diversos aspectos da vulnerabilidade, que incluem as vertentes econômicas, sociais, culturais e ambientais. Esse capítulo trata sobre: (i) o que define uma zona costeira e seu ecossistema, e a que ameaças climáticas ela está exposta; (ii) como a atual realidade referente a ocupação territorial atua para o aumento do grau de vulnerabilidade costeira; e (iii) como a vulnerabilidade costeira está ligada ao subsistema natural e social (sistema sócio-ecológico).

O capítulo 4 – Adaptação Costeira – descreve, define e identifica as características da resiliência voltadas para as cidades em situações de risco de potenciais ameaças climáticas, que auxiliam na redução da vulnerabilidade do sistema urbano. A partir da compreensão dos conceitos de resiliência e adaptação, a dissertação faz uma pesquisa profunda sobre os tipos, tecnologias e estratégias de adaptação propostas para momentos de inundação terrestre e costeira. Os tipos de adaptação foram divididos em: antecipatório/reactivo, autônomo/planejado. As tecnologias de adaptação foram separadas em: medidas estruturais, medidas não-estruturais e medidas baseada no ecossistema. As estratégias são identificadas como: recuar, proteger, acomodar e atacar. Essas três categorias de adaptação dão arcabouço necessário para identificar quais abordagens podem ser incorporadas no projeto buscando atender as necessidades humanas e ecológicas, e um bom funcionamento urbano. Caso contrário, a adaptação pode perder um pouco da sua eficiência se não estiver respondendo a essas necessidades, podendo refletir de maneira negativa ao bem estar humano, logo, influenciando na resiliência da população.

O capítulo 5 – Espaço Livre Público e Adaptação – apresenta o espaço livre público como uma alternativa na utilização de seus componentes para estratégias de adaptação. O trabalho destaca seu valor tanto para a cidade como para a adaptação ao relacioná-lo com o sistema de drenagem da cidade. Esse espaço que agrega as atividades humanas e possibilita a circulação e fluxo da população pelo sistema urbano, em momento de inundação, paralisa essas funções devido à sobrecarga do sistema de drenagem atual. Logo, buscam-se alternativas para escoar o “fluxo excessivo” do espaço urbano, e a aposta desse trabalho é na incorporação dos elementos do espaço livre público. A ideia é preservar ou criar espaço com qualidade ambiental e social, e garantir o funcionamento da cidade. Evitando o colapso do sistema de drenagem a partir de estratégias de adaptação através dos componentes do espaço livre público, é um passo para a construção de uma cidade resiliente.

O capítulo 6 – Metodologia – define quais serão os projetos analisados no vasto universo do tema “Adaptação à Mudança Climática”, e, a partir da revisão de literatura, quais os critérios para analisá-los. Para a seleção dos projetos, tomou-se como base a organização “Connecting Delta Cities” e seu terceiro livro “Resilient Cities and Climate Change Adaptation Strategies”, publicado em 2013. A organização possui atualmente dez megacidades membros: Londres, Nova Orleans, Nova Iorque, Rotterdam, Ho Chi Minh,

Jakarta, Melbourne, Tokyo, Hong Kong e Copenhagen (que também fazem parte do C40 e Resilient Cities). Entretanto, a pesquisa será voltada para as megacidades em zona costeira de baixa altitude: Londres, Nova Orleans, Nova Iorque, Rotterdam, Ho Chi Minh, Jakarta e Melbourne. Os critérios são: (1) aplicabilidade, (2) complementaridade; (3) conectividade; (4) hibridização; (5) abrangência; e (6) abordagens.

O capítulo 7 – Projetos de Espaços Livres Públicos de Adaptação para Mudança Climática – foi destinado à análise dos projetos de diferentes escalas e localizações de acordo com os critérios pré-selecionados. Esse capítulo tem como objetivo destacar as virtudes de cada projeto a partir dos critérios definidos, culminando em um resultado comparativo e a conclusão sobre as práticas de soluções na utilização dos espaços livres públicos para adaptação à mudança climática.

O capítulo 8 – Conclusão – onde são apresentadas as considerações finais onde se destacam os aspectos mais importantes da pesquisa a partir do resultado da pesquisa e revisão de literatura.

2

Contexto das Ameaças Climáticas e Inundação no Sistema Urbano

2.1.

Água na Formação do Sistema Urbano

Água é referenciada de diferentes maneiras por muitas disciplinas, incluindo design, planejamento, ecologia, geologia, antropologia, psicologia, sociologia, mitologia, religião, arte, literatura e história. O ponto em comum entre todas as disciplinas é que a água é em geral vista como um elemento favorável (SEÇKİN, 2010, p.1).

Ao longo da história, as mudanças naturais em regimes fluviais influenciaram padrões e valores sociais, e uso e ocupação do solo; por outro lado, as mudanças nas condições econômicas e sociais alteraram regimes hídricos. Por exemplo, a exploração e o desenvolvimento humano, de grande parte do oeste dos Estados Unidos, foram influenciados pelo padrão de disponibilidade de água; isso afetou a localização e o tamanho dos assentamentos e do caráter das atividades de desenvolvimento econômico. Constatou-se, assim, que a presença ou escassez de água desempenhou um papel importante na formação da paisagem cultural da região (MCCOOL et al, 2008).

A importância de cidades no processo de desenvolvimento nos faz entender suas origens de grande interesse. Cidades não se desenvolvem em qualquer lugar. (...) "por que as cidades se formam em alguns lugares, e não, ou só depois, em outros?". (BOSKER e BURINGH, 2012, p. 2, tradução nossa).

A pergunta colocada pelos economistas Maarten Bosker e Eltjo Buringh (2012) é traduzida aqui para entender o que levou o humano a ocupar áreas próximas aos rios, lagoas e mar. Por um lado, a água traz condições para o desenvolvimento humano como um recurso usufruído de diversas formas. Por outro lado, essa relação pode se tornar instável, a partir do momento que a água começa a afetar de forma negativa o sistema urbano devido às ameaças climáticas.

O sistema urbano pode ser definido a partir de diferentes níveis de organização social, descrita em três níveis principais (PUMAIN, 2006): o nível micro representa unidades elementares (pessoas, empresas, instituições) que estão vivendo juntos em uma cidade, o nível meso corresponde à cidade em si (quando realmente definida como uma entidade geográfica coerente⁷), e o nível macro é o sistema de cidades, composta por um grande número de cidades que interagem sob um controle unificado (como um território político nacional ou uma rede econômica global). Esta organização é formada por interações que operam em diferentes escalas espaciais e temporais⁸.

O geógrafo Belgacem Mokhtar (2013) define o sistema urbano a partir de uma rede hierarquizada, sendo o sistema um:

(...) arranjo de cidades interconectadas em uma região, território ou estado definido. Esse arranjo depende da classificação que cada cidade ocupa dentro da imagem do urbano. Isso cria certa hierarquia em que diferentes assentamentos são classificados pelo seu tamanho demográfico, funções urbanas e esfera de influência administrativa ou econômica. (MOKHTAR , 2013, p. 3).

Thomas J. Wilbanks e Steven J. Fernandez (2012 p. 7) entendem que nas áreas urbanas, sistemas são definidos por: 1) grandes populações, 2) com enorme atividade econômica e social, e 3) em áreas geográficas relativamente confinadas.

Devido à importância da água para o comércio como uma fonte de energia barata e transporte, muitos sistemas urbanos estão perto das costas, de lagos, rios e mar. Os sistemas urbanos são definidos por ambientes fortemente construídos por amplas infraestruturas urbanas⁹, para oferecer energia, água potável, transporte e necessidades de comunicação da população. Cada um

⁷ Uma Entidade Geográfica (EG) é caracterizada por: 1. Um atributo, que indica o fenômeno que a entidade representa, como por exemplo, edifício, floresta ou parcela; 2. Uma localização geográfica, especificada recorrendo a pontos, linhas ou regiões, ou ainda através de um conjunto de regiões elementares contíguas. Entidades Geográficas Difusas p. 10.

⁸ BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Biodiversidade e Florestas. **Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade**: caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI. Brasília: MMA, 2007. 212 p. (Série Biodiversidade, 26), p. 1. Tradução do autor.

⁹ “Essas infraestruturas incluem edifícios e espaços urbanos, sistemas de energia, sistemas de transporte, sistemas de água, sistemas de águas residuais e de drenagem, sistemas de comunicação, sistemas de cuidados de saúde, estruturas industriais e outros produtos de concepção e construção humana que se destinam a prestar serviços de apoio à qualidade de vida humana”.

Climate Change and infrastructure, urban systems, and Vulnerabilities. Wilbanks e Fernandez, 2014

desses serviços possui papel atuante no sistema urbano e, principalmente, sobre alguns fatores naturais que influenciam na dinâmica da água, como por exemplo, a ação de ocupação humana sobre o território pode refletir no ciclo das águas.

Bosker e Buringh (2012) apoiam-se na ideia de que a origem dos sistemas urbanos é definida pelas características geográficas físicas territoriais e seus recursos naturais disponíveis para o desenvolvimento do sistema urbano (1ª natureza geográfica) e/ou também pelas condições existentes de uma cidade já pré-estabelecida (2ª natureza geográfica).

Primeiro, a geografia determina as características físicas da localização, ou a 1ª natureza geográfica. O potencial de localização agrícola, as possibilidades de transporte e vantagens de defesa são notadas como importantes sementes da cidade. O segundo papel da geografia (...) sem ignorar a importância da 1ª natureza geográfica, essa linha de literatura trabalha na importância da localização relativo ao resto do sistema urbano (já existente) e suas perspectivas urbanas, a 2ª natureza geográfica. (BOSKER e BURINGH 2012, p.2, tradução nossa).

O geógrafo Roberto Corrêa (2003) define em treze tipos que influenciam na posição geográfica de cidades, onde três são destacados: posição litorânea, posição em fundo de estuário e posição de confluência fluvial. Relacionando com Bosker e Buringh, essas três idéias podem ser classificadas a partir da idéia de primeira natureza geográfica, ou seja, onde a localização perto da água foi priorizada.

Agregado a esse pensamento, a arquiteta urbanista Ingrid Herzog (2011), entende que a história da formação de várias cidades está intimamente ligada à presença da água e isto se deve desde as necessidades básicas do homem, como abastecimento e higiene, até às funções de transporte, recreação, comércio e a valorização de aspectos cenográficos. Ela enfatiza essa afirmação a partir de um trecho da arquiteta urbanista paisagista, Lucia Maria Costa:

Os rios tinham muito a oferecer, além de água: controle do território, alimentos, possibilidade de circulação de pessoas e bens, energia hidráulica, lazer, entre tantos outros. E desta forma as paisagens fluviais foram paulatinamente se transformando também em paisagens urbanas.¹⁰ (COSTA, 2006, p.10).

¹⁰ COSTA, 2006, p.10 apud Herzog, I. Águas urbanas: da degradação à renaturalização. In.: VI Encontro Nacional e IV Encontro Latino-americano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis (ELECS), Vitória, 2011.

Destaca, assim, como a água tem o potencial transformador da paisagem e, principalmente, sobre a paisagem urbana. Entretanto, a prática feita nos dias de hoje, como cobrir rios ou canais para ocupação, diminui a importância que a água teria para esse sistema urbano para além de simplesmente suprir necessidades econômicas, e, sim, também sociais e fisiológicas.

A água foi então vista como um elemento invisível, onde ela só é necessária para suprir as necessidades físicas do ser humano, chegando até ele através de torneiras, e como recurso de desenvolvimento econômico. Porém, defende-se que além desses aspectos anteriores, ela tem o potencial de atender também as necessidades psicológicas e sociais para uma vida saudável. Além disso, alguns sistemas urbanos foram estruturados a partir da presença da água, mar, lagoa ou rios. Esses componentes fornecem ao sistema urbano diversos benefícios, como, trocas comerciais, abastecimento e alimentação.

2.2.

Risco de Inundação e Vulnerabilidade

Da onde vem a inundação? Quão grave é? Qual a frequência da ocorrência de inundação? Será que será muito pior no futuro? (JHA et al, 2011, p.54).

Não é nenhuma novidade a ação devastadora que a água tem sobre o sistema urbano. Alguns momentos históricos destacam essa força, onde a água se torna uma ameaça. Um desses exemplos é Nova Orleans quando, em 29 de agosto de 2005, a região foi atingida pelo furacão Katrina, fazendo com que a água da enchente engolisse mais de 80% da cidade depois dos diques terem cedido em 23 pontos. Na inundação, pelo menos 1.800 pessoas morreram¹¹. Outro registrado foi o furacão Sandy, em 11 de julho de 2013, que atingiu Manhattan custando 159 vidas e destruindo mais de 650.000 casas, resultando em um custo de 37 milhões de dólares¹².

¹¹ GLOBALPOST. Regions » Americas » United States. When the Levee breaks: An explainer. Disponível em: <<http://www.globalpost.com/dispatch/news/regions/americas/united-states/120829/when-the-levee-breaks-explainer>>. Acesso em: abr. 2014. Tradução do autor.

¹² EURONEWS. Notícias. Furacão "Sandy" devastou costa Leste dos EUA há um ano. Disponível em: <<http://pt.euronews.com/2013/10/29/furacao-sandy-devastou-costa-leste-dos-eua-ha-um-ano/>>. Acesso em: jun. 2014. Tradução do autor

A inundação é definida pelo Dicionário de Inglês Oxford como "um transbordamento ou irrupção de uma grande massa de água sobre a terra em uma área construída geralmente não submerso". Howard Keeble e Rosalind Whitham (2011) entendem a inundação como um processo natural e pode acontecer a qualquer momento em uma ampla variedade de locais. Constitui uma cobertura temporária de uma terra normalmente não coberta por água e apresenta um risco quando as pessoas, infraestrutura e processos de desenvolvimento e ambientais que estão presentes na área que inunda. A avaliação de risco de inundações pode auxiliar sobre como reduzir esses riscos sobre as habitações, transportes e infraestruturas de serviços públicos, empresas comerciais e industriais, terrenos agrícolas e do patrimônio ambiental e cultural.

Para eles, o conceito "risco" é definido a partir de uma equação para avaliar e compreender as componentes do risco de inundação: Risco de Inundação = Probabilidade de Inundação x Consequência da Inundação, onde as consequências das inundações dependem dos perigos causados pelas inundações (profundidade da água, a velocidade do fluxo, taxa de início, duração, efeitos de onda de ação, qualidade da água) e a vulnerabilidade dos receptores (modelo de ocupação urbana, estado dos ecossistemas, rios, mar, dentre outros).

Complementando a definição, o 5º relatório do Intergovernmental Panel On Climate Change entende o risco como

o potencial para consequências onde algo de valor humano (incluindo os seres humanos) está em jogo e onde o resultado é incerto. O risco é muitas vezes representado como probabilidade de ocorrência de eventos perigosos ou tendências multiplicadas pelas consequências se ocorrerem esses eventos.¹³

A Secretaria da Estratégia Internacional para Redução de Desastres (EIRD) acrescenta ao conceito a função:

$$\text{Risco} = \text{Ameaças} \times \text{Vulnerabilidade}$$

Assim o risco de inundação implica na proporção direta em possíveis ameaças ao sistema urbano em função da vulnerabilidade desse sistema ou

¹³ INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability**. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report: Climate Change 2013 (AR5). Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2013b, p. 23. Tradução do autor.

receptor. Logo, primeiro será compreendido o conceito de ameaça trazida pela inundação e depois a vulnerabilidade do sistema.

A ameaça é definida pela EIRD como:

Um evento físico, potencialmente prejudicial, fenômeno e/ou atividade humana que pode causar a morte e/ou lesões, danos materiais, interrupção de atividade social e econômica ou degradação ambiental. Isso inclui condições latentes que podem levar a futuras ameaças ou perigos, as quais podem ter diferentes origens: natural (geológico, hidrometeorológico, biológico) ou antrópico (degradação ambiental e ameaças tecnológicas). As ameaças podem ser individuais, combinadas ou sequenciais em sua origem e efeitos. Cada uma delas se caracteriza por sua localização, magnitude ou intensidade, frequência e probabilidade. (p. 2)

Essas perguntas colocadas por Jhan, Bloch e Lamond (2012) orientam a entender qual a origem da inundação e como ela afeta o sistema urbano.

2.2.1.

Tipos de inundação

A origem ou fonte da inundação, como alguns autores chamam, podem derivar do: (1) natural (resultante de uma combinação de meteorológicos, geológicos e hidrológicos extremos, tais como precipitação e fluxos extremos, tsunamis, maré alta, etc.); e (2) antrópico (resultante de atividades humanas, como localização geográfica perto de rios, lagoas e mar, fracasso das infraestruturas projetadas pelo homem, impermeabilização do solo, canalização ou aterro de rio e canais, dentre outros).

As causas da inundação estão diretamente ligadas aos fenômenos naturais, especialmente ao ciclo das águas ou ciclo hidrológico ao interagirem com o sistema urbano. Segundo UN-ISDR 2002, as inundações são problemas geoambientais derivados de fenômenos ou perigos naturais de caráter hidrometeorológico ou hidrológico, ou seja, aqueles de natureza atmosférica, hidrológica ou oceanográfica¹⁴.

¹⁴ BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Biodiversidade e Florestas. **Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade**: caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI. Brasília: MMA, 2007. 212 p. (Série Biodiversidade, 26, p. 41).

O documento elaborado pelo Governo da Inglaterra, Planning Policy Statement 25: Development and Flood Risk (PPS 25), apontando que historicamente as principais fontes de inundação ocorriam a partir das enchentes dos rios e do mar. Porém, o The Summer 2007 Flood Report produzido pelo Environment Agency, reporta que aproximadamente 2/3 das ocorrências de inundação originaram da ação antrópica, como infraestruturas de drenagem e esgoto sobrecarregados pela precipitação e escoamento superficial¹⁵.

A Inglaterra também produziu outro documento, Royal Institute of British Architects (RIBA), (2007, p. 4-5), que reconhece a origem da inundação derivada: por infraestrutura "man-made" como represa e esgoto, por água subterrânea, por maré, por chuva e pelo corpo d'água. De acordo com Abhas K Jha et al (2012, p. 56) inundações podem ser geralmente caracterizadas por inundações em rio (ou fluviais), inundações pluvial (ou terrestres), enchentes, inundações costeiras, inundações das águas subterrâneas ou o fracasso dos sistemas de água artificiais.

Jhan, Bloch e Lamond (2012, p. 56) com base na velocidade de início do período chuvoso, as cheias são frequentemente descritos como inundações repentinas, inundações urbanas, inundações semi-permanentes e inundações ascensão lenta. Todas as inundações acima mencionadas podem ter sérios impactos sobre áreas urbanas.

Encontra-se um consenso de que as diversas origens de inundação são constantemente presentes no espaço urbano, podendo ser considerada a ameaça de maior abrangência. Ao ocorrem os fenômenos naturais que causam a inundação, a mesma pode atuar no sistema natural e urbano fazendo com que a água possa emergir de todos os lados. E ainda combinadas com as velocidades de inundação que cada uma tem, a resposta deve ser rápida ou progressiva.

2.2.2.

Frequência da ocorrência de inundação

A frequência de inundação depende do clima, o material que compõe as margens do córrego, e a declividade do canal. Onde uma precipitação

¹⁵ The Summer 2007 Flood Report apud Department for Communities and Local Government. "The assessment of flood risk". **Planning Policy Statement 25: Development and Flood Risk.** Practice Guide. London: Crown, 2009, p. 39. Tradução do autor.

substancial ocorre em uma determinada época de cada ano, ou onde a inundação anual é derivada principalmente do degelo, a planície de inundação podem ser inundados quase todos os anos, mesmo ao longo de grandes rios com pequenas pistas de canal. Em regiões sem longos períodos de temperaturas abaixo de zero, as inundações ocorrem geralmente na época de maior precipitação.

O Departamento de Desenvolvimento e Meio Ambiente, da Organização dos Estados Unidos (OAS) descreve a probabilidade sendo:

a probabilidade de ocorrência de um determinado evento. Isso é muitas vezes baseada na frequência histórica. Por exemplo, a probabilidade de um furacão em um determinado ano pode ser 0,1, ou 10 por cento, se os furacões atingiram em dois dos últimos 20 anos. Para efeitos da tomada de decisão, no entanto, as probabilidades são raramente baseadas estritamente em informações históricas, mas geralmente são ajustadas para levar em conta as informações disponíveis atualmente pode ser encaminhado para probabilidades como subjetivos. Por exemplo, a observação de que as tempestades tropicais ocorreram recentemente em outras partes do mundo, pode resultar na atribuição de uma maior probabilidade de uma tempestade subjetiva para o local do que seria indicado pela frequência histórico.¹⁶

Essa probabilidade é geralmente descrito em termos de frequência estatística. O termo "100 anos de inundação" descreve um evento ou de uma área sujeita a probabilidade de 1% de um determinado tamanho de inundações que ocorrem em um determinado ano. Este conceito não significa que tal inundação ocorrerá apenas uma vez em cem anos. Se ocorrer ou não em um determinado ano não tem relação com o fato de que ainda há uma chance de 1% de uma ocorrência similar no ano seguinte. Uma vez que as áreas de várzeas podem ser mapeadas, o limite dos 100 anos de inundação é comumente usado em programas de mitigação para identificar áreas onde o risco de inundação é significativo. Qualquer outra frequência estatística de inundação pode ser escolhida de acordo com o grau de risco que está selecionado para a avaliação, por exemplo, de 5 anos, 20 anos, 50 anos, de 500 anos de várzea¹⁷.

¹⁶ Organization of American States. Dept. of Regional Development and Environment (OAS). "Chapter 8 - Floodplain Definition And Flood Hazard Assessment". In: . **Primer on Natural Hazard Management in Integrated Regional Development Planning**. Washington: 1991, p. 70. Tradução do autor.

¹⁷ Organization of American States. Dept. of Regional Development and Environment (OAS), op. cit., p. 245. Tradução do autor.

Ou seja, a probabilidade de uma inundação ou o risco de inundação, em particular, é estimada como uma possibilidade ou probabilidade ao longo de um período de um ano. Por exemplo, se houver uma em 100 chances de inundação em um determinado ano, este também pode ser descrito como tendo 1% de chance de inundação a cada ano. No entanto, se ocorrer uma inundação, isso não significa que outro dilúvio não ocorrerá por 99 anos.

Assim, vários autores (PPS 25, 2009, p.42; RIBA, 2007, p.12) especificam a probabilidade de ocorrência anual das inundações de acordo com quatro zonas de inundação: zona de inundação 1 (baixo risco) com menos de 0,1% (1 em 1000) possibilidade de inundações; zona de inundação 2 (médio risco) entre 0,1% (1 em 1000) e 1% (1 em cada 100) pela enchente do rio e de 0,5% (1 em 200) chance de inundação do mar; zona da inundação 3a (alto risco) com um maior do que 1% (1 em cada 100) oportunidade para rios e maior do que 0,5% (1 em 200) para o mar; zona de inundação 3b (extremo risco) com uma superior a 5% (1 em 20) possibilidade de inundações ou de áreas projetadas para inundar em um extremo em 1000 inundação ou do terreno necessário para o transporte ou armazenamento de inundação. Esta zona é definida como várzea funcional¹⁸.

2.2.3.

Vulnerabilidade

Sendo a inundação uma ameaça, a sua causa, origem, probabilidade de ocorrência e seus efeitos são fatores que ampliam a vulnerabilidade do sistema. A vulnerabilidade é entendida a partir das características do sistema urbano e sua definição pode variar de acordo com o foco que se deseja dar, ou seja, (FERREIRA, et al, 2010, p.2) "cada um dos domínios de conhecimento que usa o conceito de vulnerabilidade tem sua própria maneira de defini-lo, portanto a definição de vulnerabilidade depende do contexto e do propósito de sua aplicação (FÜSSEL, 2007). Num contexto geral, o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD) definiu a vulnerabilidade como uma medida de bem-estar humano que agrega exposições econômicas, políticas, sociais e ambientais a uma gama de perturbações nocivas (BERRY et al., 2006)".

O IPCC (2007) define a vulnerabilidade como:

¹⁸ De acordo com o documento PPS25, define essa área como sendo "terra onde a água tem que fluir ou ser armazenado em tempos de inundação". Tradução do autor.

O grau de suscetibilidade de um sistema aos efeitos adversos da mudança do clima, ou sua incapacidade de lidar com esses efeitos, inclusive a variabilidade e os extremos climáticos. A vulnerabilidade é uma função do caráter, magnitude e ritmo de variação climática aos quais o sistema está exposto, sua sensibilidade e sua capacidade de adaptação. Portanto, a adaptação também deve incluir todos os esforços para equacionar esses componentes.

Assim, a vulnerabilidade são as características do sistema urbano sujeito a algum tipo de risco de ameaça climática, possuindo componentes onde: a exposição são as condições de localização do sistema perante as ameaças naturais; a sensibilidade são as características físicas e sócio culturais da ocupação; e a capacidade adaptativa é a capacidade da população e instituições de gestão em lidar com uma determinada ameaça (figura 01) (LEMOS, 2010).

Figura 1 - Diagrama das componentes da vulnerabilidade, características de um sistema, que podem ampliar o desastre



Fonte: elaborado pelo autor

A pergunta “será muito pior no futuro?” (JHA et al, 2011, p.54) é difícil de responder com precisão. O que se observa atualmente é que o número de desastres aumentou, evidenciando o quão os sistemas estão vulneráveis e despreparados. Na equação dos riscos que tenta mensurar os impactos de perda, ameaças e vulnerabilidade são componentes que juntas definem a magnitude de um desastre sobre o sistema, impossibilitando às vezes a recuperação de um sistema em um determinado tempo ou definitivamente. A ONU (UNISDR, 2009) reformulou sua definição, onde os desastres são definidos como um sério distúrbio na funcionalidade de uma comunidade ou sociedade

ocasionando impactos e perdas humanas, econômicas e ambientais generalizadas, os quais excedem a capacidade da comunidade afetada de se recuperar com seus próprios recursos. Pelling (2003) definiu os desastres como sendo um estado de interrupção nas funções de um sistema, resultado da coincidência do perigo e da vulnerabilidade.¹⁹

Assim, pode-se observar que as inundações são fenômenos de origem natural e antrópica que ao interagirem causam desastre, tornam-se um motivo de grande preocupação ao excederem as capacidades de enfrentamento das comunidades afetadas, prejudicando vidas e bens. E retomando a pergunta feita acima sobre uma ideia de projeção sobre o risco de inundação, a perspectiva de mudança climática amplia ainda mais a incerteza sobre os riscos, ameaças e os impactos causados pelos desastres. Essa incerteza está mais presente sobre o clima, a origem natural de inundação através da meteorológica e hidrológica, por ser uma área que está fora do alcance e controle humano.

2.3.

Mudança Climática: Risco de Inundação e Sistema Urbano Vulnerável

Não são as espécies mais fortes que sobrevivem, nem as mais inteligentes. E sim a mais adaptável à mudança. (Charles Darwin, 1853, tradução nossa)

O naturalista Charles Darwin dizia há 161 anos que para sobrevivência de uma espécie, ela deve adaptar-se às mudanças impostas pelo ambiente advindas de diferentes origens. Vivencia-se um momento em que a mudança climática contextualiza a sociedade do século XXI. Essa sociedade emergente precisa lidar com a incerteza trazida pelo clima e possui a tarefa de re-determinar os padrões, considerando agora as ameaças potenciais (LEMOS, 2010).

O tema da mudança climática global ganhou importância quando observações indicaram que às concentrações de gases de efeito estufa, por exemplo, CO₂ e CH₄, têm aumentado na atmosfera. Isso pode produzir uma mudança na força radiativa do sistema climático. Os modelos globais de clima

¹⁹ Goerl, R. F.; Kobiyama M. Redução dos desastres naturais: desafio dos geógrafos. **Revista Ambiência** - UNICENTRO. 9(1): 145-172 (2013). Disponível em: <<http://revistas.unicentro.br/index.php/ambiencia/index>>. Acesso em: ago. 2014.

projetam para o futuro, ainda com algum grau de incerteza, possíveis mudanças em extremos climáticos, como ondas de calor, ondas de frio, chuvas intensas e inundações, secas, e mais intensos e/ou frequentes furacões e ciclones tropicais e extratropicais.²⁰

A vulnerabilidade do sistema aos riscos de inundação torna-se exacerbada em virtude dos desafios impostos pela mudança climática, compreendida como uma:

Alteração do clima em um lugar ou região durante um período extenso de tempo (décadas ou mais) se produz uma mudança estatística significativa nas medições médias ou variabilidade do clima neste lugar ou região. As mudanças no clima podem ser devido a processos naturais ou antrópicos persistentes que influenciam a atmosfera ou a utilização do solo.²¹

Ou seja, as ameaças de origem natural resultando em inundação tendem a aumentar a frequência e intensidade, ampliando ainda mais o grau de vulnerabilidade do sistema.

A ação antrópica voltada para o desenvolvimento possui reflexos sobre o sistema natural, como alteração no ciclo hidrológico. Presencia-se um momento onde cada vez mais os desastres estão afetando os sistemas urbanos, como por exemplo, se a ação de assentamento urbano desconsidera características biofísicas, a reação é a ocorrência de um desastre podendo impactar todos os aspectos do sistema urbano. Contudo, essa ação urbana é pensada de forma que a emissão de gases de efeito estufa é constante, e apoiado a partir de alguns autores, a causa do aquecimento global e, conseqüentemente, o aumento de fenômenos climáticos, caracterizando assim o que os cientistas entendem como mudança climática.

A Agência de Proteção Ambiental do Governo dos Estados Unidos²² afirma que as concentrações de gases de efeito estufa na atmosfera vão continuar a aumentar, a menos que os bilhões de toneladas de nossas emissões

²⁰ BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Biodiversidade e Florestas. **Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade**: caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI. Brasília: MMA, 2007. 212 p. (Série Biodiversidade, 26, p. 426).

²¹ IPCC, 2001, apud SECRETARIA DA ESTRATÉGIA INTERNACIONAL PARA REDUÇÃO DE DESASTRES (EIRD). **Glossário da Estratégia Internacional para Redução de Desastres** (EIRD/ONU). FIOCRUZ (EPA). Disponível em: <<http://www.fiocruz.br/omsambiental/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?infoid=293&sid=15>>. Acesso em: jun. 2014, p.5.

²² UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). **Climate Change: science. Future Climate Change**. Disponível em: <<http://www.epa.gov/climatechange/science/future.html>>. Acesso em: out. 2014.

anuais diminuíam substancialmente. As concentrações aumentadas são esperadas para: aumento da temperatura média da Terra, influência nos padrões e nas quantidades de precipitação, redução do gelo e da neve, assim como terra congelada, elevação o nível do mar, e aumento da acidez dos oceanos.

De acordo com o professor Tácio Campos

essas ameaças naturais associadas ao clima são decorrentes de processos hidrogeológicos ou de processos atmosféricos ou meteorológicos. Neste sentido, elas são propensas a serem fortemente afetadas por alterações climáticas que possam estar ocorrendo no planeta, conforme proposto por diferentes cientistas. (CAMPOS, 2013, p.170)

Lemos (2012), toma como referência o documento elaborado pelo CIVIS²³ para destacar alguns possíveis impactos da mudança climática sobre áreas urbanas e sobre a saúde e capacidade de enfrentamento das famílias (figura 02). Períodos quentes e ondas de calor, forte precipitação pluviométrica, secas e elevação do nível do mar estão projetados para acontecer de formas mais frequentes e intensas.

Figura 2 - Tabela Impactos da Mudança Climática

MUDANÇA	IMPACTO SOBRE ÁREAS URBANAS	IMPACTO SOBRE A SAÚDE E CAPACIDADE DE ENFRENTAMENTO DAS FAMÍLIAS
Períodos quentes e ondas de calor: frequência aumentada na maioria das ár	Ilhas de calor com temperaturas até 7°C (44,6°F) mais altas; piora na poluição do ar	Maior risco de doenças e mortes relacionadas ao calor; mais doenças transmissíveis por vetores; impactos sobre os que exercem trabalhos vigorosos; aumento nas doenças respiratórias; escassez de alimentos devido ao impacto sobre a agricultura
Forte precipitação pluviométrica: frequência aumentada na maioria das áreas Maior e mais intensa atividade de ciclones tropicais (incluindo furacões e tufões)	Maior risco de enchentes e deslizamentos de terra; prejuízo às atividades de sustento e economias urbanas; dano a moradias, bens, negócios, transporte e infraestrutura; perda de renda e ativos; frequentes deslocamentos populacionais em massa, com riscos a ativos e redes sociais	Óbitos; ferimentos; aumento de doenças relacionadas a alimentos e água; mais malária por conta de água parada; menos mobilidade com implicações sobre as atividades de sustento das famílias; escassez de alimentos; deslocamentos, e riscos à saúde mental associados
Aumento da área afetada pelas secas	Escassez de água; migração para centros urbanos motivada por desespero; limitações das hidrelétricas; menor demanda rural por bens/ serviços; aumento nos preços dos alimentos	Maior escassez de alimentos e água; mais desnutrição e doenças transmitidas por alimentos e água; maior risco de incêndios florestais e problemas respiratórios associados
Maior incidência de elevação extrema no nível do mar	Perda de patrimônio e empresas; prejuízo ao turismo; dano a construções devido ao nível elevado da água	Inundações em áreas litorâneas; maior risco de mortes e ferimentos; perda de atividades de sustento das famílias; problemas de saúde relacionados à água salgada

Fonte: CIVIS apud Lemos, 2012

A vulnerabilidade do sistema aos riscos de inundação torna-se exacerbada em virtude dos desafios impostos pela mudança climática A

²³ Mudança Climática: O que significa para a sua cidade? Grupo de Assentamentos Humanos do IIED, p2. Disponível em: <http://www.citiesalliance.org/ca/sites/citiesalliance.org/files/CIVIS_1_Portuguese.pdf> apud LEMOS, M. Adaptação de Cidades para a Mudança climática: a construção de cidades sustentáveis e resilientes. Aula ministrada na disciplina Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável, Graduação em Arquitetura PUC-Rio, Rio de Janeiro, março 2012.

mudança climática é entendida como "outra tendência global de larga escala percebida como tendo impacto significativo sobre o risco de inundação" (JHAN, BLOCH e LAMAND, 2012, p. 2012), ou seja, fatores projetados relacionados à mudança climática podem influenciar diretamente a inundação. Para essa afirmação, Jhan, Bloch e Lamand reinterpretaram algumas informações do relatório do IPCC 2007 para descrever como essas projeções da alteração climática influenciam na inundação, como por exemplo: aumentar o índice do nível do mar é um dos fatores que ocasionam um aumento de riscos de danos causados por inundação nas áreas costeiras; alterar os padrões locais de precipitação poderia levar a um nível mais frequente e com maiores cotas de enchentes de rios e inundações mais intensas; alterar a frequência e duração dos eventos de seca leva à extração de águas subterrâneas e subsidência do terreno agravando o impacto da elevação do nível do mar; aumentar a frequência de tempestades leva a marés altas mais frequentes.

A vulnerabilidade do sistema sobre a ameaça de inundação aumenta devido as maiores ocorrências de períodos quentes e ondas de calor e assim, o aumento das temperaturas médias, afetando a dinâmica hidrológica e com isso a ocorrência de chuvas; eventos mais extremos climáticos como fortes precipitações pluviométricas; e a maior incidência de elevação do nível do mar colocando em grande risco ocupação de áreas costeiras de baixa elevação.

Logo, as previsões da mudança climática são de que o risco de inundação vai aumentar devido a tempestades mais frequentes graves trazendo maior intensidade de chuvas e aumentando o escoamento de terras e edifícios. Isto fará com que rios e córregos para experimentar mais elevado do que os fluxos normais de inundação e níveis, e esgotos e drenos para sobretaxa mais frequência do que no presente.

O cenário de risco de inundação agregado ao contexto de mudança climática é definido principalmente pela incerteza. Não se tem precisão sobre os riscos de consequências que o sistema urbano pode vir a sofrer. Entretanto, algumas projeções em cenários futuros são feitas com o objetivo de definir os riscos. A mudança climática possui reflexo sobre os aspectos: elevação do nível do mar, aumento de temperaturas médias, e maior ocorrência de eventos extremos de precipitação.

Os principais contribuintes para a elevação do nível do mar são a expansão dos oceanos e os processos antrópicos. A expansão ocorre quando o oceano se aquece e ocorre a transferência de água armazenada atualmente em

terra para o oceano, particularmente o degelo das calotas polares (geleiras e camadas de gelo) (CHRUSCH et al., 2011). Processos antrópicos que influenciam a quantidade de água armazenada no solo ou na sua superfície em lagos e reservatórios, ou alterações nas características da superfície terrestre que influenciam as taxas de escoamento ou de evapotranspiração, vão perturbar o ciclo hidrológico e causar a elevação do nível do mar (SAHAGIAN, 2000; WADA et al., 2010)²⁴.

Dessa forma, segundo o IPPC (2013a) a elevação do nível médio do mar (NMM) em 2100 pode chegar a 0,98 metros. O aumento de CO₂ na atmosfera induz um aumento lento da temperatura e de vapor de água, aumentando assim o refrigeramento da atmosfera e aumento da precipitação global (ALLEN e INGRAM, 2002; YANG et al, 2003;. HELD e SODEN, 2006). No âmbito da temperatura média global, o IPCC aponta um aumento de 4°C no cenário mais pessimista. Com isso, os efeitos do aumento da temperatura também afetam as alterações de precipitação (GOOD et al., 2012)²⁵.

Nos últimos 60 anos, o número de desastre de inundação aumentou significativamente, sendo considerada a mais frequente em comparação aos outros desastres (JHAN, BLOCH e LAMAND, 2012, p.19). A probabilidade de uma inundação ou o risco de inundação, em particular, é estimada como uma possibilidade ou probabilidade ao longo de um período de um ano. Colocar inundação e o termo “1 em 100 anos” em contexto permite que a sociedade aborde questões como o risco de morte e perda de propriedade. Permite também estudar e compreender as características de um sistema que o tornam vulnerável a tal desastre, a partir dos seus componentes: exposição, sensibilidade e capacidade adaptativa.

Quem e o quê são vulneráveis, quão vulneráveis eles são, quais são as causas de suas vulnerabilidades. (ACOSTA-MICHLIK et al. apud FERREIRA et al., 2008, 4).

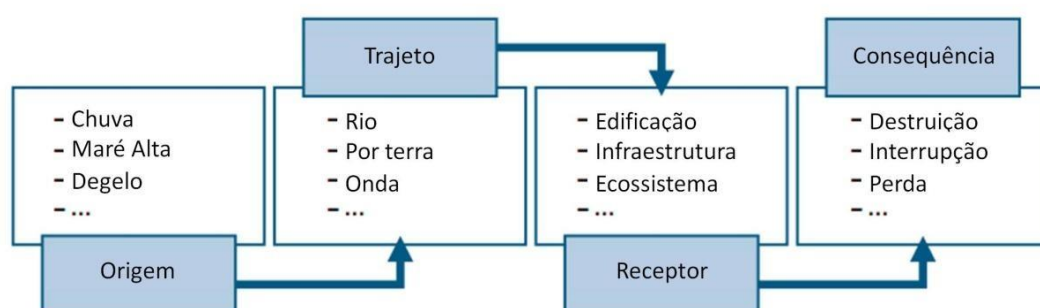
Para entender o risco de inundação sobre o sistema urbano, Jhan, Bloch e Lamond (2012) elaboram um modelo a partir de uma leitura sobre o processo percorrido pela água desde sua origem até ela se tornar um desastre

²⁴ Chrusch et al., 2011; Sahagian, 2000; Wada et al., 2010 apud INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **Climate Change 2013: The Physical Science Basis**. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report: Climate Change 2013 (AR5). Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2013a, p. 1142. Tradução do autor.

²⁵ Allen e Ingram, 2002; Yang et al, 2003; Held e Soden, 2006; Good et al., 2012, apud IPCC, op. cit., p. 1156. Tradução do autor.

ocasionando em destruição, perdas, dentre outras consequência no sistema urbano (figura 03). A água é originada de eventos climáticos como chuvas, ondas de tempestade, degelo, dentre outros, e utilizam os rios, terras e mar como transporte até ser interceptada por um tipo de receptor. A origem e o transporte da água a classificam ainda como um evento, a partir do momento que ela é interceptada por um tipo de receptor, a água se torna uma ameaça, por que, dependendo das condições urbanas, as edificações, infraestruturas, e outros, não estão preparados para receber essa água. Isso ocasiona em perdas e danos, interrupções de serviços urbanos, etc., configurando, assim, em uma inundação.

Figura 3 - Modelo do processo percorrido pela água



Assim, as ações devem focar-se em como esses receptores estão estruturados para avaliar os riscos e minimizar as consequência sobre o sistema urbano. Observa-se através de alguns desastres, que as cidades ainda sofrem bastante com as inundações.

A partir da ocorrência de diversos eventos e seus impactos sobre os custos humanos e financeiros conformando em desastres, constatou-se que nos últimos 40 anos, mais de 3,3 milhões de mortes por desastres aconteceram nos países mais pobres, e a cada ano, cerca de 226 milhões de pessoas são afetadas por esses desastres. Os desastres estudados que ocasionaram mortes foram ciclones, furacões e tufões com 37 milhões de mortos, deslizamentos de terra com 366 mil, e inundação com 102 milhões a cada ano (FREITAS, 2014, p. 1578).

Nos últimos 30 anos, cerca de 2,8 bilhões de pessoas foram afetadas por inundações, com 4,5 milhões de desabrigados, aproximadamente 540 mil

mortes e 360 mil feridos, excluindo cerca de 38 mil a 2,7 milhões de lesões que passaram sem registro.²⁶

2.4.

Considerações sobre o Contexto das Ameaças Climáticas e Inundação do Espaço Urbano

Nas cidades, inundações tanto de pequena como de grande magnitude podem provocar danos irreparáveis, uma vez que a intensidade dos danos dependerá da densidade populacional e da infraestrutura existente na área em que ocorrem. A ocupação de áreas propícias à ocorrência de inundações associadas às modificações constantes no terreno, deixando-o menos permeáveis à infiltração por diminuir a sua capacidade de retenção natural, acarreta em um aumento no volume de água do escoamento superficial, aumentando a probabilidade de inundação.

Ao longo desses anos todos, entende-se que o número de mortos, mesmo que alto, diminuiu. Isso se deve a maiores investimentos dos governantes para reduzir as estatísticas de perdas. Porém, o número de pessoas e estruturas expostas pelas ameaças continua aumentando, evidenciando a vulnerabilidade dos sistemas urbanos.

Os benefícios que a água pode trazer para o sistema urbano são inúmeros e influenciaram na localização e formação de cidades. Os sistemas urbanos priorizaram historicamente a localização próxima aos rios e marés, que proporcionava vantagens para comércio, transporte, abastecimento de água, irrigação dos plantios, trocas e as necessidades básicas do homem. Como visto, historicamente, a relação do homem com a água foi baseada a partir das necessidades da ocupação urbana, utilizando a água como um elemento de consumo ou interesse estratégico, onde o homem usufruiu de seus benefícios a partir de uma intensa exploração.

Essa proximidade, entretanto, também representava uma ameaça que foi crescendo na mesma medida do crescimento das áreas urbanas com o

²⁶ Doocy S, Daniels A, Murray S, Kirsch T. D. The Human Impact of Floods: a Historical Review of Events 1980-2009 and Systematic Literature Review. **PLOS Currents Disasters**. (2013). Disponível em: <<http://currents.plos.org/disasters/article/the-human-impact-of-floods-a-historical-review-of-events-1980-2009-and-systematic-literature-review/>>. Acesso em: jul. 2014, p. 2.

aumento dos bens e riquezas expostas a eventos costeiros, impermeabilização do solo, desenvolvimento e ocupação em áreas de risco, dentre outras características. Novos desafios apresentados no século XXI, como a mudança climática que intensifica as chuvas, aumenta a temperatura média global e a elevação do nível do mar, potencializam o risco de inundação.

Dessa forma, a interação das ameaças climáticas junto com o despreparo das cidades, reforça o caráter de vulnerabilidade do sistema urbano ocasionando em desastres, ou seja, quanto mais pessoas e bens estão localizados em zonas de risco de inundação, sem infraestrutura e modelo de ocupação adequados, e mais pessoas estão desinformadas sobre os riscos que estão expostas e quais são as consequências de ocupar áreas suscetíveis a inundação, maior o sistema urbano encontra-se vulnerável.

3

Vulnerabilidade Costeira

3.1.

Zonas ou deltas costeiras e inundação costeira

Existem diversas definições para zona costeira. A mais básica delimita a zona costeira como sendo uma faixa de terra seca e o espaço oceânico adjacente. Entretanto, sua definição é um pouco mais complexa devido a outros fatores que estão presentes nesse ecossistema, como a parte terrestre e seus usos que afetam diretamente a dinâmica natural do espaço oceânico e vice-versa, e os fatores climáticos ou da atmosfera. Os fatores climáticos, como ondas de tempestade, e a projeção da elevação do nível do mar também fazem parte do ecossistema costeiro.

Rochette (2010) da UNEP²⁷ reuniu algumas definições referentes à zona costeira. Dentre elas, Rochette destaca que o US Coastal Zone Management Act (1972) entende a zona costeira como sendo composta pelas “águas costeiras e o terreno adjacente, fortemente influenciados por cada um e próximos das linhas costeiras e suas diversas condições, incluindo as ilhas, áreas de transição e entre marés, salinas, pântanos e praias”. Já o World Bank (1996), define como sendo “a interface onde a terra encontra o oceano, abrangendo ambientes da linha costeira, bem como as águas costeiras adjacentes”. Essas águas costeiras adjacentes podem incluir deltas de rios, planícies costeiras, zonas húmidas, praias e dunas, recifes, florestas de mangues e lagoas. Entretanto a definição mais completa é do Mediterranean ICZM Protocol²⁸ (2008), onde determina como sendo a

(...) área geomorfológica, onde ambos os lados da margem em que a interação entre os componentes marinhos e terrestres ocorre sob a forma de sistemas ecológicos e de recursos complexos constituídos por componentes bióticos e

²⁷ Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente

²⁸ A new Protocol on Integrated Coastal Zone Management (ICZM) was signed in Madrid on 21 January 2008 at the Conference of the Plenipotentiaries on the Integrated Coastal Zone Management Protocol.

abióticos coexistindo e interagindo com as comunidades humanas e atividades sócio-econômicas relevantes. (*apud* ROCHETTE, 2010, p. 7, tradução nossa)

Como foi visto no capítulo anterior, algumas cidades procuraram estabelecer-se em áreas próximas à água. Esse fato vem acontecendo até hoje, onde cada vez mais se comprova que as comunidades humanas e atividades sócio-econômicas estão concentradas em zonas costeiras.

As zonas costeiras, em muitas partes do mundo, são densamente povoadas e grandes centros de atividade econômica. O aumento do nível do mar e quanto mais intensas são as tempestades, ondas e seus picos, devido à mudança climática, representam uma séria de ameaças para um grande número de pessoas que vivem nessas áreas. Consequentemente, muitos países em desenvolvimento identificaram zonas costeiras como uma área prioritária para a adaptação à mudança climática. (LINHAM e NICHOLLS, 2010, p. ix, tradução nossa)

Linham e Nicholls (2010) destacam que os fatores climáticos sobre as projeções da mudança climática ameaçam uma grande parcela de pessoas e bens, colocando-as em risco. Mas por outro lado, as atividades humanas também exercem pressão sobre os ecossistemas costeiros e causam a degradação desse ecossistema e, consequentemente, a queda em serviços ecossistêmicos (MA, 2005; NOBRE & FERREIRA, 2009; NOBRE et al., 2010; *apud* YAUN et al., 2014, p. 63).

O sistema costeiro ou ecossistema costeiro é composto pelo subsistema natural e subsistema social. Além de possibilitarem interações locais, os sistema costeiros estão sujeitos a eventos externos e a mudança climática (Figura 04). Os fatores da mudança climática atuam nos eventos externos e no próprio sistema. Os riscos provenientes terrestres incluem inundações fluviais e entradas de sedimentos ou poluentes; e os riscos de procedência marítima incluem ondas de tempestade e outros.

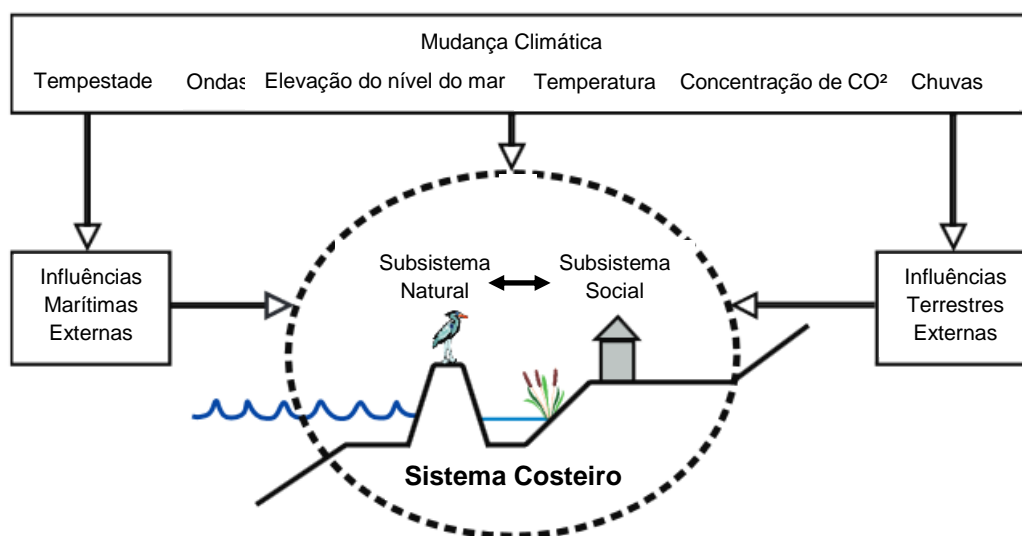
O subsistema natural inclui recursos costeiros distintos e ecossistemas, tais como costas rochosas, praias, barreiras e dunas de areia, estuários e lagunas, deltas, da foz dos rios, pântanos e recifes de coral. Esses elementos ajudam a definir as fronteiras marítimas e terrestres da costa. “Apesar de fornecer uma grande variedade de regulação, suporte e serviços culturais (MEA, 2005), eles foram alterados e fortemente influenciados pelas atividades humanas, e a mudança climática constitui apenas uma entre muitas pressões que estes sistemas estão enfrentando” (IPCC, 2014, p. 366).

O subsistema social inclui o ambiente construído (por exemplo, assentamentos, drenagem, infraestrutura de transporte e redes), as atividades humanas (por exemplo, turismo, aquicultura, pesca), e as instituições formais e informais que organizam as atividades humanas (por exemplo, políticas, leis, costumes, normas e cultura) (IPCC, 2014, p. 366).

Além de sofrerem impactos influenciados pela mudança climática, o ecossistema costeiro está exposto também a influências externas tanto terrestres como marítimas. As influências terrestres externas podem estar relacionadas à “mudança do uso da terra, especialmente o desmatamento, as modificações hidrológicas que tem impactos sobre a jusante, e o desenvolvimento localizado na costa” (IPCC, 2007, p. 319-320).

Já as influências marítimas externas são as “ondas geradas por tempestades ao longo dos oceanos que chegam à costa como inchamento (VASSIE et al., 2004). As correntes oceânicas modificam ambientes costeiros através de sua influência sobre a transferência de calor, com ambas as consequências ecológicas e geomorfológicas. O gelo do mar tem impactos físicos, e sua presença ou ausência influencia ou não nas ondas que atingem a costa (JAAGUS, 2006)” (idem).

Figura 4 – Mudança climática, influências externas e sistema costeiro



Fonte: IPCC, 2007, p. 318, tradução nossa

Essas influências externas e a mudança climática fazem com que as costas estejam sujeitas a eventos extremos que representam riscos para o subsistema natural e social, desequilibrando o ecossistema costeiro e ampliando a vulnerabilidade costeira às ameaças climáticas.

Dessa forma, a zona costeira pode ser considerada como uma área com alto grau de vulnerabilidade devido à grande exposição de populações, ecossistemas, riquezas, etc., às ameaças climáticas, oriundas de processos naturais ou antrópicos, influenciados pela mudança climática.

3.1.2.

Impactos da Inundação costeira e mudança climática

Uma das características peculiares já mencionadas no início desse capítulo, é justamente a zona costeira ser a interface da interação entre o continente, atmosfera e oceano. No contexto da mudança climática e aumento do nível do mar, uma das consequências das influências externas marítimas específicas da costa é a inundação costeira.

Inundação costeira está aumentando e afetando principalmente os novos assentamentos urbanos, mas também os tradicionais. Isto ocorre tanto devido ao nível do mar quanto aos fatores climáticos continentais. (DIEZ et al., 2011, p. 205)

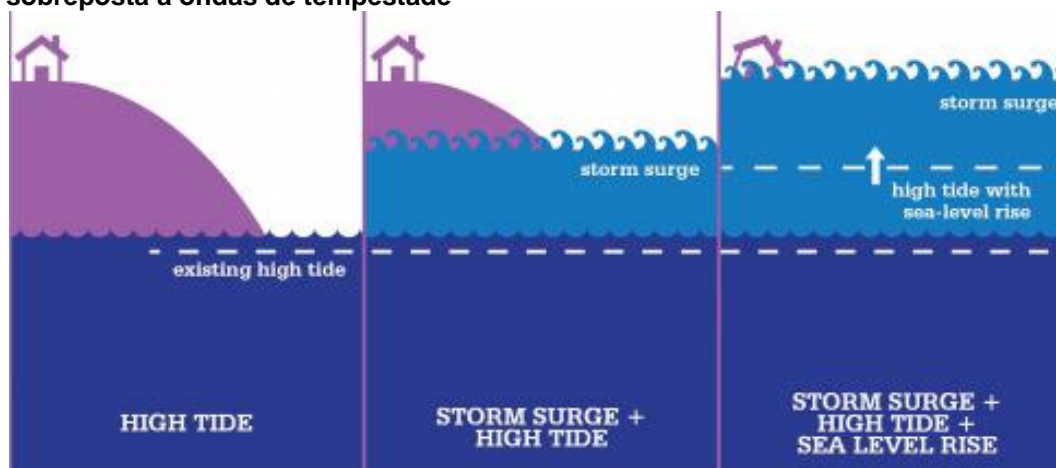
J. J. Diez et al. (2011) destacam que a situação vivenciada hoje pelas áreas costeiras tornam-se cada vez mais dramática por causa da ameaça da elevação do nível do mar. Os autores acreditam que o próprio conceito de áreas costeiras é bastante impreciso, isso devido ao fato de que podem ser entendidas a partir de uma abrangência do todo o território diretamente sujeito aos fenômenos climáticos de natureza marítima (DIEZ et al., 2011, p. 205), ou seja, regiões a margens de corpos hídricos. Assim, áreas consolidadas em margens de corpos hídricos poderiam entrar neste contexto, denominadas áreas delta. São áreas foz de um rio de grande porte formada por vários canais ou braços do leito do rio que possuem ligação direta com o mar onde cidades se consolidaram em suas margens.

De acordo com a Comissão Climática da Austrália²⁹ o do nível do mar “já subiu e continua a aumentar devido às mudanças climáticas” (2014, p. iv,

²⁹ “Depois de milhares de australianos embarcaram na maior campanha de multidão de financiamento da Austrália, a Comissão Climáticas que havia sido abolida, relançou como o novo e independente Conselho do Clima. Nós existimos para fornecer informações sobre as alterações climáticas para o público australiano e as autoridades. Por Quê? Porque a nossa resposta à mudança climática deve ser baseada no melhor conhecimento científico disponível. Somos um

tradução nossa). A mudança climática agrava as inundações costeiras ao criar uma tempestade de onda sobreposta à elevação do nível do mar, como mostra a figura 05. As inundações costeiras são um gigante adormecido. Se a ameaça de elevação do nível do mar é ignorada, as projeções de danos econômicos e de vidas aumentam por causa do impacto destruidor das inundações costeiras.

Figura 5 – Aumento do nível base do mar por causa da mudança climática sobreposta a ondas de tempestade



Fonte: STEFFEN, W.; HUNTER, J.; HUGHES, 2014, p. 5

A diferença então observada entre os dois tipos de inundação vistos, no capítulo 1 e 2, é principalmente definida pela presença dos efeitos e impactos causados pelas ondas decorrente das tempestades.

De acordo com o site do Governo de Nova Iorque³⁰, “inundação costeira” se diferencia da “inundação terrestre” principalmente devido à duração, localização geográfica da região e a causa de cada um. O governo entende que enquanto a inundação terrestre pode ocorrer “em qualquer lugar de fortes chuvas e má drenagem”, a inundação costeira acontece “quando um intenso sistema de baixa pressão no mar conduz a água do oceano para a superfície terrestre”. A água conduzida para terra e originada da tempestade de onda é chamada de inundação costeira.

grupo de rápido crescimento de pessoas formadas por conselheiros peritos, funcionários, voluntários e apoiadores. Juntos, estamos fazendo tudo que podemos para difundir informação independente e precisa sobre as alterações climáticas.”

CLIMATE COUNCIL OF AUSTRALIA. In: STEFFEN, W.; HUNTER, J.; HUGHES, L. **Counting The Costs: Climate Change and Coastal Flooding**. Austrália: Climate Council of Australia Limited, 2014. Disponível em: <<http://www.climatecouncil.org.au/uploads/coastalflooding.pdf>>. Acesso em: Jan. 2015.

³⁰ OFFICE OF EMERGENCY MANAGEMENT (OEM). NEW YORK CITY. NYC Hazard: Coastal Flooding. Disponível em: <http://www.nyc.gov/html/oem/html/hazards/storms_coastalflooding.shtml>. Acesso em: mai. 2015.

Assim, a partir do momento que a água entra no espaço urbano ou ambiente construído, e não tem saída, esse sistema está exposto aos riscos provenientes das duas inundações, tanto terrestres quanto marítimas. A partir desse raciocínio, entende-se que as inundações terrestres e costeiras cercam o sistema urbano por todos os lados.

A inundação costeira oferece alguns desafios para as cidades de acordo com os registros de grandes perdas nos últimos anos. McGranahan et al, destacam que entre os anos 1994 e 2004, essa combinação composta pela sobreposição das tempestades de onde junto com a elevação do nível do mar “equivaleram a 1/3 dos 1,562 desastres, metade das 120,000 pessoas mortas, e 98% dos 2 milhões de pessoas afetadas” (2007, p. 19).

De acordo com a Administração Nacional Oceânica e Atmosférica (NOAA), foram identificadas quatro causas primárias que originam essa inundação: tempestade de onda, tsunami, chuvas intensas e marés altas³¹. Entretanto, a tsunami e marés altas não entram na categoria aqui estudada por não originarem de um evento climático. Outra causa é considerada de longo prazo, o aumento do nível do mar. Este é dividido em duas escalas: global – expansão do oceano - e local – relativa a transformações na superfície terrestre.

Para o mapeamento ou diagnóstico de zonas de riscos de inundação costeira, outro esquema foi elaborado. Porém, ainda são mantidas as informações de probabilidade de inundação, só que considerando um fator denominado “elevações de inundação de base” (BFE) por causa das ondas. O fator BFE é “a elevação computada para que água da inundação esteja prevista a subir durante o dilúvio base. O BFE é o requisito regulamentar para a elevação ou a estruturas a prova d’água. A relação entre o BFE e a elevação de uma estrutura determina sua segurança contra a inundação”³².

A zona de risco é mapeada com elevações de inundação de base (BFEs) que refletem a influência combinada de elevações de inundação

³¹ “NOAA é uma agência que enriquece a vida através da ciência. Nosso alcance vai desde a superfície do sol para as profundezas do fundo do oceano à medida que trabalhamos para manter os cidadãos informados sobre a evolução do ambiente ao seu redor.”

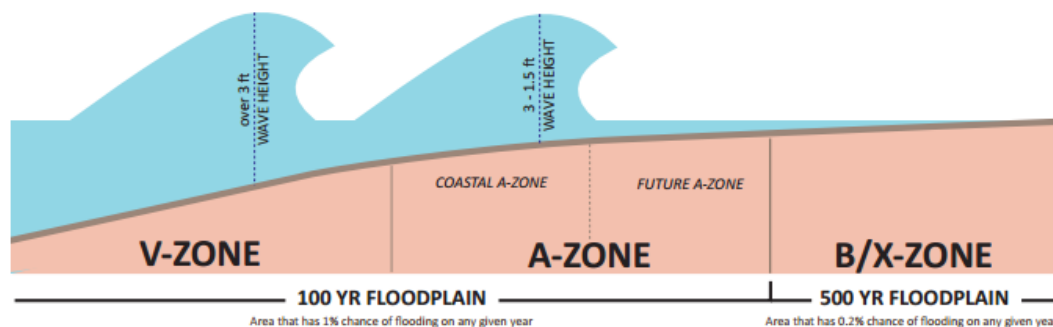
NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION (NOAA). Digital Coast. Understanding Coastal Inundation. Disponível em: <<http://coast.noaa.gov/digitalcoast/inundation/understand>>. Acesso em: mai. 2015.

³² FEDERAL EMERGENCY MANAGEMENT AGENCY (FEMA). Base Flood Elevation. Disponível em: <<http://www.fema.gov/base-flood-elevation>>. Acesso em: mai. 2015.

“stillwater”³³ e inclui a elevação da ondas de tempestade mais a altura da crista da onda.

Relacionando essas zonas de risco de inundação em áreas costeiras com as zonas definidas anteriormente no capítulo 1 (p. 13), o FEMA ³⁴ criou o FIRM, um mapa com risco de inundação (figura 06) que incluísse ameaças específica de uma zona costeira, como ondas.

Figura 6 – Zonas de risco de inundação considerando o BFEs



Fonte: BURDEN, 2013, p.9

- Zona V: Áreas ao longo da costa sujeitas à inundação pela oportunidade evento anual de 1% (1 em cada 100) de inundação com os riscos adicionais associados com ondas de tempestade induzida por mais de 1 metro de altura. BFEs são mapeados.
- Costa zona A: Áreas em direção à Zona V ou em direção à terra de uma costa aberta sem Zone-V mapeada, sujeita a inundação pelo evento possibilidade de inundação anual de 1% (1 em cada 100) com riscos adicionais associados com ondas induzida pela tempestade entre 45cm e 1m de altura. BFEs são mapeados.
- Zona A: Áreas sujeitas à inundação pela oportunidade anual de inundação evento de 1% (1 em cada 100), sem a ação das ondas. Obrigatória a compra de seguro de inundação e as normas de gestão de várzea. BFEs são mapeados.

³³ “Um aspecto de inundações costeiras é a quantidade de inundações “Stillwater”, ou a ascensão em águas devido à tempestade de onda não incluindo a altura das ondas.”
NEW YORK CITY PLANNING (NYC). In: BURDEN, A. **Coastal Climate Resilience: Urban Waterfront Adaptive Strategies**. NY: 2013, p. 9.

³⁴ Federal Emergency Management Agency. FIRM - Flood Insurance Rate Map.

"Flood Insurance Rate Map (FIRM) means an official map of a community, on which the Administrator has delineated both the special hazard areas and the risk premium zones applicable to the community". - Because a FIRM is used to regulate construction and to establish flood insurance premium rates, it makes sense to consider a wide range of coastal hazards that can damage buildings in coastal areas.

- Zona B / X (sombreado): Área moderada de perigo de inundação sujeita a inundação pelo evento anual mudança inundação de 0,2% (1 em cada 500). Também chamado de zona de inundação de 500 anos.

Tanto o primeiro esquema de inundação quanto esse segundo lidam com probabilidade de 0,2% (500 anos) e 1% (100 anos) de inundação. Considerando o objeto estudo sendo uma área costeira, ondas de tempestade e as possíveis alturas em que o pico da maré pode chegar, influenciam nos aspectos velocidade e veracidade da inundação costeira. Logo, as duas metodologias para elaboração de um mapa de zona de risco de inundação costeira e terrestre irão servir de auxílio para projetar e planejar no que se refere na escolha de quais abordagens de adaptação são mais apropriadas para redução da vulnerabilidade costeira.

3.2.

Megacidades em áreas de baixa altitude costeira (LECZ)

Assentamentos em áreas de baixa altitude costeiras são especialmente vulneráveis aos riscos decorrentes da mudança climática, no entanto, essas áreas baixas são densamente povoadas e crescem rapidamente. (McGRANAHAN et al, 2007, p. 17)

De acordo com McGranahan et al. (2007) a ocupação humana ao longo dos anos tem sido feita em áreas costeiras em virtude da promoção de diversos recursos e oportunidades de trocas. Entretanto, o grau de exposição das zonas costeiras de baixa altitude é alto devido às características geomorfológicas dessas áreas. Com a ocupação humana nessas áreas, a vulnerabilidade aumenta ainda mais, principalmente devido à concentração populacional.

Atualmente, evidencia-se um crescimento populacional que está acontecendo mundialmente. Esse crescimento é comprovado a partir da constatação feita em 2008 pelos dados disponíveis pela ONU, que a população urbana total ultrapassou a rural. Alguns autores acreditam que essa migração está voltada para as zonas costeiras, principalmente para as áreas de baixa altitude (LECZ).

Ao esperar esse contínuo crescimento urbano, indicado por Jongman et al. *apud* IPCC, 2014, acredita-se que ocorrerá na formação de megacidades (KLEIN et al. 2003) - aglomerados urbanos com população de 1, 8 e 10 milhões de habitantes - e muitas delas localizadas em zonas costeiras (NICHOLLS, 1995). Na pesquisa de McGanahan et al., sobre a Distribuição de Assentamento Humano em Zonas Costeiras de Baixa Altitude concluíram que apesar de constituírem apenas 2% da área total de terra do mundo, essas zonas abrigam 10% da população mundial e 13% da população urbana em megacidades.

Tal afirmação realça que se deve cada vez mais olhar para as áreas urbanas costeiras por causa do grande acúmulo de riqueza, por abrigarem os grandes centros metropolitanos, e, conseqüentemente, um maior número de habitantes e economia.

Sistemas costeiros e áreas baixas, (...) inclui todas as áreas perto do nível médio do mar. Geralmente, não há uma definição única para a costa e na zona/área costeira, onde o último enfatiza a área ou extensão dos ecossistemas costeiros. Em relação à exposição ao potencial aumento do nível do mar, a zona costeira de baixa altitude (LECZ) tem sido utilizada nos últimos anos com referência à área específica e população de até 10 m de elevação (Vafeidis et al., 2011). (IPCC, 2014, p.366)

Essa seleção para que as áreas de baixa altitude (LECZ) sejam menores do que 10m é justificado a partir do argumento levantado por McGranahan et al. (2007), onde eles entendem que “não se espera que o nível do mar alcance algo parecido com 10 metros acima da média de elevação, pelo menos em um futuro previsível. Mesmo com ondas de tempestade, a elevação de 10 metros deixa uma margem de segurança com relação a inundação” (idem, 2007, p. 21). O alto índice de densidade populacional e construtiva, o grande acúmulo de bens e riquezas, dentre outros, nessas áreas ocorreu por causa dos benefícios que as zonas costeiras proporcionam, tanto no passado quanto no presente.

Nicholls et al. (1995, p. 372) afirmam que as áreas costeiras estão em constante eminência de risco de inundação por causa do acelerado aumento do nível do mar global e aumento da frequência de tempestades. O autor enfatiza que no contexto das megacidades, os mais sérios impactos da elevação do nível do mar são: (i) um aumento do risco de inundação e colapso do sistema de drenagem; (ii) a salinização de fontes de água doce; (iii) lençóis freáticos mais

altos que podem reduzir a segurança de fundações; e (iv) a erosão da praia (National Research Council 1987).

Lemos (2010) aponta que “as áreas costeiras e próximas do nível do mar, além de já fragilizadas pela proximidade dos oceanos, estão também ameaçadas pela possibilidade de elevação do nível dos mares, com consequências diretas sobre o ambiente construído — infraestrutura urbana (sistema de drenagem, esgotamento sanitário, mobilidade, etc.), edificações e propriedade —, sobre a biodiversidade, sobre a saúde e a segurança dos habitantes e, ainda, sobre a dinâmica cotidiana, afetando a economia” (2010, p. 21).

Globalmente, 3.351 cidades estão em LEZC, e 13 das 20 megacidades são localizadas em zonas costeiras (UN-HABITAT, 2008 apud LIU et al., 2015, p. 528). Essas áreas costeiras de baixa altitude geralmente são densamente povoada e economicamente desenvolvidas, mas também é propenso a desastres, e enfrentam as consequências adversas dos perigos relacionados com a mudança climática e a elevação do nível do mar. Nas últimas décadas, tem havido tempestades mais frequentes e poderosas e, consequentemente, inundação em LECZ, demonstrando seu crescente risco (Idem, 2015, p. 528).

Dos pouco mais de 600 milhões de pessoas que vivem na zona, 360 milhões são urbanos. Isto implica um nível de urbanização de 60 por cento, em comparação com um nível de urbanização mundial de pouco menos de 50 por cento (McGranahan et al., 2007, p. 22).

Desenvolvimento socioeconômico (SED) conduz impactos costeiros de várias maneiras. SED influencia o número de pessoas e o valor dos ativos expostos a riscos costeiros. Desde AR4, uma série de estudos tem estimado a influência do futuro aumento do nível do mar e os riscos associados à população costeira e ativos. Embora essas estimativas estejam sujeitas a incertezas associadas com conjuntos de elevação e de preenchimento de dados globais (Lichter et al, 2011; Mondal e Tatem, 2012), todos os estudos indicam elevado e crescente exposição das zonas costeiras de baixa altitude (IPCC, 2014, p. 372).

O IPCC (2014, p. 373), em seu último relatório, fez uma estimativa relacionada a porcentagem da população global exposta a 1 em 100 anos (ou seja, o aumento do nível do mar possui 1% de chance de exceder todo ano) de uma elevação intensa do nível do mar. Essa estimativa aponta um crescimento de 95% de 1970 até 2010, com 270 milhões de pessoas e US\$ 13 trilhões

equivalentes aos bens materiais, expostos a esta ameaça (JONGMAN et al., 2012).

O rápido crescimento ou migração da população para as LECZ e, conseqüentemente, a rápida urbanização, faz com que ocorra uma aglomeração urbana nessas regiões vulneráveis. Bosello e Cian indicam que

os impactos da erosão costeiros e cheias marítimas nas cidades costeiras densamente povoadas e ricas em infraestrutura têm recebido muita atenção pelos impactos da mudança climática no âmbito da literatura. As zonas costeiras são caracterizadas por altas concentrações de assentamentos humanos: a densidade populacional é, em média, três vezes a média global (SMALL & NICHOLLS, 2003; MCGRANAHAN et al., 2007 apud BOSELLO e CIAN, 2014, p.593).

Essa constatação do crescimento populacional destaca que mais da metade da população mundial estão migrando para essas áreas em busca de emprego, melhoria na qualidade de vida, etc. Esse rápido crescimento populacional em zonas costeiras está contextualizado na mudança climática. A formação de megacidades em áreas de risco amplia os riscos de inundação, pois normalmente essa ocupação é feita através de um modelo insustentável.

Outra informação adicional para entender a magnitude da exposição dessas áreas, é destacar o contexto atual das atividades humanas sobre a superfície terrestre. O processo de urbanização como tendência de crescimento demográfico e seu modelo atual de ocupação insustentável possui uma relação direta com o grau da vulnerabilidade do sistema. A expansão para áreas urbanas aumenta de acordo com a necessidade de trabalho, moradia e melhoria de vida, entretanto, respostas para as ameaças climáticas com objetivo de reduzir a vulnerabilidade são ainda insuficientes.

Nicholls acredita que todas as cidades localizadas em zonas costeiras, incluindo as megacidades, estão ameaçadas pelos impactos do aumento acelerado do nível do mar global e outras implicações costeiras das mudanças climáticas, como a alteração da frequência das tempestades. Além disso, muitas das megacidades costeiras são construídos sobre estratos sedimentares geologicamente jovens que são propensos a subsidência dada a retirada de água subterrânea em excesso (NICHOLLS, 1995, p. 369).

3.2.1.

Reprodução de um modelo de ocupação insustentável

A falta de território urbano livre obriga as pessoas a ocuparem áreas urbanas sujeitas a riscos de inundação, e por não possuírem recursos e nem a cidade estarem preparadas para acomodá-las, a ocupação é feita de maneira precária, inadequada e insalubre. Essa ocupação reflete em um modelo considerado insustentável devido aos desafios climáticos apresentados no contexto atual.

Muitas vezes, localizado ao longo da costa, em planícies de inundação, (...), cidades com sua concentração de ativos e as pessoas são vulneráveis a desastres. A rápida urbanização e não planejada, que ocorre em terras marginais e áreas de risco, em combinação com assentamentos mal construídos e ecossistemas degradados, coloca mais pessoas e mais ativos em risco. (JHA, MINER e STANTON-GEDDES, 2013, p.1)

Um dos pontos que Jha, Miner e Stanton-Geddes (2013) estão discutindo é sobre um modelo de ocupação insustentável em um contexto de vulnerabilidade costeira. É necessário então definir o que o torna insustentável nas condições que são apresentadas sobre a inundação costeira.

A palavra insustentabilidade é o oposto do conceito de sustentabilidade, que nos dias de hoje está muito ligada às questões de aproveitamento dos recursos naturais, como captação de energia, água, etc. e seu limite de uso. Entretanto, existem muitas outras definições entorno desse conceito que vai além da exploração dos recursos naturais, e o que interesse para esse capítulo é uma definição que traz uma reflexão sobre a orientação apropriada para um planejamento urbano ou do ambiente construído em áreas de risco, que possam auxiliar na redução da vulnerabilidade.

Assim, a sustentabilidade é definida pela WCED, que é conhecida como a comissão Brundtland de 1987, como:

um processo de mudança em que a exploração dos recursos, a direção dos investimentos, a orientação do desenvolvimento tecnológico e as mudanças institucionais são feitas de acordo com futuro, bem como as necessidades presentes (WCED, 1987 apud HASSAN e LEA, 2014, p. 2).

Assim, Hassan e Lea (2014) dão espaço para entender a sustentabilidade como ações voltadas para necessidades atuais e futuras, como a redução da vulnerabilidade. Investimentos e orientação do desenvolvimento tecnológico devem ter o propósito de atender tais necessidades, junto com a mudança de políticas. Os autores discutem, através de autores referência, a concepção de uma cidade sustentável.

Lemos (2010) destaca que para se alcançar a meta da sustentabilidade, deve ocorrer uma transformação de comportamento, e, para ela, o planejamento urbano é uma das ferramentas, mesmo considerando-a limitada. O planejamento urbano configura a forma urbana, ou espaço urbano. A autora define o espaço urbano como sendo “a base/suporte físico onde as pessoas habitam, trabalham e interagem, no conjunto de espaços públicos e privados” (2010, p. 108). Assim, o planejamento deve orientar a ocupação humana de forma mais adequada, a fim de garantir que as atividades humanas se realizem de forma sustentável. Nesse sentido e no contexto da mudança climática, as condições do ambiente construído ou dos assentamentos mal construídos, junto com a degradação do ecossistema podem aumentar o grau de vulnerabilidade de uma região.

Burnett (2007) apud Hassan e Lea (2014) declarou que a cidade sustentável é organizada de modo a permitir que todos os seus cidadãos possam satisfazer as suas próprias necessidades e possam melhorar o seu bem-estar, sem danificar o mundo natural ou pôr em perigo as condições de vida de outras pessoas, agora ou no futuro.

Lemos (2010), então descreve que “a sustentabilidade das cidades não se refere somente às questões ecológicas em sua relação com o ambiente (consumo de recursos e energia, geração de resíduos em geral), mas também ao impacto das cidades sobre a saúde humana e a vida em sociedade” (2010, p. 107). A distribuição ou organização do espaço urbano tem a capacidade de potencializar os impactos da inundação costeira e terrestre, e ainda influenciar na mudança climática. Esses os impactos podem afetar a saúde humana e a vida em sociedade.

Como foi visto no capítulo anterior, as características identificadas que transformam o sistema urbano vulnerável à inundação são exarcebadas pelo contexto da mudança climática, principalmente devido às condições da estruturação urbano e sua configuração física-espacial. Essas características estão diretamente relacionadas ao que foi mostrado no Modelo do Processo de

Inundação por Jhan, Bloch e Lamond (2012)³⁶. O receptor ou espaço urbano no qual é afetada pela inundação costeira e terrestre, é configurado pelos modelos de construção das edificações e infraestruturas básicas (saneamento, drenagem, transporte, dentre outros), localização e condições geográficas para construção ou planejamento urbano, a impermeabilização do solo, dentre outros. Esse receptor é a estrutura que consiste no habitat da população e na construção das cidades, organizando os espaços urbanos.

A reprodução de um modelo de ocupação insustentável, alta densidade populacional, concentração de economia, e outros, são alguns fatores que fazem parte do sistema ou espaço urbano. As condições da ocupação urbana é uma das características que ampliam a vulnerabilidade costeira.

3.3.

Degradação do ecossistema costeiro

3.3.1.

Impactos sobre o ecossistema

Todos os aspectos que constituem esse ecossistema costeiro citados acima estão vulneráveis as ameaças climáticas, principalmente à inundação costeira, o aumento do nível do mar e aumento da frequência de eventos climáticos extremos. Isso devido ao contexto da mudança climática. Como foi destaca por Nicholls (2007) as influências externas e as condições dos subsistemas podem degradar o ecossistema, principalmente o natural.

A proposta aqui não é aprofundar no aspecto biológico do subsistema natural, e sim destacar sua importância como uma das áreas responsáveis pelo equilíbrio do sistema costeiro. Ele pode também absorver os impactos das ameaças citadas acima de forma natural, diferente do subsistema social, que já deve atuar a partir de estratégias feitas pelo homem. Sua preservação, ou conservação, ou restauração pode ajudar na construção de uma cidade mais saudável, a partir da compreensão sobre a interação entre o natural e social.

Sistemas marinhos costeiros estão entre os mais ecologicamente e sócio-economicamente vitais do planeta. Habitats marinhos da zona intertidal até o

³⁶ Conteúdo do capítulo 1, p. 23.

quebra da plataforma continental são estimados para fornecer mais de US \$ 14 trilhões em bens do ecossistema (por exemplo, alimentos e matérias-primas) e serviços (por exemplo, regulação perturbação e ciclagem de nutrientes) por ano, ou c. 43% do total mundial (COSTANZA et al., 1997). (HARLEY et al., 2006, p. 228, tradução nossa)

Dessa forma, Nicholls e Linham (2010) não estavam equivocados ao afirmarem que as zonas costeiras precisam de uma atenção especial. Harley et al. (2006) defendem o ecossistema costeiro como um dos mais ricos tanto ecologicamente quanto sócio-economicamente. Entretanto, as atividades humanas para alcançar esse lucro, acabam, muitas vezes, prejudicando ou degradando esse ecossistema. A falta de preparo do sistema atual das cidades em momentos de inundação faz com que a poluição urbana chegue aos rios e marés, ameaçando a saúde e vida do ambiente natural. Essa consequência reflete em um ciclo no qual as atividades humanas dependem desses recursos naturais, que estão fragilizados devido às ações humanas.

De acordo com Ferreira et al. (2010) “pesquisadores da área ambiental têm se esforçado na tentativa de abordar a vulnerabilidade, tanto no sentido social, como no sentido ambiental, procurando unir as duas temáticas num conceito mais abrangente (HOGAN; MARANDOLA JR., 2006)”. O foco não pode ser dado somente para a redução da vulnerabilidade social, mas também para a ambiental. Nessa pesquisa, eles destacam que:

A vulnerabilidade, na perspectiva de sistemas biofísicos, varia de acordo com o uso e o acesso aos recursos e a susceptibilidade às condições de mudança no ambiente natural (YOUNG et al., 2010). Os pesquisadores que abordam a vulnerabilidade biofísica estão preocupados em descobrir: i) para o quê os seres vivos são vulneráveis; ii) que consequências podem ser esperadas e; iii) onde e quando os impactos podem ocorrer (EAKIN; LUERS, 2006). Já a vulnerabilidade social é conceituada por Adger (1999) como a “exposição de indivíduos ou grupos de indivíduos ao estresse, como resultado de mudanças ambientais e sociais”. A forma como estressores decorrentes de mudanças ambientais e sociais afetam as populações humanas diferem de acordo com diferentes etnias, níveis de educação e idade (TEKA; Vogt, 2010). (FERREIRA et al., 2010, p.3)

Kenede e Nicholls (2011) entendem que a elevação do nível do mar e os níveis de água extremos representam componentes importantes das mudanças climáticas para as zonas costeiras e têm implicações significativas no subsistema natural, incluindo planícies baixas costeiras, ilhas, praias,

manguezais, corais, zonas húmidas costeiras, estuários, etc. Ameaças potenciais para outros setores incluem danos a obras de proteção costeira e outras infraestruturas, recursos hídricos, agricultura e aquicultura, pesca, turismo/recreação, funções de transporte e outros serviços de provisão dentro da zona costeira.

Os principais impactos diretos da elevação do nível do mar incluem inundação de áreas baixas, a perda de zonas úmidas costeiras, aumento das taxas de erosão da costa, a intrusão de água salgada e aumento da salinidade nos estuários e aquíferos costeiros, os lençóis freáticos mais elevados, e níveis mais elevados de água extremas que levam a inundações costeiras (BICKNELL et al. 2009; NICHOLLS et al. 2007 apud idem, 2011).

A magnitude dos impactos das mudanças do nível do mar vai variar de lugar-a-lugar, dependendo da topografia, movimentos de terra, e qualquer atividade humana, o que contribui para as alterações nos níveis de água ou disponibilidade de sedimentos.

3.3.2.

Sistema sócio-ecológico

As perdas dos serviços ecossistêmicos realçam uma necessidade de tentar entender a dinâmica existente dentro desse ecossistema costeiro. Alguns autores começam a defender a mudança de paradigma quanto a relação entre os atores naturais e sociais que configuram o sistema sócio-ecológico.

Folke et al. (2010, p. 3) definem o sistema sócio-ecológico a partir da interação de interdependência e reciprocidade entre o humano e a natureza. Para eles, esse conceito enfatiza a perspectiva “humanos na natureza”, ou seja, as atividades humanas, como pesca, aquicultura, dentre outras, são possíveis de serem exercidas por causa da qualidade do subsistema natural; e a qualidade do subsistema natural depende de como o subsistema social se comporta perante o natural, a partir da preservação ou conservação.

González et al. (2008) apostam em uma outra perspectiva, onde é o “humano com a natureza”. Ele sugere como uma ponte entre conservação e desenvolvimento na Ilha Galápagos, comparado ao típico paradigma “humano na natureza” que caracteriza a maioria dos sistemas sócio-ecológicos. Essa perspectiva entende que os moradores da ilha devem agir como os guardiões do

capital natural baseando-se em que seu bem-estar presente e futuro. Esta é a abordagem inovadora que foi adotada no recente Plano de Gestão Parque Nacional de Galápagos (Parque Nacional Galápagos 2006).

O subsistema natural costeira está ameaçado devido a urbanização das megacidades nessas áreas. O desenvolvimento econômico visado por esses grandes centros pode ter consequências sobre o natural. Isso pode depender se a prática consiste no que foi sugerido por Metzger (2001) ao seguir os três fatores que podem orientar em delimitar essa ocupação, considerando: as características do ambiente abiótico; quais são as perturbações naturais; e como as ações antrópicas podem influenciar nesse meio.

Besse (2006) se questiona sobre a paisagem, mas que reflete nessa dinâmica do sistema sócio-ecológico:

De que a paisagem é produzida? Tradicionalmente a resposta seria: a paisagem é o produto das interações, das combinações entre um conjunto de condições e de construções naturais (geológicas, morfológicas, botânicas, etc.) e um conjunto de realidades humanas, econômicas, sociais e culturais. São essas interações que, no tempo e no espaço, respondem pelas mutações percebidas nas paisagens visíveis. (BESSE, 2006, p. 66)

Para pensar de forma a minimizar a interferência humana sobre a natureza de forma negativa, o primeiro passo é refletir sobre a relação estabelecida entre os dois subsistemas. Essa relação descrita acima destaca o quão vulnerável as zonas costeiras são. As atividades humanas e as ações da mudança climática também são responsáveis pela degradação do ecossistema costeira.

Repensar essa relação entre os dois subsistemas é essencial, partindo do pressuposto que a natureza possui um papel fundamental para reduzir essa vulnerabilidade. A questão aqui levantada é uma possível relação harmônica da natureza com o humano, e como ela pode diminuir a vulnerabilidade do ecossistema costeira.

González et al. (2008), no estudo sobre as Ilhas Galápagos a proposta é mudar o paradigma do pensamento da dominação da sociedade sobre a natureza. Ao invés do subsistema humano invadir o subsistema natural, propõe-se a convivência com ele. O autor adaptou a metodologia do “cycle adaptive” de Holing e usou como caso de estudo as Ilhas Galapagos por ser um dos lugares que menos foi atingido pela ação humana e ainda mantém seu arquipélago ecológico original.

O estudo de sistemas complexos criou novas ferramentas para modelar interações entre os sistemas naturais e antropogênicos (COSTANZA et al., 1993 apud González et al., 2008). Pensamento sistêmico complexo está sendo amplamente utilizado neste contexto para analisar sistemas interligados de seres humanos e a natureza, isto é, sistemas sócio-ecológico (SEs), em várias escalas e como um meio para lincar as ciências sociais e biofísicas (BERKES e FOLKE, 1998; BERKES et al., 2003; LIU et al., 2007 apud GONZÁLEZ et al., 2008).

A vulnerabilidade desse ecossistema costeiro está ligada tanto ao subsistema natural (mangues, wetlands, cobertura arbóreas, dentre outros) quanto ao social (melhor planejamento territorial e menos intervenção na natureza).

3.4.

Considerações sobre a Vulnerabilidade Costeira

A partir das diversas definições referente a zona costeira, entende-la como uma área geomorfológica, no qual a linha costeira que margeia os componentes marinhos e terrestres é a interseção da interação do sistema ecológico com as comunidades humanas e suas atividades socioeconômicas. Essa interação acaba levantando algumas questões importantes no contexto da mudança climática e inundação costeira a partir do momento que tanto o sistema ecológico e quanto as comunidades humanas estão expostos a riscos climáticos externos marítimos e terrestres.

A inundação costeira é uma das ameaças específicas de zonas costeiras e que se deve dar sua devida importância. Isso porque já foi constatado que o nível do mar aumentou, possuindo bastante influência sobre a ação da inundação costeira. Esse desastre é derivada a partir de ondas de tempestade, chuvas pluviais, dentre outros. As ondas são um fator essencial para levar em consideração na elaboração do mapa com risco de inundação devido a sua velocidade e força, computado pela “elevação de inundação de base” (BFE).

A ocupação humana ao longo dos anos tem sido feita em áreas costeiras em virtude da promoção de diversos recursos e oportunidades de

trocas. Com o passar dos anos, essas áreas concentraram uma alta densidade populacional e, conseqüentemente, um grande acúmulo de riqueza, configurando cidades ao longo da linha costeira. Foi observado a partir da pesquisa que 10% da população mundial estão localizados em zonas costeiras e 13% da população urbana em megacidades. Todavia, algumas dessas megacidades estão localizadas em zonas costeiras de baixa altitude (LECZ) - referência à área específica e população de até 10 m de elevação.

O processo de urbanização dessas cidades evidencia a ausência de preocupação quanto às ameaças climáticas. Essa afirmação é resultante da reprodução de um modelo de ocupação insustentável, onde a discussão gira em torno das condições de construção das edificações e infraestruturas básicas (saneamento, drenagem, transporte, dentre outros), localização e condições geográficas para construção em áreas de risco, a impermeabilização do solo, dentre outros. O receptor, classificado como o ambiente construído ou espaço urbano, deve ser planejado e projetado de forma que considere a inundação costeira e a mudança climática. Dessa forma, tanto a localização quanto o processo de urbanização caracterizam o alto grau de vulnerabilidade costeira.

A vulnerabilidade costeira também está relacionada a degradação do ecossistema costeiro, sendo este considerado um dos mais ricos tanto ecologicamente quanto sócio-economicamente. O processo de urbanização mencionado, a inundação costeira e a mudança climática são fatores que influenciam na degradação do subsistema natural, ampliando o grau de vulnerabilidade da região. É válido destacar que a magnitude dos impactos desses fatores varia de lugar-a-lugar, dependendo da topografia, movimento de terra e atividades humanas.

Um ponto fundamental para entender e tentar reverter essa dinâmica atual dos dois subsistemas é o conceito de sistema sócio-ecológico, no qual enfatiza a interdependência e integração entre os subsistemas, tornando um só. A dinâmica do sistema sócio-ecológico pode funcionar através de duas perspectivas: “humano-na-natureza” e “humana-com-natureza”. Apesar de diferentes nomenclaturas, os dois buscam uma relação harmônica entre os subsistemas. Entendem que o humano a partir da preservação e conservação do natural pode restaurar o ecossistema costeiro. O subsistema natural possui um papel essencial na absorção dos impactos dos riscos de inundação, principalmente no contexto da mudança climática e o aumento do nível do mar.

4

Adaptação Costeira

4.1.

Resiliência e adaptação

4.1.1.

Resiliência ecológica

Resiliência é o potencial de uma configuração particular de um sistema para manter sua estrutura/função frente a uma perturbação, e a capacidade do sistema de se re-organizar posterior ao ocorrido. (HOLLING, C.; WALKER, B., 2003, tradução nossa)

O termo “resiliência”, atualmente, transita com facilidade por diversos setores e disciplinas, associado aos aspectos social, psicológico, econômico, ambiental, dentre outros. Entretanto, o foco aqui será dado às definições no campo da literatura ecológica que possa, posteriormente, ser relacionado à construção de uma cidade resiliente frente às ameaças climáticas.

Carl Folke et al. (2010), descrevem que o termo foi introduzido por Holling em 1973, como um conceito para ajudar a compreender a capacidade do ecossistema de permanecer no seu estado original sujeita as perturbações. Entretanto, eles destacam outra leitura da resiliência no sentido de retornar ao seu estado de equilíbrio imediatamente após uma perturbação. Ambas as resiliências auxiliam na definição que se busca para configurar uma cidade resiliente.

De acordo com Holling (1996), a resiliência de um sistema é derivada de duas diferentes formas na literatura da ecologia: a ecológica/ecossistema e a da engenharia. O ecologista entende que essas duas faces da resiliência trazem para reflexão dois diferentes aspectos da estabilidade que são enfatizados por cada uma delas, no qual ele chama atenção para os paradoxos entre eficiência e persistência, constância e mudança, e previsibilidade e imprevisibilidade (HOLLING, 1973). Dessa forma, ele define da seguinte maneira cada uma delas:

Uma definição se concentra na eficiência, constância e previsibilidade - todos os atributos do escopo dos engenheiros para projetos à prova de falhas. O outro foca na persistência, mudança e imprevisibilidade - todos os atributos do escopo dos biólogos com uma perspectiva evolutiva e por aqueles que procuram projetos seguros contra falhas. (Holling, 1996, p. 32-33, tradução nossa)

A citação acima segrega a resiliência a partir dessa dualidade descrita, porém, elas se complementam³⁷. A primeira, resiliência de engenharia, é descrita por Holling como a mais tradicional e concentra-se na estabilidade de um equilíbrio aproximado ao seu estado rígido, onde a resistência a perturbação e velocidade de retorno para o equilíbrio são usadas para medir a propriedade (O'NEILL et al., 1986; PIMM, 1984; TILMAN & DOWNING, 1994 apud Holling, 1996, p. 33). A segunda, a estabilidade se distancia da ideia de equilíbrio do estado rígido, onde as instabilidades/variáveis podem mudar um sistema para outro regime de comportamento - isto é, para outro domínio da estabilidade (HOLLING, 1973 apud 1996).

Holling et al. (2002) destacam também que essa contradição é principalmente estendida no que diz respeito à manutenção, onde uma foca na eficácia de exercer sua função e a outra na existência da função – engenharia e ecologia, respectivamente – fazendo com que eles se tornem paradigmas alternativos entre o tradicional e uma realidade mais voltada para a natureza.

Neil Adger (2000) entende que a resiliência pode ser definida de muitas maneiras. Citando Holling, ele entende como sendo a capacidade de reserva, ou a capacidade de um sistema para absorver perturbações, ou a grandeza da perturbação que pode ser absorvido antes que a estrutura do sistema mude, alterando as variáveis e processos que controlam seu comportamento (HOLLING et al., 1995 apud ADGER, 2000, p. 349).

Entendendo a resiliência a partir destas definições, tanto o conceito de estabilidade originado da engenharia quanto da ecologia, a complementação e a junção das duas aprimora e fortalece a capacidade do sistema exposto a ameaças climáticas.

³⁷ Será visto no subcapítulo seguinte na parte de capacidade de adaptação

4.1.2.

Resiliência sócio-ecológica e redução da vulnerabilidade

Resiliência sócio-ecológica é sobre a interdependência dos sistemas humanos e naturais. (FOLKE et al., 2010, p. 2)

Ao passar pelo campo da engenharia e ecologia, Carl Folke (2006a) entende que a resiliência não é somente ser persistente ou robusta às perturbações – apontadas aqui como um stress climático –, mas também como uma oportunidade para se pensar na capacidade de adaptação (SMIT e WANDEL, 2006 apud FOLKE, 2006a). Essa afirmação relaciona-se com a resiliência do sistema sócio-ecológico, onde incorpora a idéia de adaptação, aprendizado e sua auto-organização.

Dentro desta lógica, as pessoas são peças fundamentais para alcançar uma resiliência plena. Podem configurar-se em indivíduos, comunidades, sistemas, dentre outros, mas a resiliência social, como Folke (2006a) se refere como:

A capacidade da comunidade humana em absorver choques externos das suas infraestruturas sociais, como variabilidade do meio ambiente ou social, econômica e política. (ADGER, 2000 apud FOLKE, 2006a, p. 259)

Essa capacidade de absorção de choques climáticos pode ocorrer através do aumento da capacidade adaptativa, da redução da exposição e da sensibilidade de um sistema. Cada uma dessas três categorias da vulnerabilidade está relacionada à implementação dos tipos, tecnologias e estratégias de adaptação.

Folke (2006a) faz um quadro comparativo do conceito de resiliência (tabela 01), onde, observa-se que é na resiliência sócio-ecológica onde a adaptação aparece como um dos focos de ação. Como pode ser observado através da tabela comparativa elaborada por Folke, cada resiliência agrega características, ênfases e contextos que ajuda a selecionar e criar um conjunto de pontos que podem ser complementares para construir uma cidade resiliente.

Tabela 1 – Derivações do conceito da resiliência

Conceitos de resiliência	Características	Ênfase	Contexto
Engenharia	Tempo de retorno, eficiência	Recuperação, constância	Proximidade de um estado de equilíbrio
Ecológica	Capacidade de reserva, absorção de impacto preservando função	Persistência, robustez	Múltiplos equilíbrios, paisagem estabilizada
Sócio-ecológica	Relação perturbações e reorganização mantêm desenvolvimento	Capacidade de adaptação, transformabilidade, aprendizagem e inovação	Sistema de informação integrado e dinâmica de interações em diversas escalas

Fonte: FOLKE, 2006a, p.529, tradução nossa (modificada pelo autor)

Michael Greg Lloyd et al. (2011, p. 927), baseado nessa tabela de Folke, resume cada um das resiliências a partir de suas características e entende que o conceito de resiliência sócio-ecológica assume a “incerteza e surpresa, e desafios diretamente nas ‘estratégias centradas no equilíbrio e no comando e controle’” (FOLKE, 2006, p. 255). Porém, Lloyd et al. entendem que este enquadramento rejeita o estado de equilíbrio e constância, ao invés de reconhecer a complexidade inerente aos sistemas ecológicos e sociais.

Destacado pelos autores, esse conceito sugere um envolvimento com a capacidade de se recuperar de perturbação, mas exige o reforço da capacidade de adaptação e elaboração de respostas inovadoras e novas trajetórias. Oferece também uma perspectiva de aprendizagem significativa e potencial transformador (LLOYD et al., 2011, p. 927).

Citando Carpenter et al. (2001 apud FOLKE, 2006a), resiliência sócio-ecológica é interpretada de três formas: (i) a quantidade de perturbações que um sistema pode absorver e ainda ser capaz de manter seu mesmo estado; (ii) o nível de capacidade que um sistema possui de se auto-organizar; e (iii) o nível que o sistema pode construir e aumentar a capacidade de aprendizado e adaptação. Esses são alguns dos critérios que fazem com que Folke (2006a) entenda a resiliência como uma abordagem ou um jeito de pensar que promove um pensamento válido sobre o contexto para análise de sistemas sócio-ecológicos, sendo ela uma área de interesse para estudos voltados ao rápido desenvolvimento com implicações políticas para um desenvolvimento sustentável (FOLKE et al., 2002 apud FOLKE, 2006a).

Adger et al. (2005, p. 1036) exploram como um melhor entendimento da relação entre o natural e o humano podem ajudar na redução da vulnerabilidade

e aumento da resiliência desses sistemas nas áreas costeiras. Para eles, a resiliência está associada a capacidade dos sistemas sócio-ecológicos ao absorver perturbações recorrentes, como furacões ou inundações, de modo a manter suas estruturas essenciais e processos. Resiliência reflete o grau ao qual um sistema adaptativo complexo é capaz de auto-organização (versus falta de organização ou organização forçado por fatores externos) e o grau em que o sistema pode aumentar a capacidade de aprendizagem e de adaptação.

4.1.2.1.

Cidades resilientes

Retomando as áreas consideradas mais vulneráveis – zonas costeiras urbanas de baixa altitude –, a resiliência sócio-ecológica deve levar em consideração estratégias de adaptação nos projetos voltados para cidade, a fim de absorver os impactos das perturbações de origem climática causando a inundação costeira e terrestre.

Nicholls et al. (2004, p. 69 apud ADGER et al., 2005, p. 1036) estimam que hoje aproximadamente 10 milhões de pessoas estão expostas a inundações costeiras devido a ondas de tempestade e ciclones, e 50 milhões podem estar correndo risco em uma projeção para 2080 por causa da mudança climática e o aumento da densidade populacional em áreas costeiras. Em seu artigo, Adger destaca um exemplo de desastre ocorrido no sudeste da Ásia em 2004, onde um tsunami, associado ao segundo terremoto já registrado, atingiu a região e outras áreas adjacentes, como Indonésia, Tailândia e Malásia. Com isso, ele tem como objetivo iluminar a importância da resiliência sócio-ecológica para redução da vulnerabilidade através de respostas positivas e rápidas.

A noção de resiliência está ganhando cada vez mais destaque através de um conjunto diversificado de literaturas sobre cidades e mudança climática. (LEICHENKO, 2011, p. 164)

Em seu artigo, Robin Leichenko entende haver uma discordância entre estas diferentes literaturas sobre como definir e medir a capacidade de resiliência, porém, destaca que existe um amplo consenso de que: (1) as cidades devem tornar-se resilientes a uma ampla gama de choques e tensões, a fim de estar preparado para as alterações climáticas; e (2) os esforços para

promover a resiliência à mudança climática devem ser agrupados com os esforços para promover o desenvolvimento urbano e sustentabilidade (LEICHENKO, 2011, p. 164).

A mudança climática traz alguns desafios como a incerteza sobre a ocorrência das ameaças climáticas e sua intensidade. Logo uma característica indispensável de um sistema é ele ser flexível, ou seja, ser adaptável a diferentes cenários e circunstância de sistemas vulneráveis expostos a algum tipo de stress climático.

Algumas definições sobre resiliência que podem ser adotadas pelas cidades foram destacadas pelo ResilientCity.org³⁸:

- “um sistema resiliente é adaptável e diversificado. Existe uma redundância construída nele. Uma perspectiva resiliente reconhece que as mudanças são constantes e difíceis de prever em um mundo que é complexo e dinâmico”³⁹
- “resiliência é a capacidade de absorver perturbações, ser capaz de mudar e depois de se re-organizar e ainda ter a mesma identidade (manter a mesma base estrutural e funcionalidade). Isso inclui a capacidade de aprender com a perturbação. Um sistema resiliente é tolerante a choques externos.” (The Resilience Alliance)⁴⁰

A partir disso, uma cidade resiliente para o ResilientCity.org é “aquela que desenvolveu capacidades de ajudar na absorção de futuros choques e estresses nos aspectos sociais, econômicos, e nos sistemas técnicos e infraestruturais, para assim, ser capaz de manter sua essência na mesma função, estrutura, sistemas e identidade”.

Essas perturbações, no contexto em questão, são as consequências causadas pelos eventos climáticos, como inundação costeira. Esse contexto, no qual já foi visto que a interação entre as ameaças climáticas e a ocupação humana pode ocasionar em desastre, agregado a mudança climática, aumenta-se o risco de desastre de acordo com as características físicas, sociais, ambientais, políticas, etc. O documento elaborado pelo Jha, Miner e Stanton-Geddes (2013) define os riscos de desastres como:

³⁸ RESILIENT CITY. Resilience. Disponível em: <<http://www.resilientcity.org/index.cfm?id=11449>>. Acesso em: jul. 2015.

³⁹ Ibid. Tradução nossa.

Fonte: Ward C (2007) ‘Deisel-Driven Bee Slums and Impotent Turkeys: The Case for Resilience’

⁴⁰ Ibid. Tradução nossa.

Fonte: The Resilience Alliance

a ocorrência de um potencial perigo – hidro-meteorologia ou de geofísica – podendo causar perda de vidas humanas, ferimentos ou outros impactos na saúde, danos aos ativos expostos (propriedade, infraestrutura, recursos ambientais), e perda de meios de subsistência e de prestação de serviços. As características e circunstâncias de uma comunidade, sistema ou ativo que tornam mais suscetíveis aos efeitos nocivos do perigo estão relacionados com a sua vulnerabilidade (IPCC 2012). UNISDR (2009a) define o risco de desastres como potenciais perdas de desastres na vida, estado de saúde, meios de vida, bens e serviços, o que pode ocorrer em uma determinada comunidade ou sociedade por certo período de tempo futuro especificado.⁴¹

Os riscos de desastres estão diretamente ligados ao nível de vulnerabilidade do sistema. Potencializados pela mudança climática, os riscos de perdas aumenta gradativamente. Dessa forma, paralelo ao conceito de resiliência, a redução de riscos de desastres⁴² se agrega nesta equação para ajudar a preparar as cidades para os estresses climáticos.

A partir da compreensão de que a resiliência sócio-ecológica (SES) é sobre a interdependência dos sistemas humanos e naturais, Folke et al. (2010) consideram inevitável que a mudança ou reformulação do subsistema social seja essencial para a resiliência SES. Agregado ao fato de ser visto também como uma oportunidade para se pensar em adaptação, os autores incorporam conceitos como adaptabilidade e transformabilidade.

Folke et al. (2006b) entende a adaptabilidade como “a capacidade do agente de em um sistema em gerenciar a resiliência”, ou seja, a partir do momento que as ações humanas dominam a dinâmica do sistema sócio-ecológico, a adaptabilidade é basicamente o gerenciamento da função feito por indivíduos ou grupos. Essas ações humanas influenciam na resiliência, seja de forma intencional ou não-intencional (BERKES et al., 2003 apud FOLKE et al., 2006b, p. 3). Já a transformabilidade é entendida como a “capacidade de criar fundamentalmente um sistema novo quando o existente é insustentável” (Walker et al., 2004 apud FOLKE et al., 2006b, p. 3). Pode ser aplicado em políticas e ações que interferem de forma negativa e ainda potencializam a vulnerabilidade do sistema.

⁴¹ JHA, A.; T. MINER; STANTON-GEDDES, Z. **Building Urban Resilience Principles: Tools, and Practice**. Washington: Banco Mundial, 2013.

⁴² Redução do risco de desastres é o conceito e a prática de reduzir os riscos de desastres através de esforços sistemáticos para analisar e reduzir os fatores causados pelos desastres. Reduzir a exposição a riscos, diminuindo a vulnerabilidade de pessoas e bens, gestão sábia da terra e do meio ambiente, e melhorar a preparação e alerta precoce para eventos adversos são todos exemplos de redução do risco de desastres. (UNISDR. Tradução nossa)

O 5º relatório acaba fazendo um apanhado de palavras-chave anteriormente apontadas para definir a resiliência:

a capacidade dos sistemas sociais, econômicos e ambientais para lidar com um evento perigoso ou tendência ou perturbação, responder ou reorganização de modo que mantêm sua função essencial, identidade e estrutura, e ao mesmo tempo mantendo a capacidade de adaptação, aprendizagem e transformação (Conselho do Ártico, 2013). (IPCC, 2014, p. 1270).

4.2.

Adaptação: tipo, tecnologia e estratégia

No contexto onde a mudança climática é um descompasso ambiental global susceptível de ter possíveis efeitos negativos sobre os subsistemas naturais e humanos, a elaboração de políticas, abordagens e estratégias em escala local, regional e de nível global, tornaram-se cada vez mais necessárias. Para isso, o UNFCCC⁴³ destacou duas respostas como estratégias: a mitigação⁴⁴ e a adaptação. Por enquanto mitigação exigiu claramente ação positiva por parte de iniciativas governamentais, como por exemplo, para promover processos participativos.

No entanto a mitigação e a adaptação não são alternativas; ambos precisam agir paralelamente e de forma complementar. Mitigação é essencial e adaptação é inevitável. Mitigação é essencial, pois, sem uma ação firme agora, as gerações futuras poderão ser confrontados com a mudança climática em uma escala tão grande que a adaptação pode não ser mais viável. Mas mitigação não será suficiente por si só. Mesmo que os esforços de hoje para reduzir as emissões possam ser bem sucedidos alguma adaptação será inevitável porque a resposta da mitigação ocorre somente após um longo lapso de tempo.

⁴³ United Nations Framework Convention on Climate Change, conferência em 1994 que estipulou duas estratégias de ação para o contexto do aquecimento global.

⁴⁴ IPCC Glossário AR5

Intervenção humana para reduzir as fontes ou aumentar os sumidouros de gases de efeito estufa (GEE). Este relatório também avalia intervenções humanas para reduzir as fontes de outras substâncias que possam contribuir direta ou indiretamente para limitar as alterações climáticas, incluindo, por exemplo, a redução de material particulado (PM) de emissões que pode alterar diretamente o balanço de radiação (por exemplo, o carbono negro) ou a medida que as emissões de controle de monóxido de carbono, óxidos de azoto (NOx), compostos orgânicos voláteis (COV) e de outros poluentes que podem alterar a concentração de ozono troposférico (O3), que tem um efeito indireto sobre o clima

A adaptação será o objeto de estudo nesse capítulo, e para entender como ela funciona, Smith et al. (2000) apresentada a “anatomia da adaptação”, em torno da pergunta “o que é adaptação”:

O tema central do "o que é a adaptação" é abordado por rever definições, considerando, por sua vez, três questões: (i) adaptar-se a quê? (ii) quem ou o que se adapta? e (iii) a forma como ocorre a adaptação? (Smit et al., 2000, p. 224)

Essas três perguntas feitas por Barry Smit, et al. (2000) basearam os autores para especificar sistematicamente e diferenciar tipos de adaptações, para assim, relacionar com a mudança climática e variabilidade. Para Smit et al. essa “anatomia” é necessária porque o conceito emprega e interpreta diversos outros termos.

Pelling (2010) faz um esforço para responder essas perguntas apesar de entender que suas respostas são complexas. Desde a reintrodução do conceito de adaptação no cenário social científico e debates políticos, diferentes análises sobre o conceito foram feitas. Ele ressalta que

para alguns, a contribuição de adaptação seria melhor ser como um termo técnico bem definido (como mitigação na documentação existente UNFCCC) que pode adicionar clareza universal à formação política, incluindo a nível internacional (por exemplo, Schipper e Burton, 2009). Outros, que vêem a adaptação não como uma categoria técnica, mas como campo de pesquisa, que tendem a ter uma visão mais ampla. Fankhauser (1998) sugere que a adaptação pode ser sinônima de desenvolvimento sustentável. (Pelling, 2010, p. 23)

Adaptar-se a quê?

No contexto da mudança climática, a pergunta “adaptar-se a quê?” está relacionada aos estímulos climáticos. Esses estímulos podem ser chamados de “estresses”, “perturbações”, “eventos”, ou “ameaça” (BURTON, 1997; DOWNING et al., 1996 apud SMITH et al., 2000, p. 229). O fenômeno para qual o sistema se adapta é específico com relação às condições climáticas e sua conexão com as características físicas do sistema.

Pelling entende que a mudança climática, por si só, já se manifesta na forma de temperaturas extremas, variações climáticas de curto e longo prazo, e aumento do nível do mar, que implicam sobre o planejamento de infraestruturas,

agricultura e saúde humana, e podem ocasionar em desastres como inundações, etc.

Essa pergunta está diretamente ligada com categorias temporais, como, mudança climática global que refletem em tendências em longo prazo, ou cenários pertencentes a temperaturas médias; variabilidade ao longo de períodos que variam de alguns anos a várias décadas - isso pode incluir mudança ou alteração na forma de distribuições de variáveis do clima de frequência ou de probabilidade; e eventos extremos isolados como inundação, seca e tempestades (SMITH et al., 2000, p. 231). Outra característica temporal do estímulo climático que possui significativa implicação na adaptação é a velocidade da variação climática.

· Quem ou o que se adapta?

Smit et al. destacam que “adaptação representa ajustes em alguma coisa, as vezes chamada de ‘unidade de análise’, ‘unidade exposta’, ‘atividade de interesse’, ou ‘sensibilidade do sistema’, ou ‘capacidade adaptativa’” (CARTER et al., 1994 apud SMIT et al., 2000, p. 235). Um dos primeiros passos a serem tomados é definir a que tipo de sistema a adaptação será proposta. Seria individual ou coletiva, de escala nacional ou regional ou global? Essas são questões que devem ser respondidas de acordo com a escala desse sistema.

Além da escala, deve-se identificar também o tipo de objeto para adaptação, Pelling cita Krankina et al. (1997) como por exemplo, a estratégia de manejo da floresta boreal. Nesse caso o sistema de interesse é ecológico e o manejo do sistema é a variação da intervenção entre a floresta e a mudança climática. Outro exemplo pode ser no âmbito social, onde “mais análises centradas no homem aumentara procurando identificar as características humanas e sociais que determinam a capacidade das comunidades para enfrentar um choque ou estresse” (ADGER et al., 2005a apud PELLING, 2010, p. 25).

Depois de definir esse sistema, deve-se caracterizá-lo, a partir de “termos como ‘sensibilidade’, ‘vulnerabilidade’, ‘suscetibilidade’, (...), ‘capacidade adaptativa’, (...)” (KLEIN e TOL, 1997; SMITHERS e SMIT, 1997a; SPREGER et al., 1994 apud SMIT et al., 2000, p. 236). Esses termos estão interligados e juntos representam a “adaptabilidade” do sistema, podendo correlacionar com o conceito de resiliência.

A resposta para essa pergunta está diretamente relacionada com o grau de vulnerabilidade desse sistema, ou seja, suas componentes de sensibilidade,

exposição e capacidade adaptativa são avaliadas para que as ações de adaptação sejam coerentes com o contexto. A relação entre os conceitos da vulnerabilidade e adaptação foi crescendo cada vez mais, como apontado no segundo relatório do IPCC, onde “o sistema mais vulnerável é aquele com grande sensibilidade a mudança climática e com menor adaptação” (SMITH et al., 2000, p. 239).

· **A forma como ocorre a adaptação?**

Respostas adaptativas do sistema aos estímulos climáticos podem ocorrer a partir de vários processos e pode tomar várias formas. (SMIT, 2000, p. 239)

De acordo com Pelling, Smit e Wandel a diversidade de trabalhar examinando processos de adaptação se beneficiou de uma série de tipologias de ações de adaptação (SMIT et al., 2000; SMIT e WANDEL, 2006; BURTON et al., 2007 apud PELLING, 2010, p. 26).

Smith et al. (2000) categorizam a adaptação baseada em alguns atributos para distinguir um tipo do outro. Os autores entendem que essa pergunta se refere ao processo da adaptação e a forma que ela resulta, além de ser complementada pelas respostas das duas perguntas anteriores. Muitas tipologias de adaptação foram propostas ao longo dos anos.

· **O que é a adaptação?**

Para Smit e Wandel (2006) se referem a adaptação no contexto da mudança climática como “ajustes em um sistema de comportamento e características que aumentam a sua capacidade de lidar com o estresse externo” (Smit et al., 2000, p. 225). Eles entendem também a adaptação como “ajustes em sistemas ecológico-sócio-econômicas em resposta a estímulos climáticos reais ou esperados, seus efeitos ou impactos” (PIELKE, 1998, p. 159 apud SMIT e WANDEL, 2006).

Pelling (2010) define ora a adaptação sozinha ora relacionada a mudança climática. Assim, adaptação para o autor é “o processo através do qual um ator é capaz de refletir e promover mudanças naquelas práticas e instituições que geram caminhos e proximidade sobre a causa do risco, a capacidade de lidar com o risco, mas que vai além da adaptação a mudança climática” (2010, p. 34). Adaptação a mudança climática é definida como “processo através do qual são estabelecidas práticas e as instituições são reformuladas quando confrontadas pelos impactos das mudanças climáticas” (2010, p. 34).

O 4º relatório do IPCC define adaptação como um “ajuste no sistema natural e humano em resposta a estímulos climáticos reais ou esperados ou os seus efeitos, que modera prejuízos ou explora oportunidades benéficas” (IPCC, 2007, p. 869). Já o 5º relatório abrange um pouco mais o conceito:

O processo de adaptação ao clima atual ou esperado e seus efeitos. Em sistemas humanos, adaptação procura moderar ou evitar danos ou explorar oportunidades benéficas. Em alguns sistemas naturais, a intervenção humana pode facilitar a adaptação ao clima e seus efeitos esperados:

- Adaptação de crescimento: ações de adaptação em que o objetivo central é manter a essência e a integridade de um sistema ou processo em uma dada escala.
- Adaptação de transformação: adaptação que altera os atributos fundamentais de um sistema em resposta ao clima e seus efeitos. (IPCC, 2014, p. 1758)

Como foi visto anteriormente, a adaptação de um sistema pode ser derivada da resiliência, a fim de reduzir a vulnerabilidade do sistema ameaçado por eventos climáticos que podem ocasionar em riscos de perdas humanas e materiais. Logo, para alcançar a resiliência, deve-se pensar em estratégias ou medidas de adaptação.

4.2.1.

Tipos: reativa, antecipatória, autônoma e planejada

O desenvolvimento desse subitem está relacionado a uma das perguntas feitas por Smit et al. (2000), “a forma como ocorre a adaptação”. Depois de responder as duas primeiras, a tipologia da adaptação é entendida como uma das premissas para sua aplicação, envolvendo o processo e o resultado. Alguns tipos são apresentados de acordo com o sistema natural e humano, a escala da adaptação, e quem são os agentes atuantes, para assim entender como podem agir, de forma isolada ou complementar.

Smit e Pilifosova (2001) entendem que a adaptação acontece em alguma coisa – “quem ou o que se adapta?” – para alguma coisa – “adaptar-se a quê?”. Logo separam a ação da adaptação entre os sistemas naturais e humanos. Os tipos por eles identificados são os planejados e os autônomos, no

qual o primeiro é normalmente resultante de uma deliberação de políticas por parte de agente públicos, baseados no conhecimento das condições de mudança. Já o segundo é interpretado por ações privadas do que governamentais. Smith et al. (1996 apud SMIT e PILIFOSOFA, 2001, p. 884) descreve “adaptação autônoma são aquelas que ocorrem ‘naturalmente’, sem intervenção de agentes públicos, enquanto as adaptações planejadas são chamadas de ‘intervenção estratégicas’”.

Para entender quais são os tipos, Smit et al. (2000 apud SMIT e PILIFOSOFA 2001) separaram em categorias ou atributos baseados: (i) no propósito com respeito a um estímulo climático; (ii) no tempo de reação; (iii) no âmbito temporal; (iv) abrangência espacial ou extensão institucional; (v) função; (vi) forma; e (vii) desempenho. Dessa forma, os tipos de adaptação se encaixam em cada uma delas como mostra a figura 07.

Os tipos de adaptação são específicos para cada local onde ele está sendo implementado. Podem variar de acordo com as condições socioeconômicas, culturais e políticas de cada região. Isso inclui também suas características que tornam o local vulnerável a algum estresse climático.

Figura 7 - Bases para diferenciação de formas de adaptação

Atributos	Exemplos de tipos
Propósito	<div>Autônomo ↔ Planejado</div> <div>Espontâneo ↔ Propositivo</div> <div>Automático ↔ Intencional</div> <div>Natural ↔ Político</div> <div>Passivo ↔ Estratégico ativo</div>
Tempo	<div>Antecipatória ↔ Responsível</div> <div>Proativa ↔ Reativa</div> <div>Ex antes ↔ Ex posterior</div>
Escopo Temporal	<div>Curto prazo ↔ Longo prazo</div> <div>Tático ↔ Estratégico</div> <div>Instantâneo ↔ Acumulativo</div>
Escopo Espacial	Localização ↔ Disperso
Função/efeitos	Recuar – acomodar – proteger
Formas	Estrutural – Legal – Institucional – Regulatório – Financeiro – Tecnológico
Desempenho	Custo – Eficiência – Implementabilidade – Equidade

Fonte: Smit e Pilifosofa, 2001, p. 884, tradução nossa

Smit et al. (2000) descrevem que a maioria das definições implica em uma mudança "para melhor atender" as novas condições. Os tipos identificados por eles podem ser: passivo/reactivo ou antecipatório; espontâneo/autônomo ou planejado; dentre outros identificados pela literatura (SMIT et al., 2000, p. 228).

O relatório do IPCC (2001), além desses apresentados por Smit et al. (2000), acrescenta o tipo privado ou público como outros tipos. Já no 4º relatório do IPCC (2007) observa-se uma modificação no qual são mantidos os tipos de adaptação antecipatório, autônomo ou espontâneo, e planejado; e retirado o público e privado, já que estes estão embutidos nas definições de cada um desses outros tipos.

Tabela 2 - Síntese de Tipos de Adaptação

	Reativa	Antecipa- tória	Pública	Privada	Autônoma	Planejada
Smit et al 2000	X	X			X	X
IPCC 2001	X	X	X	X	X	X
IPCC 2007		X			X	X

Fonte: elaborado pelo autor

Serão considerados os tipos reativa, antecipatório, autônoma e planejada, porque os aspectos privados e públicos estão relacionados ao agente atuante sobre os tipos. De acordo com o IPCC, as definições para cada tipo é:

- Adaptação Reativa - adaptação que ocorre após terem sido observados impactos da mudança climática. (IPCC, 2001)
- Adaptação antecipatória - adaptação que ocorre antes dos impactos da mudança climática. Também referida como adaptação pró-ativa. (IPCC, 2007)
- Adaptação autônoma/espontânea - adaptação de que não constitui uma resposta consciente a estímulos climáticos, mas é desencadeada por mudanças ecológicas em sistemas naturais e de mercado ou mudanças nos sistemas de bem-estar humanos. (IPCC, 2007)
- Adaptação planejada - adaptação que é o resultado de uma política deliberada, baseado em uma consciência de que as condições mudaram ou estão prestes a mudar e que é necessário agir para voltar ao, manter ou alcançar um estado desejado. (IPCC, 2007)

Os tipos mais discutidos são os autônomos e planejados. Entretanto, existe uma distinção entre os dois ao se tratarem de sistemas biofísicos e socioeconômicos. Entende-se que o tipo autônomo é limitado para o sistema biofísico, enquanto para o sistema socioeconômico, podem ser agrupados de acordo com o grau de espontaneidade; e o planejado pode ser diferenciado pela sua intenção e tempo de iniciativa coordenado pelos agentes públicos ou privados envolvidos (CARTER et al., 1994 apud SMIT et al., 2000, p. 239).

Dessa forma, os tipos se misturam e se sobrepõem, ou seja, as ações relacionadas ao tipo de adaptação planejada pode ser reativa ou antecipatória, envolvendo os agentes privados ou públicos. Da mesma forma que a adaptação autônoma pode inicialmente ter sido aplicada isoladamente por agentes privados ou públicos em resposta ao tipo reativa ou antecipatória.

4.2.2.

Tecnologias: medida estrutural, não estrutural e baseada no ecossistema

A partir da discussão sobre os tipos de adaptação, tecnologia é um dos componentes do atributo ou categoria da forma de adaptação. O tipo de tecnologia escolhido para adaptação pode variar e tem diferentes agentes envolvidos, junto com a abrangência da tecnologia e seu modelo. O desenvolvimento e transferência de tecnologias é uma área prioritariamente crescente na agenda internacional. Fóruns de discussão que enfatizam esse tema são realizados mundialmente com o objetivo de explorar e disseminar propostas tecnológicas voltadas para adaptação para mudança climática.

Smit e Wandel (2006) entendem que a adaptação do sistema e gama de enfrentamento (uma característica da capacidade) não são estáticas. Gamas de enfrentamento são flexíveis e respondem às mudanças nas condições econômicas, sociais, políticas e institucionais ao longo do tempo. Por exemplo, a pressão populacional ou esgotamento de recursos pode reduzir gradualmente a capacidade de enfrentamento de um sistema e limitar a sua gama de enfrentamento, embora o crescimento econômico ou melhorias na tecnologia ou instituições pode levar a um aumento da capacidade de adaptação (DEVRIES, 1985; SMIT e PILIFOSOVA, 2003; FOLKE et al., 2002).

Devido a limitada atenção dada historicamente as tecnologias de adaptação, algumas definições para esse conceito de tecnologia foram sendo apresentadas. Por exemplo, o IPCC no relatório “Problemas metodológicos e tecnológicos na transferência de tecnologia”, define tecnologia como sendo “uma peça de equipamento, técnica, conhecimento prático ou habilidade de desempenho sobre uma atividade particular” (IPCC, 2000 apud UNEP, 2011).

Além da definição do IPCC de 2000, Nicholls e Linham (2010) ressaltam ainda que a tecnologia de adaptação é considerada para reduzir os impactos dos riscos costeiros, incluindo a mudança climática. A adaptação tem tido um benefício generalizado na redução da vulnerabilidade da sociedade aos riscos costeiros (KLEIN et al, 2000, 2001; VONKONINGSVELD et al., 2008 apud idem, 2010).

Imprimindo o conceito de tecnologia na adaptação, qualquer modelo de tecnologia pode ser aplicado no processo de adaptação a variação climática ou a mudança climática (UNDP, 2010 *apud* UNEP, 2011). O relatório “Tecnologias para adaptação a mudança climática sobre o processo da UNFCCC”, produzido pelo autor Florin Vladu, para um seminário sobre desenvolvimento e transparência tecnológica para adaptação a mudança climática (FCCC/SBSTA/2005/8)⁴⁵, afirma que a definição de tecnologias de adaptação é difícil. Ele sugere que uma definição operacional pode ser usada a partir da:

(...) aplicação da tecnologia, a fim de reduzir a vulnerabilidade, ou aumentar a resiliência, de um sistema natural ou humana aos impactos da mudança climática.

Smit e Pilifosova (2001) acreditam que a falta de tecnologia tem o potencial de impedir seriamente a capacidade de um país para implementar as opções de adaptação ao limitar a gama de possíveis respostas (SCHERAGA e GRAMBSCH, 1998 apud idem, 2001). Capacidade de adaptação é susceptível de variar, dependendo da disponibilidade e acesso à tecnologia em vários níveis (ou seja, do local ao nacional) e em todos os setores (BURTON, 1996 apud SMIT e PILIFOSOVA, 2001). Muitas das estratégias de adaptação identificadas como possível na gestão da mudança climática, direta ou indireta, envolvem tecnologia (por exemplo, sistemas de alerta, estruturas de proteção,

⁴⁵ Seminário da UNFCCC sobre desenvolvimento e transferência de tecnologias ambientalmente saudáveis para a adaptação às alterações climáticas.
http://unfccc.int/ttclear/templates/ttclear/templates/render_cms_page?s=events_workshops_WshpTobago

melhoramento de culturas e irrigação, de liquidação e de deslocalização ou redesenhar, medidas de controle de inundações). Por isso, o nível atual de uma comunidade de tecnologia e sua capacidade de desenvolver tecnologias são determinantes para a capacidade de adaptação do sistema.

Além disso, a abertura para o desenvolvimento e utilização de novas tecnologias para a extração sustentável, utilização e desenvolvimento dos recursos naturais é fundamental para fortalecer a capacidade de adaptação (GOKLANY, 1995). Por exemplo, no contexto da agricultura asiática e o impacto das mudanças climáticas futuras, Iglesias et al. (1996) observam que o desenvolvimento de cultivares de arroz resistentes ao calor será especialmente crucial. As regiões com a capacidade de desenvolver tecnologia têm melhorado a capacidade de adaptação.

As tecnologias de adaptação foram divididas em três esferas: (1) medida estrutural, (2) medida não-estrutural, e (3) baseado no ecossistema. Essas tecnologias são aplicadas nos campos: individual ou privado, coletivo ou público. Cada uma delas atua a partir de diferentes ferramentas e princípios, mas que podem e devem ser complementares.

4.2.2.1.

Medida estrutural

A Medida estrutural, como o nome já sugere, é uma tecnologia mais rígida, no qual são aplicadas soluções voltadas para técnicas de engenharia feita pelo homem. Essa tecnologia pode ser considerada a mais antiga para lidar com a inundação em áreas urbanas, principalmente em zonas costeiras de baixa altitude.

Qualquer construção física para reduzir ou evitar possíveis impactos aos riscos, ou a aplicação de técnicas de engenharia para alcançar resistência ao perigo e resiliência em estruturas ou sistemas. (UNISDR, 2009)

As soluções podem transitar no campo do coletivo e público, no qual as ações são implementadas no espaço público das cidades. Alguns exemplos incluem barragens, sistemas de irrigação, barragens, diques, molhes, diques e canais canalizados, barreiras para onda do mar, sistemas de drenagem, construção de edificação resistente, como abrigos de evacuação (SOMMER et

al., 2001 apud GROSSMAN et al., 2011, p. 6). Já no campo individual e privado, as ações podem estar voltadas diretamente a construção de edificação a prova d'água, aplicando o conceito de resistência.

Começando pelas grandes infraestruturas de engenharia que rodeiam a zona costeira em um nível mais alto para absorção do impacto de ondas e aumento da elevação do mar, funcionam normalmente de apoio para infraestruturas de transporte como grandes rodovias. A Holanda é um exemplo a partir do momento que sempre conviveu com a questão da água, devido as suas características geomorfológicas – áreas baixas do nível do mar.

Entretanto, pode-se observar que algumas tecnologias historicamente aplicadas para as zonas costeiras vulneráveis, como os diques ou infraestruturas de engenharia, se tornaram limitadas. Essa limitação que ocasiona em falha do sistema dessa adaptação autônoma foi observada em alguns países como Reino Unido, Holanda e Japão (KLEIN, NICHOLLS e MIMURA, 1999). Em cada um deles, os danos materiais, perdas de vidas, destruição de propriedades e infraestrutura urbana, e alto índice de custo, impactaram o funcionamento e recuperação das cidades.

Retomando aos exemplos dos países acima, Klein et al. (1999) descrevem como as ações utilizando medidas estruturais, como diques, podem influenciar negativamente nas linhas costeiras. Na Holanda, eles narram a problemática holandesa devido a sua localização geomorfológica (abaixo do nível do mar) e como eles desenvolveram, em 1990, uma lei para que mantivesse o posicionamento dos diques, sem considerar futuro aumento do nível do mar e outras condições (KOSTER e HILLEN, 1995 apud KLEIN, NICHOLLS e MIMURA, 1999, p. 241). Entretanto, foi observado que a manutenção dos diques e a construção de estruturas rígidas eram falhas, pois mostrava que em uma grande parte da costa Holandesa havia ocorrido uma perda significativa de areia ao longo das últimas três décadas, sobretudo a partir das partes mais profundas da costa (RIJKSWATERSTAAT, 1996 apud KLEIN, NICHOLLS e MIMURA, 1999, p. 242), aumentando a vulnerabilidade da região.

No Reino Unido, no qual tem uma longa tradição com defesas rígidas contra ameaças de inundação e erosão, já teria sido inundada sem as defesas e a Barreira do Tamisa, projetada pensando no aumento do nível do mar (STEERS, 1953; STEERS et al., 1979 apud KLEIN, NICHOLLS e MIMURA, 1999, p. 242). Todavia, seu planejamento foi feito para uma pequena escala espacial e as conseqüências em costas vizinhas, em termos de longo prazo, não foram

considerados. Por inúmeros motivos, incluindo o aumento da elevação do mar, a estratégia de planejamento mudou (MAFF et al., 1995; LEAFE et al., 1998 *apud* KLEIN, NICHOLLS e MIMURA, 1999, p. 242). Uma questão de pertinência para a mudança climática é a compressão das zonas costeiras perante a degradação do sistema natural e o aumento do risco de inundação por causa da ação das ondas, “o processo pelo qual os habitats costeiros e os recursos naturais são progressivamente perdidos ou afogados, preso entre as defesas costeiras e aumento do nível do mar” (PETHICK, 1993 *apud* KLEIN, NICHOLLS e MIMURA, 1999, p. 243). Devido a importância internacional dos estuários Britânicos para a conservação da natureza e a proteção de áreas sem valor feita pelas defesas rígidas existentes, essa situação se torna insustentável. Logo, “um realinhamento de terra das defesas (denominado gestão de realocação, gestão revés ou geridos novo alinhamento) é a resposta para longo prazo preferível em muitos casos” (BURD, 1995 *apud* KLEIN, NICHOLLS e MIMURA, 1999, p. 243).

Japão também sempre se encontrou em uma situação de alta exposição a inundação, ondas de tempestade e tsunamis. Tradicionalmente, sua defesa sempre foi feita por estruturas pesadas e rígidas, mas a partir do momento que foi reconhecido que os efeitos causados por essas ações levam ao aumento de erosão, outros tipos foram introduzidos, como molhes e diques inclinados destacados e submersas. “Assim, o conceito de proteção mudou de unidimensional proteção de linha única para proteção bidimensional da combinação de várias medidas” (COMITÊ DE VISÃO DE LONGO PRAZO DA COSTA, 1995 *apud* KLEIN, NICHOLLS e MIMURA, 1999, p. 244). A preocupação com o aumento do nível do mar levou o Governo Japonês a criar novas políticas para aumentar a necessidade de preservar o ecossistema costeiro natural, junto com a preocupação de manter o atual nível de segurança e funções costeiras sob mudança das condições climáticas e do nível do mar. Assim, as adaptações são integradas em um contexto político mais amplo.

De acordo com Grossman et al. (2011) foi realizado um estudo internacional, financiado pelo Banco Mundial, para compreender os potenciais impactos econômicos da mudança climática com objetivo de ajudar os países vulneráveis a desenvolver políticas mais sólidas (Banco Internacional de Reconstrução e Desenvolvimento e do Banco Mundial 2010). No entanto, a investigação começou a analisar se os enfoques na medida estrutural são os mais rentáveis e foi comparado com as outras duas abordagens de redução de risco. (Grossman et al., 2011, p. 6).

Nicholls e Linham (2010) identificam outro fenômeno que ocorre na zona costeira, compressão costeira⁴⁶. Ele é descrito como um resultado generalizado de retiro da linha costeira que afeta áreas localizadas entre elevação dos mares e defesas de medida estrutural, como dique. Com a elevação do nível do mar, habitats costeiros são esperados para migrar para o interior, de modo a manter o ritmo com a mudança. No entanto, na presença de defesas rígidas, estes habitats são incapazes de migrar em direção a terra e sejam efetivamente espremidos entre o mar e subindo a defesa. Isso faz com que a área em frente da defesa reduza significativamente podendo causar reduções drásticas na extensão da área de sapal e outros habitats encontrados tipicamente na zona intertidal.

Apesar das diversas tecnologias disponíveis, outros problemas potenciais associados com o uso de, especialmente medida estrutural, tecnologia para adaptação climática permaneceria, mesmo que o acesso às tecnologias fosse melhorado (KLEIN 2011; MARKANDYA e GALARRAGA 2011 apud CHRISTIANSEN, OLHOFF e TRAERUP et al., 2011). Parece claro que a adaptação autônoma, como estruturas físicas e equipamentos, raramente é suficiente, por si só e sem um quadro favorável.

Essa medida atua diretamente no componente de exposição da vulnerabilidade. Entretanto, é importante considerar que dependendo da forma como essas tecnologias são aplicadas, pode criar segregações urbanas física-territorial. Além de estabelecer uma relação de restrição ou incomodo com a água. Observa-se ainda que as adaptações isoladas são mais consideradas do que se pensar em um sistema planejado e complementar, como uma adaptação na infraestrutura do ambiente construído.

Klein (2011) acredita que “enquanto a tecnologia pode ser importante na redução da vulnerabilidade à mudança climática, a sua eficácia depende dos contextos econômicos, institucionais, legais e sócio-culturais em que está implantado. A adaptação não é o domínio exclusivo dos engenheiros. Se a adaptação é para ter sucesso, os maiores desafios estão agora a ser abordadas pelos cientistas sociais” (KLEIN, 2011, p. 24).

⁴⁶ Em inglês é conhecido como ‘Coastal squeeze’.

4.2.2.2.

Medida não-estrutural

A medida não-estrutural, já é considerada uma tecnologia referente a soluções políticas e mudanças de comportamento, no qual o principal protagonista é o aspecto social. Através de políticas locais, regionais, nacionais ou internacionais, ou seja, de diversas escalas, é possível aplicar soluções que tem como objetivo educar, disseminar informação, dentre outros.

Qualquer medida que não envolvam construção física que usa o conhecimento, prática ou acordo para reduzir os riscos e impactos, em particular através de políticas e leis, sensibilização do público, formação e educação. (UNISDR, 2009)

As soluções transitam no campo do coletivo e público, e as ações incluem os códigos de construção, leis de ordenamento do território e sua aplicação, pesquisa e avaliação, sistemas de alerta precoce, recursos de informação e programas de conscientização pública. Algumas dessas ações de cunho coletivo têm o objetivo de orientar a população para situações de risco, como planos de contingência. Já no campo individual e privado, as ações podem atuar a partir de apólices de seguro de inundação, consciência do risco que o individual está exposto, dentre outros.

Adger (2005) defende que o sucesso da adaptação está presente a partir do momento que os envolvidos, ou agentes, circulam em diferentes escalas. O autor entende a existência de uma hierarquia no qual essas ações acontecem para que haja uma interação entre os diferentes níveis, por exemplo, ações de adaptação no âmbito individual não são autônomas, elas estão contempladas por processos como estruturas reguladoras, diretos de propriedade e normas sociais associadas a regras de uso (2005, p. 78).

Dawson et al. (2011) fazem uma análise para demonstrar a eficácia da implementação de medidas não-estruturais para o gerenciamento da inundação, usando o Estuário Thames em Londres, sobre as condições sócio-econômicas e mudanças ambientais. Eles destacam a importância do planejamento do uso e ocupação do solo e da apólice de seguro. Para o primeiro, usaram como exemplo o documento elaborado pelo Governo da Inglaterra denominado "Planning and Policy Statements: Development and Flood Risk (PPS 25)". PPS25 é uma abordagem baseada no risco de inundação que pode ser aplicada

em escala regional, a partir de estratégias referentes às especificidades do local pelo processo de planejamento. Essa ação tem como objetivo identificar que “de acordo com a vulnerabilidade de desenvolvimento e a probabilidade de inundação, o desenvolvimento proposto é classificado como ‘adequado’, ‘sujeito a um teste de exceção’ ou ‘inadequado’” (DAWSON et al., 2011, p.630).

A nível mundial, muitos países têm feito grandes progressos na última década em direção às metas abrangentes e políticas sobre o tema. O Banco Mundial já está apoiando financeiramente projetos de adaptação suaves numerosos países e planos de mitigação das alterações climáticas (Banco Mundial 2009). Além disso, o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD) e do Fundo de Meio Ambiente (GEF) apoiar conjuntamente "Adaptação de base comunitária" projetos internacionais. (GROSSMAN et al., 2011, p. 5)

A ampla concepção e definição de tecnologias para adaptação facilitam a aproximação e compreensão de tecnologias para adaptação e relacionadas às necessidades no contexto mais amplo de planejamento do desenvolvimento e elaboração de políticas.

4.2.2.3.

Baseada no ecossistema

Muitas vezes, quando confrontados com ameaças relacionadas com o clima, a primeira consideração é dada prioridade para tecnologias de adaptação por medidas estruturais e, depois, não-estruturais. Entretanto, a tecnologia de adaptação baseada no ecossistema (EBA) está cada vez mais ocupando um espaço importante para se pensar em adaptação as mudanças climáticas, restauração do ecossistema degradado devido a algumas práticas da atividade humana e natural, e da integração do subsistema natural e urbano.

Como apontam alguns autores, trabalhar com a capacidade da natureza e buscando opções ecológicas, como a manutenção costeira, zonas húmidas e restauração, para absorver ou controlar o impacto das alterações climáticas nas zonas urbanas e rurais podem ser meios eficientes e eficazes de adaptação (HUNTJENS et al., 2010; JONES et al., 2012 apud IPCC, 2014, p. 846). Dessa forma, identifica-se uma oportunidade emergente no campo da adaptação, onde alguns conceitos já conhecidos na literatura são aplicados, como: infraestrutura verde, ecologia urbana, dentre outros.

Grossman et al. define, a partir do Instituto Internacional de Conservação⁴⁷, essa medida como sendo:

o uso de sistemas naturais como uma forma de amortecer os piores impactos da mudança do clima, manter a resiliência dos ecossistemas naturais, dos seus serviços ligados aos ecossistemas e as espécies que lhes dão suporte, e ajudar as pessoas a se adaptar às novas condições. (CONSERVATION INTERNATIONAL, 2011 apud GROSSMAN et al., 2011, p. 5)

De acordo com o relatório do IPCC (2014) categoriza essa medida como estrutural/física, exemplificando a partir da: restauração ecológica; conservação do solo; arborização e reflorestamento; conservação de manguezais e de replantação; infraestrutura verde (por exemplo, árvores de sombra, os telhados verdes); pescas co-gestão; assistido espécies de migração e dispersão; corredores ecológicos; bancos de sementes, bancos de genes; e gestão de recursos naturais com base na comunidade.

Aplicação da EBA, como outras abordagens, não é sem risco, e as avaliações de risco/benefício permitirá uma melhor avaliação das oportunidades oferecidas pela abordagem (CBD, 2009). Os exemplos de EBA são muito poucos e muito recente para avaliar quais os riscos ou os benefícios de forma abrangente nesta fase. EBA é ainda um conceito em desenvolvimento, mas deve ser considerada juntamente com opções de adaptação baseadas mais em obras de engenharia ou as mudanças sociais e existentes e novos casos usados para construir a compreensão de quando e onde o seu uso é apropriado (IPCC, 2014, p. 102).

Durban é um dos exemplos que adotou essa tecnologia para adaptação a mudança climática. Foram identificados alguns passos para sua aplicação (ROBERTS et al., 2012 apud IPCC, 2014, p. 573):

- Uma melhor compreensão dos impactos das mudanças climáticas sobre a biodiversidade local e a gestão do espaço aberto de Durban. As condições mais quentes e mais úmidas projetada parecem favorecer espécies de plantas invasoras e lenhosas.

⁴⁷ A Conservação Internacional (CI-Brasil) é uma organização brasileira sem fins lucrativos, criada em 1990, que trabalha para garantir um planeta saudável e produtivo para todos. Porque as pessoas precisam da natureza para prosperar. Nosso objetivo é proteger as coisas mais fundamentais que a natureza nos fornece: alimento, água, nossos meios de vida e estabilidade climática.

<http://www.conservation.org/global/brasil/Pages/default.aspx>

- Melhoria da capacidade de investigação local, que inclui a geração de dados locais relevantes.
- Reduzir a vulnerabilidade dos ecossistemas indígenas como uma medida de precaução em curto prazo.
- Reforçar as áreas protegidas de propriedade de governo local e desenvolvimento de intervenções de gestão de uso da terra e acordos para proteger áreas de terra de propriedade privada críticas para a biodiversidade e serviços ecossistêmicos. Isto pode ser apoiado por incentivos e regulamentação do governo para parar o desenvolvimento em propriedades ambientalmente sensíveis, a eliminação dos incentivos perversos e suporte para os proprietários afetados.

A promoção de iniciativas locais contribui para postos de trabalho e promover as competências e educação ambiental no âmbito de programas de manejo de ecossistemas e de restauração. Durban deu início a um programa comunitário de reflorestamento em grande escala onde o nível da comunidade "árvore-empresários" produzem mudas nativas e ajudam a plantar e administrar as áreas florestais restauradas. Isso faz parte de uma estratégia mais ampla para aumentar a refúgios de biodiversidade e a qualidade da água, a regulação do fluxo do rio, redução de inundação, controle de sedimentos e maior comodidade visual. As vantagens incluem a criação de emprego, a melhoria da segurança alimentar e oportunidades educacionais.

4.2.3.

Estratégias: recuar, proteger, acomodar e atacar

Essas tecnologias de adaptação estão correlacionadas com os tipos de estratégias que podem ser tomadas específicas para zonas costeiras ameaçadas pela inundação costeira, terrestre e os impactos da mudança climática, como a elevação do nível do mar. Essas estratégias são entendidas como as respostas necessárias para proteger a vida humana e a propriedade compreendida amplamente em três categorias: recuar, acomodar e proteger (IPCC, 1990, p. 135).

Atualmente, tem-se discutido outra estratégia chamada atacar (RIBA e ICE, 2009) mais voltada na questão de falta de espaço físico-territorial e a

necessidade de expansão de alguns lugares. Esta estratégia corresponde a reivindicação de terras, que tem uma longa história em muitas zonas costeiras, como o noroeste da Europa e da Ásia, e tem sido praticada de diferentes formas na maioria das cidades costeiras, devido a limitações de espaço. Reivindicação de terras é uma estratégia ativa em muitos países costeiros, como Cingapura, Hong Kong e Dubai para expandir a área de terra (NICHOLLS e LINHAM, 2010, p.62).

O IPCC (1990), Nicholls (BIJLSMA et al., 1996; KLEIN et al., 2001 apud 2009, p. 63) e RIBA & ICE (2009) auxiliam na definição de cada uma dessas estratégias:

- Recuar (planejado): não envolve nenhum esforço para proteger a terra do mar. A linha costeira é abandonada e o sistema natural costeiro ocupa-se da terra. Essa escolha pode ser motivada devido a excessivos impactos sobre a economia e o meio ambiente. Em casos extremos, uma área inteira pode ser abandonada. Os impactos do aumento do nível do mar são permitidos para ocorrer e impactos humanos são minimizados puxando para trás a partir da costa através de ordenamento do território e controle de desenvolvimento.
- Acomodar: implica que as pessoas continuem suas atividades nas áreas de risco, mas não pretende prevenir que a terra seja inundada. Os impactos da elevação do nível do mar são permitidos para ocorrer e impactos humanos são minimizados ajustando uso humano da zona costeira para o perigo de inundação via aumento da resistência (por exemplo, elevar casas em estacas), sistemas e seguro de advertência.
- Proteger: envolve soluções de estruturas rígidas como diques e molhes, assim como soluções “naturais” como dunas e vegetação, para proteger a terra do mar para que as atividades humanas em áreas supostamente de risco continuem a existir. Os impactos do aumento do nível do mar são controlados por engenharia “soft” ou “hard” (por exemplo, alimentada praias e dunas ou diques), reduzindo os impactos humanos na zona que seria impactado sem proteção. No entanto, um risco residual permanece sempre, e proteção completa não pode ser alcançada. Gestão do risco residual é um elemento-chave de uma estratégia de proteção que tem sido muitas vezes esquecido no passado.

- Atacar: ocupar avançando a linha da costa existente, sob a água. A estratégia de ataque significa que a cidade avança e construa para fora, na água. Isso é possível através de tecnologia moderna e métodos para modelos que são adaptados ao risco de inundação e construção tradicionais flexíveis que lidam com o aumento do nível do mar.

A partir das definições sugeridas pelo IPCC (1990), Nicholls e Linham (2010) esquematizam como as estratégias podem ser implementadas nas áreas urbanas costeiras, especificamente na linha costeira no cenário de mudança climática. A perspectiva de elevação do nível do mar e a adaptação para esse momento, pode proporcionar diferentes formas de utilização das estratégias. As estratégias foram divididas em três categorias de atividades nas áreas de risco de inundação costeira e aumento do nível do mar: por construção, por vegetação (wetland), ou por atividade agrícola (NICHOLLS e LINHAM, 2010). Essas categorias orientam qual tipo de abordagem será tomada, por exemplo, se a estratégia for proteger por construção, o dique é uma das opções a ser considerada.

4.3.

Exemplo de abordagens para adaptação costeira

A seguir foram reunidas algumas abordagens ao se trabalhar sobre esses três tipos de tecnologia e as quatro estratégias. O universo de pesquisa foi estipulado para exemplos de adaptação a inundação costeira, específicos para zonas costeiras, e também para inundação terrestre. Toma-se como base de pesquisa dois documentos de países desenvolvidos, Inglaterra e Nova Iorque por possuírem bastante conhecimento sobre o assunto. Os documentos são “Design for flooding” da Inglaterra e elaborado pelo grupo RIBA (2009); o outro é “Coastal climate resilience: urban waterfront adaptive strategies” de Nova Iorque e elaborado pelo Governo de Planejamento (NYC, 2013) em resposta ao furacão Sandy.

As abordagens foram selecionadas também de acordo com o fato de atuarem em áreas livres públicas, excluindo abordagens da construção de edificações e as que estão dentro da categoria de medidas não-estruturais.

Abordagens do NYC (2013):

- **Elevação de terra e vias/ Elevation of land e streets** são elevações locais de desenvolvimento existentes ou novos e ruas acima do nível tempestade esperado para proteger de inundações.
- **Paredes/Floodwalls** são paredes permanentes ou destacáveis usados na linha costeira ou de terras altas para evitar inundações. São estruturas de engenharia “hard” projetado com uma função primária para evitar uma maior erosão da linha de costa. Eles são construídos paralelamente à costa e tem como objetivo deter ou evitar o deslizamento do solo, enquanto fornece proteção contra a ação das ondas (UNFCCC, 1999 apud NICHOLLS e LINHAM, 2010, p.37)
- **Parques beira-mar/ Waterfront parks** são espaços abertos projetados com características da paisagem, como áreas inundáveis, massas elevadas da terra e outros recursos de design do parque de adaptação que pode rapidamente recuperar seguintes eventos de tempestade e ajudam a proteger as zonas de montanha de inundações costeiras.
- **Recuo estratégico/ Strategic retreat** é o processo de remoção de desenvolvimento de zonas vulneráveis a inundações e à prevenção de desenvolvimento futuro.
- **Anteparas/Bulkheads** são muros de arrimo verticais destinado a manter o solo no lugar e permitir uma linha costeira estável.
- **Revestimentos/Revetments** (também chamado de "rip-rap") são estruturas da linha costeira tipicamente feitas de pedra escombros ou blocos de concreto colocados sobre uma superfície inclinada para proteger o solo subjacente da erosão e reduzir as forças da ação das ondas. É uma tecnologia de adaptação utilizadas principalmente em resposta a erosão da linha costeira, embora possam também ocorrer benefícios de redução de inundações. É uma abordagem que envolve a adição artificial de sedimentos de qualidade adequada para uma área de praia que tem um deficit de sedimentos. Nutrição também pode ser referida como recarga praia, preenchimento praia, reabastecimento, re-nutrição e alimentação da praia.
- **Praia nutritiva/Living shorelines** é uma técnica de estabilização banco que usar plantas, areia / solo e uso limitado de estruturas duras para fornecer proteção costeira e manter habitat valioso.
- **Praias e dunas/Beaches and dunes** são características naturais de proteção que fornecem um buffer de areia para proteger das ondas e inundações, e por

vezes são reforçados com vegetação, tubos de geotêxtil, ou um núcleo rochoso.

- **Diques/Levees** são diques de terra localizados no litoral que fornecem proteção contra inundações.
- **Dique multiuso/Multi-purpose levees** são diques que combinam outras funções, tais como trânsito, estradas, edifícios ou parques, ou em cima ou dentro de uma estrutura de diques.
- **Quebra-mar/Groins** são estruturas que se estendem perpendicularmente para o exterior a partir de a margem de armadilha de areia, evitar a erosão da praia, e quebrar as ondas.
- **Alagado construído/Constructed wetland** é uma zona húmida de maré novo ou restaurado, que utiliza plantas e solos para reter e filtrar a água, criando habitat dos animais selvagens.
- **Molhes/Breakwaters** são estruturas na água normalmente feitas de pedra ou pedra destina-se a quebrar ondas, reduzindo a força da ação das ondas. Molhes podem ser variáveis ou fixos ao fundo do oceano.
- **Recifes artificiais/Artificial reefs** são submersas, ou parcialmente submerso, estruturas feitas de pedra, concreto, ou outros materiais, que são projetados para fornecer habitat marinho para as plantas, invertebrados, peixes e pássaros, ao mesmo tempo, atenuar ondas.
- **Ilhas flutuantes/Floating Islands** são esteiras ou estruturas que podem atenuar ondas, proporcionando benefícios ecológicos, como a restauração de habitat e melhoria da qualidade da água plantada.
- **Ilhas quebra-construídos/Constructed breakwater islands** são ilhas na água construídas através de preenchimento de areia e rocha.
- **Barreiras de ondas/Surge barriers** consistem de estruturas de barragens fixas e operáveis portas que podem ser fechadas para impedir que a água, a fim de evitar que surge da tempestade de inundar áreas costeiras.
- **Alteração morfológica da costa/Coastal morphology alteration** é alterar a profundidade de um corpo de água para permitir a águas rasas pode reduzir a extensão da maré de tempestade.
- **Polder** é uma área de baixa altitude de terra cercada por diques que formam uma entidade hidrológica artificial. Pode ser usado para desviar e deter temporariamente águas da inundação.

Além das citadas acima, mais algumas abordagens do RIBA (2010) foram selecionadas:

- Armazenamento da inundação em domínio público
- Integrar caminhos de fluxo em projeto da paisagem
- Sistema urbano de drenagem sustentável para águas urbanas - gestão de águas pluviais
- Superfícies permeáveis
- Lagoas de retenção
- Rotas de fuga seguras
- Áreas de fuga seguras
- Áreas para retenção da água

4.4.

Considerações sobre a Adaptação Costeira

O conceito de resiliência inicialmente foi elaborado a partir da literatura ecológica e está cada vez sendo incorporado para sociedades e cidades frente a algum estresse climático. Dentro da literatura ecológica, sua definição derivou de duas faces: engenharia e ecologia, onde cada uma delas lidou de forma diferenciada com o aspecto de estabilidade de um sistema. Porém, sempre focando na capacidade de absorção e reorganização do sistema logo após a perturbação.

Resiliência em zonas costeiras foi lidado aqui através do conceito de resiliência sócio-ecológica, onde é definido como a interação entre o humano e a natureza buscando minimizar grandes perdas econômicas e de serviços ecossistêmicos, reduzindo a vulnerabilidade. A resiliência sócio-ecológica trabalha junto com a redução da vulnerabilidade, através da tentativa de entender os subsistemas como algo interdependente e, como juntos, podem lidar com as perturbações ou estresses climáticos e elevação do nível do mar. Entra no contexto um conceito fundamental para tornar tudo isso possível, a adaptação, a fim de reduzir a vulnerabilidade.

A adaptação acontece em alguma coisa – “quem ou o que se adapta?” – para alguma coisa – “adaptar-se a quê?”. O tipo de adaptação então é entendido como “a forma como ocorre a adaptação”. Respondendo essas três perguntas, define-se o que é adaptação. A adaptação para mudança climática é entendida como o ajuste dos subsistemas em resposta a estímulos climáticos atuais e futuros, que modera prejuízos e explora oportunidades benéficas. Para

chegar a alcançar a adaptação foram escolhidas três categorias: tipo, tecnologia e estratégia de adaptação.

Dentro da categoria de tipos ou forma de adaptação foi selecionada reativa ou antecipatória, autônoma ou planejada. Cada uma delas atuam de forma diferenciadas, entretanto, podem e devem trabalhar juntas. A reativa acontece quando um estresse climático já ocorreu; antecipatória antecede ao impacto; autônoma é isolada; e planejada já é mais abrangente. As esferas públicas e privadas transitam por elas, tornando viável a sua implementação.

Tecnologia é um dos componentes do atributo ou categoria da forma de adaptação. A tecnologia de adaptação é considerada a partir de uma definição operacional, onde sua aplicação tem o objetivo de reduzir a vulnerabilidade e aumentar a resiliência. Assim, podem atuar de três maneiras: a partir de medidas estruturais, medidas não estruturais e baseado no ecossistema. Ou seja, ou por estruturais fixas de engenharia, ou por políticas e mudanças de comportamento, ou através de componentes do subsistema natural (infraestrutura verde, ecologia urbana, etc.). É acordado pela comunidade científica que o primeiro passo a ser tomado para adaptação a mudança climática é a ampliação da capacidade adaptativa, ou seja, da disseminação de informação, criação de políticas, dentre outros, fornecido pela medida não-estrutural. Todavia, observa-se ainda hoje que é difícil encontrar políticas que realmente conseguem alcançar seu objetivo e as tecnologias estruturais são práticas ainda falhas ou inexploradas. Muitos estudos agora estão sendo voltados para medidas baseadas no ecossistema, vendo-a como tendo um grande potencial para proporcionar benefícios adicionais na forma de uma variedade de serviços ecossistêmicos e promover a integração entre homem e natureza.

As estratégias são entendidas como respostas necessárias para proteger a vida humana e a propriedade. Foram identificados quatro tipos: recuar, proteger, acomodar e atacar. A estratégia recuar está ligada as medidas não-estruturais; já as outras três podem variar e transitar nas medidas estruturais e baseado no ecossistema. Diferentes tipos de abordagens foram selecionados dos documentos elaborados por dois países desenvolvidos, Nova Iorque e Inglaterra. Concluindo que as abordagens podem ser classificadas como mais de uma medida e estratégia, e que a adaptação mais bem sucedida é integrada dentro das atividades de todos os departamentos de planejamento, em vez de ter lugar isoladamente, tecnologias e estratégias.

Pode-se observar a partir da Tabela Comparativa de Adaptações (apêndice), que as abordagens podem mesclar-se nas categorias de tecnologia e estratégia, ou seja, uma abordagem não necessariamente pertence ou alcance somente um tipo de tecnologia ou estratégia. Um exemplo dessa informação é a aplicação da abordagem do parque beira-mar, que caracteriza-se como uma tecnologia de medida estrutural, caso utilize construções de engenharia artificiais para a elevação por terra ou dique; e de medida baseada no ecossistema, caso utilize elementos naturais para composição do parque. Com relação ao tipo de estratégia, a abordagem atua de forma a proteger e acomodar.

5

Espaço Livre Público e Adaptação

5.1.

Espaço Livre Público para cidade

Para Lefèbvre (2001 apud SILVA, LOPES e LOPES, 2000), “as cidades são centros da vida social e política, local onde se acumulam riquezas, conhecimento, tecnologias, obras de arte e monumentos”. Silva, Lopes e Lopes (2000) acrescentam que a cidade se apresenta a partir de uma organização espacial onde a utilização do solo tem usos diversos, com áreas destinadas à concentração de atividades comerciais, serviços e gestão, zonas industriais, residenciais e espaços para circulação e lazer.

Arango e Salmona (2000) lêem a cidade a partir da apropriação urbana pelos seus habitantes, e principalmente da criação da cultura, sendo descrita como:

lugar da convivência, da tolerância e da socialização e, por tanto, o lugar da criação da cultura. Nesse sentido, a apropriação urbana, não consiste na aglomeração de edifícios e sim nos espaços que estão entre os edifícios; os edifícios são privados e o público são os espaços abertos. (ARANGO e SALMONA, 2000, p. 150, tradução nossa).

Minda (2009), destaca que “toda atividade humana (trabalhar, dormir, caminhar, pensar, falar ou descansar) precisa para sua realização de um espaço. O conjunto de espaços que um ser humano utiliza para as suas atividades constitui o espaço vital” (SCHJETNAN et al. 2008, p. 13, tradução nossa). O espaço vital abrange três tipos de espaços: os espaços íntimos ou individuais, os espaços semi-públicos e os espaços públicos. A somatória destes espaços constitui o espaço vital comunitário que engloba as atividades de uma sociedade humana.

No campo da geografia, a definição de espaço é ainda muito discutida. Como destaca Thrift (2007, p. 95, tradução nossa) “tal como acontece com termos como “sociedade” e “natureza”, o espaço não é um fundo externo à ação humana e social. Pelo contrário, é o resultado de uma série de assentamentos

temporários altamente problemáticos que dividem e se conectam as coisas em diferentes tipos de coletivos que estão lentamente fornecidos com os meios que os tornam durável e sustentáveis”. Essa passagem se resume nas palavras ditas pelo autor, “sem espaço não existiríamos”. Assim, entende-se o espaço vivido, percebido e vivenciado pela sociedade, afirmando uma idéia na qual não existe espaço sem sociedade, e vice e versa.

A cidade é um conjunto de elementos, sistemas e funções entrelaçados.
Llardent (1982, p. 50 apud LOBODA e ANGELIS, 2005, p. 129)

Para Loboda e Angelis, essa passagem é um marco onde se deve contemplar o espaço livre como um dos principais sistemas que formam o organismo urbano no qual exercem uma função pública. Apoiados em Llardent (1982, p. 151), os autores trazem a definição de sistema de espaços livres como “conjunto de espaços urbanos ao ar livre destinados ao pedestre para o descanso, o passeio, a prática esportiva e, em geral, o recreio e entretenimento em sua hora de ócio”.

O sistema dos espaços livres urbanos constitui um complexo em inter-relação com outros sistemas - de drenagem, de transportes, de proteção - cujas funções podem com as dele coincidir ou apenas justapor-se, tecendo relações de conectividade e complementaridade com a preservação, a conservação e a requalificação ambientais, a circulação e a drenagem urbanas, as atividades de lazer, o imaginário, a memória e o convívio social públicos (Leite, 2011, p. 159).

Cavalheiro e Del Picchia (1992) apud Bueno e Ximenes (2011) apresentam a concepção de cidade mais voltada a sua forma urbana, onde é constituída “de espaços de interação urbana (rede rodo-ferroviária), espaços com construções (habitações, indústrias, comércio, hospitais, escolas, etc.) e de espaços livres (praças, parques, águas superficiais, etc.)”.

A partir de uma compilação dos autores acima citados, os espaços entre edificação ou espaços livres onde a população consegue exercitar suas atividades e se apropriar de inúmeras maneiras do espaço urbano, são definidos como espaços livres públicos. O espaço livre público é um elemento inseparável do espaço urbano e considerado vital para a vida de uma cidade. Esse espaço exerce um papel fundamental para a cidade, pois é nele que atividades humanas acontecem, a interação entre pessoas e com a natureza, e onde a cidade se conecta como uma teia através de sistemas ou infraestruturas urbanas.

Segundo Silva (2008, p.275 apud BENINI e MARTIN, 2010) espaços livres são os “espaços abertos públicos ou destinados a integrar o patrimônio público nos loteamentos, fora as vias de comunicação”.

O aspecto de acessibilidade é essencial para a caracterização de um espaço livre público. De acordo com Magnoli (2006) espaços livres públicos são:

pressupostamente os mais acessíveis por todos os cidadãos; os mais apropriáveis perante as oportunidades de maior autonomia de indivíduos e grupos; os que se apresentam com mais chance de controle pela sociedade como um todo, já que abertos, expostos, acessíveis; enfim, aqueles os quais podem ser os mais democráticos possíveis, enquanto significado intrínseco da expressão espaço urbano. (MAGNOLI, 2006, p. 204)

Rémy e Voyé (1997) ao falarem sobre a ligação entre a morfologia e a estruturação da vida coletiva, afirmam que “a acessibilidade quotidiana direta, ligada à proximidade espacial, continua determinante para assegurar a possibilidade de trocas rápidas não programadas e a multiplicidade dos encontros aleatórios”. Sun Alex (2008, p. 25 apud MINDA, 2009, p. 32) entende a acessibilidade como uma condição essencial para a apropriação e o uso do espaço, onde “entrar em um lugar é condição inicial para usá-lo”.

Para Nogueira, a característica essencial dos espaços livres públicos é que

configuram uma rede contínua que se estende em toda a área urbana assumindo diferentes papéis: (i) estabelece relações espaciais de conectividade entre a área urbana e o entorno territorial; (ii) é o suporte básico para a mobilidade urbana interna, (iii) constitui a referência do parcelamento do solo para a edificação e os usos primários, enquanto que serve de acesso e fachada independente de cada parcela; (iv) torna possível a expressão e a percepção interna da forma da cidade; (v) provêm de espaços de representação e identificação social, assim como para o ócio do cidadão; (vi) facilita a obtenção de redes de serviços urbanos. (NOGUEIRA, 2003, p.26)

Thrift divide o espaço em quatro tipos, sendo um deles o “espaço desbloqueado”. Nele, o autor trata o espaço como uma série de conexões trabalhadas onde transparece as interações mundiais. Essas conexões consistem nos caminhos construídos⁴⁸ que são capazes de proporcionar as circulações básicas para atividades da vida cotidiana. Para essas conexões

⁴⁸ Os caminhos construídos são referentes as ruas, praças, largos, etc. Resumem os sistemas de espaço livres.

acontecerem, os espaços livres públicos são os meios de circulação para os movimentos pendulares da sociedade pela cidade. Assim, o espaço livre público é quem proporciona tais movimentos pendulares através dos espaços livres.

Rémy e Voyé (1997) destacam a necessidade de se reconhecer o “valor dos espaços públicos para o dinamismo da vida coletiva e o da importância da mobilidade que, doravante, estrutura a vida quotidiana, quer dos indivíduos quer dos atores coletivos”.

A urbanização e o crescimento da população acarretam, para a cidade, uma série de problemas sociais (moradia, saúde, educação, alimentação, lazer, etc.) e ambientais (desmatamento, impermeabilização do solo, destruição ou modificação dos ecossistemas, alterações climáticas, poluição ambiental), necessitando de estratégias para reduzir tais impactos. Para Barros e Virgílio (2003 apud SILVA, LOPES e LOPES, 2000), o processo de urbanização tem-se caracterizado pela substituição do ecossistema natural, por um meio completamente adverso, em que o homem o organiza segundo suas necessidades de sobrevivência e o poder que exerce sobre esse espaço.

Os espaços livres públicos podem contribuir para a melhoria da habitabilidade do ambiente urbano, pois possibilitam, na visão de Oliveira e Mascaró (2007, p. 60), “o acontecimento de práticas sociais momentos de lazer, encontros ao ar livre e manifestações de vida urbana e comunitária”. Além disso, a partir da vegetação existente, influenciam “no microclima mediante a amenização da temperatura, o aumento da umidade relativa do ar e a absorção de poluentes, além de incrementar a biodiversidade”.

Entretanto, os espaços livres públicos não são totalmente considerados espaços livres de construções. Segundo Nucci e Presotto (2009), “pode-se constatar que os espaços livres são livres de edificação e não de construção, ou seja, as áreas de jogos, os caminhos, as zonas de repouso, certamente apresentam construções”. Tais espaços “devem apresentar poucas edificações, talvez sanitários, quiosques, ou seja, uma infraestrutura mínima para o uso dos espaços”. Nucci e Presotto (2009), dizem que “para Llardent (1982), os espaços livres não são, necessariamente, revestidos totalmente por vegetação”. Seguindo este raciocínio, prosseguem “todavia, deve-se reservar, dentro do sistema de espaços livres, uma certa quantidade de zonas verdes” (apud Bueno e Ximenes, 2011, p. 87).

Existe uma grande discussão na literatura das cidades e espaços livres com relação ao conceito de “áreas verdes”. Cavalheiro et al. (1999 apud

BENINI e MARTIN, 2010) afirmam que área verde é “um tipo especial de espaços livres onde o elemento fundamental de composição é a vegetação”. Lima et al. (1994, p. 549 apud BENINI e MARTIN, 2010) afirmam que área verde é uma categoria de espaço livre, desde que haja predominância de vegetação arbórea, como por exemplo: praças, jardins públicos e parques urbanos.

Área Verde: onde há o predomínio de vegetação arbórea; engloba as praças, os jardins públicos e os parques urbanos. Os canteiros centrais e trevos de vias públicas, que têm apenas função estética e ecológica, devem, também, conceituar-se como Área Verde. Entretanto, as árvores que acompanham o leito das vias públicas, não devem ser consideradas como tal. Como todo Espaço Livre, as Áreas Verdes também devem ser hierarquizadas, segundo sua tipologia (privadas, potencialmente coletivas e públicas). (LIMA et al., 1994, p.549 apud idem)

De acordo com Loboda e Angelis (2005, p. 131) “a qualidade de vida urbana está diretamente atrelada a vários fatores que estão reunidos na infraestrutura, no desenvolvimento econômico-social e àqueles ligados à questão ambiental”. No caso do ambiente, as áreas verdes públicas⁴⁹ constituem-se elementos imprescindíveis para o bem estar da população, pois influencia diretamente a saúde física e mental da população.

5.1.1. Componentes

Para configuração dessa teia ou rede de conexões que o espaço livre público proporciona para a cidade, alguns elementos ou componentes urbanos estão presentes no espaço urbano com características e funções diferenciadas.

Conforme Lamas (s/d, p. 98 e 100 apud MENDONÇA, 2007) a rua, considerada de fato como estruturadora do traçado, corresponde a “um dos elementos mais claramente identificáveis tanto na forma de uma cidade como no gesto de a projetar. Assenta num suporte geográfico preexistente, regula a disposição dos edifícios e quarteirões, ligas os vários espaços e partes da cidade, e confunde-se com o gesto criador”. O autor caracteriza a rua como

⁴⁹ “Praças; Parques Urbanos; Verde balneário e esportivo; Jardim botânico; Jardim zoológico; Mostra (ou feira de jardins; cemitério; Faixa de ligação entre áreas verdes; Arborização urbana)”. (Di Fidio, 1990 apud Loboda e Angelis, 2005, p. 133)

“lugar de circulação” e a praça como “lugar intencional do encontro, da permanência, dos acontecimentos, de práticas sociais, de manifestações de vida urbana e comunitária e de prestígio, e, conseqüentemente, de funções estruturantes e arquiteturas significativas” (LAMAS, s/d, p. 102 apud MENDONÇA, 2007).

Assim, os espaços livres públicos dividem em duas categorias, circulação e recreação.

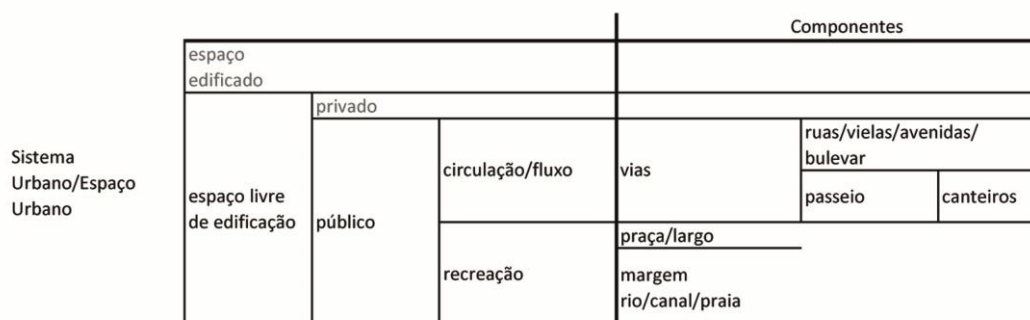
O espaço público compreende a totalidade das vias: ruas e vielas, bulevares e avenidas, largos e praças, passeios e esplanadas, cais e pontes, mas também rios e canais, margens e praias. Esse conjunto organiza-se em rede a fim de permitir a distribuição e a circulação. A rede é contínua e hierarquizada: isso quer dizer que uma rua principal organiza uma porção do território urbano maior que uma rua local ou uma viela. Os jardins públicos constituem um caso particular e ambíguo. Alguns são frutos do tratamento paisagístico de uma parte do espaço público (as aléias laterais arborizadas de uma avenida ou o canteiro no centro de uma praça), outros são, de fato, jardins privados (às vezes vinculados a alguma instituição) abertos ao público, outros, ainda, verdadeiros fragmentos do campo inseridos na cidade. (PANERAI, 1999, p. 99)

Esses componentes do espaço público destacados por Panerai cabem na descrição dos espaços livres, fazendo-se uma ponte e derivando no espaço livre público. Ruas e vielas, bulevares e avenidas, largos e praças, passeios e esplanadas, cais e pontes, mas também rios e canais, margens e praias; são elementos que estruturam a cidade e proporcionam encontros da sociedade. Devem ser tratados como uma rede de conexão para garantir a continuação e fluxo das atividades humanas, impedindo qualquer tipo de ruptura que impeça a funcionalidade da sociedade.

Macedo (1995) apud Minda (2009) define espaços livres como “todos aqueles não contidos entre as paredes e tetos dos edifícios construídos pela sociedade para sua moradia e trabalho”. Assim, dentro da trama urbana encontramos como espaços livres de edificação as ruas, praças, largos, pátios, parques, jardins, etc., espaços onde as pessoas transcorrem no dia a dia da cidade.

Figura 8 – Diagrama dos componentes do espaço livre público

Elementos do espaço livre público no Sistema Urbano



Fonte: elaborado pelo autor

Loboda e Angelis (2005, p. 134), apoiados em Lamas (1993, p. 106), destacam o papel da vegetação no espaço urbano, onde do “canteiro à árvore, ao jardim de bairro ou grande parque urbano, as estruturas verdes constituem também elementos identificáveis na estrutura urbana; caracterizam a imagem da cidade; têm a individualidade própria; desempenham funções precisas; são elementos de composição e do desenho urbano; servem para organizar, definir e conter espaços”. Assim, as áreas verdes podem estar presentes em cada um dos componentes apontados no quadro acima, e podem trazer grandes benefícios para a cidade.

5.1.2.

Funções

A definição de alguns componentes do espaço livre público que proporcionam a interação social, lazer e comércio são descritos abaixo:

Praças são espaços livres públicos, com função de convívio social, inseridos na malha urbana como elemento organizador da circulação e de amenização pública, com área equivalente à da quadra, geralmente contendo expressiva cobertura vegetal, mobiliário lúdico, canteiros e bancos.

Pátios são espaços livres públicos definidos a partir de uma igreja ou outro elemento arquitetônico expressivo, além do casario antigo aos quais dá acesso, quase sempre pavimentados e exercendo a função de respiradouros, de propiciadores do encontro social e eventualmente destinados a atividades lúdicas temporárias.

Largos são espaços livres públicos definidos a partir de um equipamento geralmente comercial, com o fim de valorizar ou complementar alguma edificação como mercado público. (CARNEIRO; MESQUITA, 2000, p.29 apud MENDONÇA, 2007)

Para Carneiro e Mesquita (2000, p. 28 apud MENDONÇA, 2007) parques são espaços livres públicos com função predominante de recreação, ocupando na malha urbana uma área em grau de equivalência superior à da quadra típica urbana, em geral apresentando componentes da paisagem natural – vegetação, topografia, elemento aquático – como também edificações destinadas a atividades recreativas, culturais e/ou administrativas.

Silva, Lopes e Lopes (2000, p. 7) apud Benévolo (2003) afirma que a função social do espaço livre origina-se diretamente da Ágora, que era um espaço aberto em que ocorriam os encontros, conversas e discussões em setores importantes, como do direito, governo, comércio, indústria, religião, sociabilidade. A Ágora era um espaço comum, centralizado, onde se debatiam os problemas de interesse geral.

Como foi dito anteriormente, as áreas verdes são possuem inúmeras funções para a cidade. Segundo Grey; Deneke (1978), Llardent (1981), Cavalheiro (1990), Di Fidio (1990), Lombardo (1990), Milano; Dalcin (2000), Sirkis (2000), Rivail Vanin (2001)⁵⁰, as áreas verdes ajudam na: composição atmosférica urbana, equilíbrio solo-clima-vegetação, atenuante dos níveis de ruído e melhoria da estética urbana.

Perahia (2007, p.2, tradução nossa apud MINDA, 2009) considera o espaço livre público como “equilibrante do sistema ambiental, o qual cumpre uma função ecológica que atua a modo de pulmões da cidade e da região”. Isto é possibilitado mediante a intervenção paisagística de ruas, avenidas, praças e parques. A autora ressalta três funções principais dos espaços livres:

Uma função social: mediante espaços destinados ao encontro, ao lazer, o jogo, a contemplação da paisagem, e contato com a natureza. Espaços indispensáveis para o desenvolvimento das crianças e adultos.

Uma função urbana e paisagística: mediante o uso de massas vegetais na cidade, pode-se oxigenar a massa construída, criar ritmos e pautas que permitam atenuar a heterogeneidade das edificações e dar um valor paisagístico melhorando a leitura da imagem da cidade.

⁵⁰ Apud Loboda e Angelis (2005, p. 134-135)

Uma função ecológica: já que a utilização da vegetação desempenha um papel importante e insubstituível na cidade como habitat da fauna, como regulador do micro-clima urbano, como fixador do óxido de carbono e o pó conteúdo no ar, contribui à regulação térmica diminui a velocidade dos ventos e a intensidade do som, da estabilidade ao solo, dentre outros.

5.2.

Sistema de drenagem em megacidades e mudança climática

Desde que a cidade é cidade, o sistema de drenagem urbana tem existido como uma infraestrutura vital para coletar e transportar as águas pluviais e residuais (esgoto) para fora dos espaços urbanos (CHOCAT et al., 2007; Larsen e Gujer, 1997 apud ZHOU, 2014). Seu objetivo principal é o de gerir o volume de água para evitar inundações em áreas da cidade. Esse volume de água é tratado como um incômodo na paisagem e, assim, transportado em uma forma de "fora da vista e fora da mente" (CHOCAT et al., 2004; KELLER e HOFFMAN, 1977 apud ZHOU, 2014). Na concepção do sistema de drenagem convencional existe uma preocupação limitada por questões de qualidade da água e menos ainda para a sua comodidade e valores recreativos.

O sistema de drenagem convencional é organizado através de um sistema centralizado, no qual contempla os sistemas de abastecimento, saneamento e drenagem de água (SITZENFREI, MODERL e RAUCH, 2013; BROWN, ASHLEY e FARRELLY, 2011 apud SAPKOTA et al., 2015, p. 155). Pode funcionar através de duas abordagens, 'combinado' ou 'separado' do sistema de esgoto (JHAN, BLOCH e LAMAND, 2012, p. 219).

Essas abordagens podem ter influência direta sobre a saúde da população, pois ao transbordar água a partir da falha do sistema de drenagem e esgoto, doenças podem ser transmitidas por causa da insalubridade da água em contato com o homem, e até na poluição e degradação da natureza. Tanto Zhou (2014) como Birgani e Yazdandoost (2014) destacam a qualidade da água após a falha do sistema de drenagem, dependendo se o sistema de drenagem é separado ou combinado com o sistema de esgoto.

A maneira como o sistema de drenagem é planejado, em algumas situações, podem evidenciar a ineficiência desse sistema. Um exemplo é quando

o escoamento de água acumulada em áreas devido a precipitação é coletada pela tubulação subterrânea de fluxo, e, conforme o fluxo de água aumenta, essa água pode voltar para a superfície através das ligações. Dependendo das condições de escoamento, a água também pode fluir de volta com as águas do sistema de esgoto (ZHON et al., 2012, p. 588). Isso acontece quando a abordagem dos sistema é combinado.

Essas e outras situações são agravadas no contexto da mudança climática a partir da intensificação de eventos extremos, e o crescimento urbano em megacidades caracterizado pela reprodução de um modelo de ocupação insustentável. Essa relação é feita porque quanto mais a cidade cresce e a projeção de precipitações e ondas de tempestade aumenta, menos o sistema de drenagem consegue acompanhar essas mudanças.

Muitos estudiosos relataram em seus estudos que o esperado aumento na intensidade dos eventos climáticos devido à mudança climática pode chegar a 20% - 80%, dependendo da região (WILLEMS et al., 2012; FOWLER, 2005 apud ZHOU, 2014, p. 977). De acordo com Zhou, isso tem colocado um enorme desafio para o sistema de drenagem atual, que foi concebido com base em um determinado período anterior.

O crescimento urbano em megacidades é outro fator essencial que influencia a quantidade e a qualidade da água urbana nas cidades. O autor realça que o processo de desenvolvimento da cidade não só pode causar “uma mudança significativa nos padrões de escoamento afetando os volumes de pico de fluxo e velocidade de escoamento devido a seus impactos sobre superfícies impermeáveis” (HOUNG, 2013; LEOPOLD, 1968 apud ZHOU, 2014), mas também na “vulnerabilidade a riscos de inundação devido à mudança de intensidade e distribuição urbana (SEMADENI-DAVIES, 2008; WILDERER, 2004; LI et al., 2013)” (Idem, 2014, p. 978).

Redução de cobertura vegetal e aumento da impermeabilidade devido ao desenvolvimento urbano resultam no aumento de pico e volume de escoamento de águas pluviais (HONG, 2008; SEMADENI-DAVIES et al., 2008). (BIRGANI e YAZDANDOOST, 2014, p. 330, tradução nossa)

Enquanto isso, as modificações de cobertura do solo geralmente associada com a explosão econômica, como a remoção de superfície vegetativa, substituição de terra crua com pavimentos impermeáveis, e a canalização e aterro de lagoas naturais e córregos, poderia induzir ao aumento da quantidade de poluentes e prejudicam a qualidade dos sistemas urbanos de água (ARORA

e REDDY, 2013; BURTON e PITT, 2001; ELLIOTT, 2007 apud ZHOU, 2014, p. 978). Stewart e Hytiris (2008 apud ZHOU, 2014, p. 978) falam sobre a poluição dos cursos de água através de transbordamento de sistemas combinados e a forte interferência ambiental da drenagem convencional. Dessa forma, as águas residuais e de chuvas coletadas pelo sistema são despejadas diretamente em cursos de água receptores, como, lagoas, mar, rios, etc., poluindo o subsistema natural e colocando em risco tanto espécies marítimas como terrestres que entram em contato com essa água.

Atualmente, transbordamento de águas residuais não tratadas seguidas de fortes chuvas são uma importante fonte de poluição para as águas costeiras de recepção e há uma preocupação de que o aumento das chuvas poderá agravar o problema. (SEMADENI-DAVEIS et al., 2007, p. 100).

Semadeni-Daveis et al. (2007) fizeram um estudo simulando como a mudança climática e a urbanização irão afetar o sistema de drenagem atual, utilizando “fluxos de esgoto resultantes de diferentes períodos históricos de urbanização e simulados por dois períodos de 10 anos correspondentes ao presente (1994-2003) e climas futuros (2081-2090)”. A mudança climática foi simulada, alterando um registro precipitação de alta resolução de acordo com o sinal de mudança climática derivada de um modelo climático regional. A urbanização foi simulada, alterando os parâmetros do modelo para refletir as tendências atuais em demografia e gestão da água. Foram feitas no total 12 simulações, no qual verificou-se que o crescimento da cidade e aumentos previstos na precipitação, tanto juntos como separados, irão agravar os problemas de drenagem atuais.

Águas pluviais urbanas têm impactos negativos sobre o desempenho das infraestruturas urbanas e a vida dos moradores. Estes levam a danos extremos e desordem na prestação de serviços das infraestruturas urbanas, bem como o transporte. (BIRGANI e YAZDANDOOST, 2014, p. 330)

Além dos impactos negativos apontados acima sobre a qualidade da água e, conseqüentemente, a saúde humana, outro impacto é na mobilidade urbana – a pé, metro, ônibus, bicicleta, automóvel, etc., ou seja, qualquer meio de transporte. Birgani e Yazdandoost ao tratarem do aspecto transporte, trazem uma reflexão sobre a mobilidade urbana quando o sistema de drenagem entra em colapso. A inundação impossibilita o deslocamento proporcionado pelo

espaço livre público, interrompendo o funcionamento da cidade e suas conexões.

Como discutido acima, quando a capacidade de um sistema de drenagem é excedida, o resultante “fluxo excessivo” é gerado na superfície urbano. Nestas circunstâncias, Arisz e Burrell (2006) apontam que o sistema de drenagem pode ser constituído de dois componentes: o “sistema menor” (sistema canalizado tais como um sistema tradicional de galerias de águas pluviais) e o “sistema principal” (sistema terrestre, como canais abertos, rios e riachos, estradas e lagoas de retenção/retenção). De acordo com os autores, o “sistema menor” é projetado para “transportar escoamento de águas pluviais das tempestades mais freqüentes (eventos menores e menos graves), proporcionando assim uma utilização segura e conveniente de ruas, estacionamentos e outras áreas desenvolvidas” (Idem, p. 3). Já o “sistema principal” é projetado para “transportar escoamento de águas pluviais das tempestades menos frequentes (eventos maiores e mais graves) quando a capacidade do “sistema menor” for excedida” (Idem, p. 3).

Outros autores como, Jhan, Bloch e Lamand (2012), dividem o sistema da mesma forma, com o “sistema menor” (que são as tubulações de esgoto ou fossas abertas) e do “sistema maior” (na superfície) (JHAN, BLOCH E LAMAND, 2012, p. 222-223). Eles se complementam a partir do momento que entendem que o “sistema maior” consiste em “percursos padrões” tomado pelo fluxo de inundação, como estradas, caminhos ou áreas de armazenamento; eles propõem uma alternativa para lidar com o “fluxo excessivo” chamado “percursos projetados”. Esses “percursos projetados” incluem áreas de várzea, bacias de retenção, ou áreas designadas de espaço público aberto para armazenamento temporário. Em pequena escala, alguma adaptação às características urbanas existentes, como perfis de estradas e alturas de freio pode melhorar a eficácia dos percursos de eventos extremos (Idem, p. 223).

Dessa forma, prevaletentes pesquisas sobre tempestade de inundação urbana empregam o conceito de duplo sistema de drenagem urbana. O sistema de drenagem é composto por duas partes: um sistema de superfície e um sistema subsuperficial. As duas partes interagem uns com os outros através de lagoas e redes para juntar os dois sistemas. Os pesquisadores têm levantado suas preocupações com relação a sustentabilidade a longo prazo das soluções de drenagem tradicionais, explorando os seus impactos negativos no ambiente urbano (ROY et al, 2008; ZEVENBERGEN, 2008; WON e EADIE, 2000 apud

ZHOU, 2014, p. 978). Todavia, observa-se que soluções para sistemas na superfície são pouco explorados, e também uma falta de conexão entre os dois sistemas.

Mais notavelmente, o sistema tradicional é formado por um grande número de medidas estruturais, tais como tubos subterrâneos e galerias. Os custos e o tempo necessários para a restauração e instalação de rede de drenagem são monumentais (WILDERER, 2004 apud ZHOU, 2014, p. 979). Isso significa que o sistema convencional em muitos casos, tem de ser expandido por pedaços e, portanto, carece de suficiente flexibilidade para se adaptar às circunstâncias críticas (KREBS e LARSEN, 1997; BUTLER e PARKINSON, 1997 apud ZHOU, 2014, p. 979).

Ao enfrentar a mudança climática e urbanização, a expansão do sistema de tubulação subterrânea convencional pode não atender aos critérios gerais de adaptação. Logo, uma das soluções é investir no sistema de superfície, através de propostas que atendam as necessidades atuais e futuras.

5.3.

Espaço Livre Público para adaptação

Este capítulo até agora fez um apanhado sobre os componentes e as principais funções do espaço livre público, e os desafios que a cidade atual enfrenta em momentos de inundação referente ao atual sistema de drenagem. Evidencia-se um despreparo do sistema de drenagem e uma necessidade de adaptação para reduzir a vulnerabilidade da cidade. Para isso, a idéia é constatar que os componentes do espaço livre público possuem o potencial para serem utilizados em estratégias de adaptação, agregando mais um valor/função a este espaço.

Muitos autores associam a estratégia de incorporar os espaços livres públicos, principalmente verdes, somente para medidas de mitigação, entretanto, eles podem contribuir para medidas de adaptação em momento de inundação. Como visto anteriormente, o sistema de drenagem trabalha através de dois sistemas, subterrâneo e na superfície. Quando o sistema subterrâneo fica sobrecarregado, o “fluxo excessivo” vai para a superfície onde a água não tem para onde ir, a não ser acumular-se cada vez mais inundando a cidade. Dessa

forma, praças, parques, canteiros, e outros componentes do espaço livre público, podem fazer parte do sistema na superfície, acomodando o “fluxo excessivo”, sem sobrecarregar o sistema subterrâneo, até ficar no seu estado normal e conseguir fazer a drenagem de forma apropriada.

Lloyd et al., 2012 apud Sapkota et al. (2015) destacam que “investimento em infraestrutura e substituição é um processo gradual e mudar toda a infraestrutura não é economicamente nem ambientalmente sustentável”. Para enfrentar os novos desafios, como as alterações climáticas e as mudanças no uso da terra e população (crescimento, bem como o encolhimento nas cidades), acredita-se cada vez mais que a infraestrutura de água precisa ser mais flexível, adaptável e sustentável (por exemplo, BROWN et al., 2009 e DOMÈNECH e SAURI, 2010 apud SITZENFREI, MODERL e RAUCH, 2013, p. 7251)

Diferentes áreas do conhecimento estão envolvidas nesse novo contexto de cidade e no projeto que envolve os espaços urbanos. O estímulo à concepção de espaços provocativos, interativos, é fundamental. Segundo Moor & Rowland (2006, p.187) “a estrutura flexível será consequentemente a chave para o futuro do projeto urbano. Ela possibilitará o desenvolvimento para responder à incerteza”.

De acordo com Mugume et al. (2015), a adaptação pode ser alcançada através de duas estratégias: redundância e flexibilidade. O autor define cada uma delas:

A redundância é definida como o grau de sobreposição de função em um sistema que permite que o sistema mude de modo a permitir funções vitais para continuar enquanto os elementos anteriormente redundantes assumir novas funções (HASSLER e KOHLER, 2014). Em sistema de drenagem, a redundância é aumentada através da introdução de vários elementos (componentes) para fornecimento de funções semelhantes ou tanques de armazenamento, como por exemplo, tubos paralelos. Tem como objetivo minimizar a propagação de falha através do sistema ou permitir que as operações possam ser desviadas para partes alternativas ao sistema durante condições de carga excepcionais (CABINET OFFICE, 2011; MUGUME et al, 2014).

Flexibilidade, por outro lado, é definida como a capacidade do sistema embutido para ajustar ou reconfigurar de modo a manter os níveis de desempenho aceitáveis quando sujeitas a várias condições (variável) de

carregamento (GERSONIUS et al., 2013; VUGRIN et al., 2011.). Ele pode ser alcançado, por exemplo, através do uso de elementos distribuídos (descentralizados) ou modulares, por exemplo, distribuídos tanques de armazenamento, sistemas de captação de água da chuva, telhado desconexão e uso do projetado espaços multifuncionais urbanos, tais como parques de estacionamento, parques infantis ou estradas (MUGUME et al., 2014).

Há um crescente reconhecimento das potencialidades do sistema de drenagem descentralizada com base em tratamento local, atenuação, re-uso, retenção e infiltração de escoamentos de precipitação (ASHLEY et al., 2007; ROY et al., 2008; STAHERE, 2006 apud ZHOU et al., 2013, p. 586). Dependendo do design, essas soluções descentralizadas poderão promover um desenvolvimento mais sustentável, acrescentando também aspectos da estética, do social e dos valores ambientais na área urbana. Em muitos aspectos, um sistema descentralizado pode substituir ou ser integrado no sistema de drenagem convencional. Se cuidadosamente planejada, um sistema descentralizado pode ser uma parte da infraestrutura verde na área urbana, atendendo assim as exigências, tanto para adaptação à mudança climática como serviços recreativos urbanas.

Sapkota et al. (2015) compreendem que o legado de soluções centralizadas de infraestrutura em combinação com crescente investimento em soluções de infraestruturas descentralizadas, o resultado é um processo de hibridização, onde a mistura de sistemas centralizados e descentralizados co-existe. Gestão descentralizada da água da chuva, incluindo estratégias de retenção, armazenamento e reutilização que são integrados no ordenamento do território e urbanismo, pode reduzir os riscos de inundação, simultaneamente, melhorar a disponibilidade de água doce.

Com o aumento do reconhecimento dos impactos climáticos sobre o risco de inundações urbanas, há uma forte necessidade de adaptar infraestrutura urbana para reduzir as perdas econômicas substanciais de eventos climáticos extremos. Ao planejar um esquema de adaptação à mudança climática, em geral, vários cenários de desenvolvimento da infraestrutura precisam ser construídos e avaliados. Como por exemplo ampliar e adaptar o sistema atual de drenagem das cidades. (ZHOU et al., 2013, p. 587, tradução nossa)

Essa adaptação discutida por Zhou et al. é focada na melhoria do sistema de drenagem, ampliando e agregando outros elementos. Eles

investigaram quatro estratégias de adaptação que englobava *laissez-faire*⁵¹, tubulações de esgoto maiores, unidades de infiltração local e sistema de drenagem aberto na estrutura verde urbana. Os autores descobriram que quando se leva em conta os efeitos das amenidades ambientais, uma integração de bacias de drenagem abertos em áreas de lazer urbano é provavelmente a melhor estratégia de adaptação, seguido pelo alargamento da tubulação e estratégias de infiltração locais.

Arisz e Burrell (2006) apontam que os novos desenvolvimentos deveriam idealmente ser servidos por um “sistema menor” e um “sistema maior” projetados para transportar o “fluxo excessivo” quando a capacidade do “sistema menor” for excedida, e principalmente, eles devem ser interligados. O planejamento e concepção de novas infraestruturas de drenagem devem incorporar recursos de desenvolvimento e sistemas de drenagem urbana sustentável que proporcionam múltiplos benefícios (tais como uma redução de inundação e impactos ambientais).

Há, no entanto, uma preocupação na estratégia de expansão do sistema de tubulação subterrânea, pois “não é uma solução sustentável para a adaptação à mudança climática em longo prazo ou a existência de alternativas atraentes” (ROY et al., 2008; ZEVENBERGEN et al., 2008; WONG e EADIE, 2000 apud ZHOU et al., 2013, p. 586). Estratégias de infiltração locais correspondem à esfera privada, e por isso, não será tratada nessa dissertação. Já a estratégia de sistema de drenagem aberto na estrutura verde urbana é aplicada na esfera pública, ou seja, no espaço livre público.

Jhan, Bloch e Lamand (2012, p. 226-227) destacam alguns tipos de dispositivos que podem ser aplicados no “sistema maior”, como: controle de entrada de água, dispositivos de infiltração, superfícies com vegetação, pavimento permeável, drenos de filtro, bacias de infiltração, lagoas de retenção, lagoas de retenção e wetlands construídos. Tais sistemas de drenagem não só ajudam na prevenção de inundações, mas também na melhoria da qualidade da água. Além disso, eles podem melhorar o ambiente físico e habitats da vida selvagem em áreas urbanas.

Arisz e Burrell (2006) apontam que para a criação de um grande sistema de drenagem e a potencial valorização da capacidade hidráulica dos

⁵¹ “que assume que águas pluviais urbanas devem ser tratadas somente por uma infraestrutura existente”. Zhou et al. *Adaptation to Extreme Rainfall with Open Urban Drainage System: An Integrated Hydrological Cost-Benefit Analysis*. **Springer**. 51 (3): 586-601 (2013). Disponível em: <<http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00267-012-0010-8>>. Acesso em: mai 2015.

principais componentes do sistema (canais de drenagem, lagoas de retenção/detenção, áreas de armazenamento de águas pluviais) requer espaço. Os requisitos do sistema de drenagem importante durante as fases de planejamento e concepção inicial do novo desenvolvimento consistem principalmente na alocação de espaço de acordo com a drenagem por meio natural e por caminhos propostos, em áreas de baixa altitude. Estes requisitos incluem: a localização estratégica de bueiros para controlar a profundidade de inundações em ruas e estradas; canais de drenagem de superfície e valas de infiltração suficientemente grande para ser capaz de transportar o fluxo sem inundar propriedade privada e infraestrutura pública; e infraestrutura de gestão da água de tempestade (por exemplo, retenção e lagoas de detenção).

Um ponto que se destaca (...) é que eles exigem significativa quantidade de terra para uso, muitas vezes através da disponibilização de espaço aberto utilizado, por exemplo, para a gestão de águas pluviais, planejamento para a elevação do nível do mar, ou para corredores de migração. (HAMIN e GURRAN, 2009, p.238)

Hamin e Gurran (2009) apontam que um ponto-chave de adaptação é que muitas ações, embora certamente não todos, necessitam de mais terras deixadas em espaço aberto, e/ou um ambiente menos denso construído. As abordagens atuais para a gestão da água sugerem menos tubulação e mais infiltração natural; como bio-valas. Mais água para gerenciar muitas vezes significa mais espaço necessário para gerenciá-lo. Da mesma forma, adicionando (ou não remover), usando áreas verdes é um passo importante na prevenção ou tratamento de efeitos de ilha de calor urbano (STONE, 2005 apud HAMIN e GURRAN, 2009, p. 238).

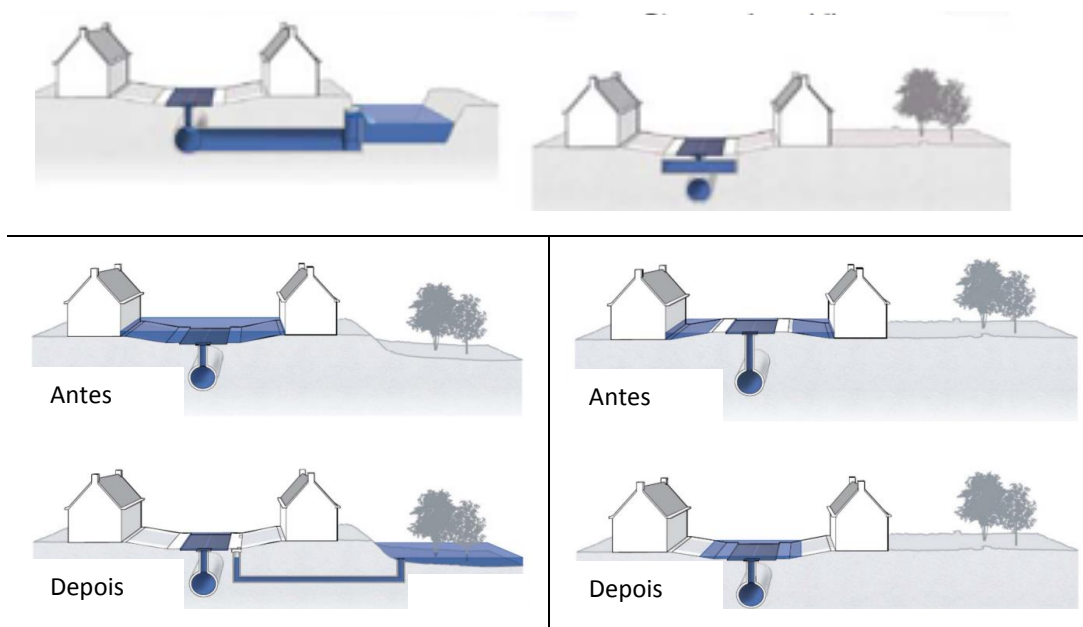
Esses espaços abertos também devem ser projetados para atingir múltiplos objetivos - a agricultura urbana e proteção de várzea, por exemplo. Grandes blocos de espaço aberto estão limitados a periferias - margens da praia onde o espaço livre público oferece recreação e lazer, bem como espaço para se adaptar às mudanças no nível do mar, cinturões verdes onde eles são capazes de reforçar a contenção de ocupação interna (HAMIN e GURRAN, 2009, p. 238).

Major et al. (2011 apud IPCC, 2014, p. 570) listam uma série de cidades que começaram a adaptar os sistemas de água e outras infraestruturas, incluindo Boston, Londres, Halifax (Canadá), Nova York, Seattle e Toronto. Para expandir sua capacidade de reservatório após a inundação de 1998, Rotterdam desenvolveu planos que combinam adaptação e metas de renovação urbana,

misturando atividades econômicas com projetos de adaptação à base de água, incluindo "quadras de retenção de água" e telhados verdes, casas flutuantes, e as redes de canais (VAN DER BRUGGE e DE GRAAF, 2010 apud IPCC, 2014, p. 570).

A figura 09 representa como o “sistema menor” e o “sistema maior” interagem e podem ser adaptados. As duas primeiras imagens ilustram uma adequação do “sistema menor” a partir da implementação de tubulações maiores para aumentar a capacidade de água no sistema. Já as outras duas esquematizam um cenário de antes e depois a partir da utilização de componentes do espaço livre público para retenção de água quando o “fluxo excessivo” chega ao “sistema maior”.

Figura 9 - Exemplos de medidas de adaptação descentralizadas para lidar com futuras chuvas intensas



Fonte: Willems et al., 2012

As estratégias a partir dos espaços livres públicos podem ser aplicadas tanto para lidar com inundações terrestres como com inundações costeiras. O objetivo é cidades que interajam com a água (incluindo tempestades) de uma forma saudável, ambientalmente amigável e eficiente em termos de custo. Isso inclui a incorporação de vias, praças, margens de corpos hídricos e parques no sistema de drenagem, a partir de diferentes medidas, estratégias e abordagens.

O público está começando a aceitar que os corpos de água, zonas húmidas e planícies aluviais, são mais utilizados como espaço aberto permanente, protegida por meio de controles de uso da terra. Estes espaços

abertos seguem as margens dos rios e podem ser expandida e melhorada através de práticas de manejo de águas pluviais em áreas de desenvolvimento adjacentes. Tais práticas de gestão também são características de espaço aberto e são elaboradas em conformidade com os padrões de desempenho. Medidas de gestão de águas pluviais e terras ribeirinhas podem ser integrados para formar um funcional "canteiro" ciliar ou sistema de espaço aberto. Quando visto de forma abrangente, gestão de águas pluviais oferece uma oportunidade para estruturar o atual padrão de subdivisões ambientalmente destrutivas, e fornece como um bônus a proteção da vegetação e dos animais selvagens.

Recapitulando então, a adaptação para momentos de inundação em zonas costeiras pode ser feita através da gestão de águas no espaço urbano. Os espaços livres públicos possuem papel fundamental, pois pode utilizar seus componentes para fazer parte do sistema de drenagem da cidade através da superfície. Muitos autores declinam mais para soluções que incorporam soluções naturais, mas também não descartam a implementação de medidas estruturais.

Ruas, praças, canteiros, parques, margens de corpos hídricos podem fazer parte da infraestrutura de drenagem na superfície a partir de um sistema descentralizado. Esses componentes do espaço livre público ainda podem exercer suas funções sócia, ecológica, estética e, agora, de adaptação.

5.3.

Considerações sobre o Espaço Livre Público e Adaptação

A cidade é composta por diversos sistemas complexos onde em sua interação dão oportunidade para a vida coletiva. Apresenta uma organização espacial onde a utilização do solo tem diversos usos, como circulação e lazer, e oferece espaços para realização de atividades humanas. O conjunto de atividade humana constitui o espaço vital, no qual abrange três esferas, sendo uma delas o público. A apropriação da sociedade pelo espaço urbano, e, assim, pela criação da cultura é feito essencialmente pelos espaços entre os edifícios, ou seja, os espaços abertos.

A cidade é então entendida como um conjunto de elementos, sistemas e funções entrelaçados, e que a função pública é exercida também através do espaço livre. O conjunto de espaços urbanos ao ar livre destinados ao pedestre

para o descanso, o passeio, a prática esportiva e, em geral, o recreio e entretenimento em sua hora de ócio, compõem as funções que o sistema de espaço livre urbano pode proporcionar aos seus habitantes. Além dessas funções, ele é constituído por complexos sistemas de infraestrutura que promovem serviços a cidade. Esses sistemas de infraestrutura coincidem-se e justapõem-se tecendo relações de conectividade e complementaridade com a preservação, a conservação e a requalificação ambiental, a circulação e a drenagem urbanas, dentre outros. Conformam, assim, os espaços livres públicos.

Acessibilidade, conectividade, suporte para mobilidade, obtenção de redes de serviço são algumas das características que configuram o espaço livre público. E é necessário reconhecer o valor desse espaço para a dinâmica urbana da vida coletiva e para a melhoria da habitabilidade do ambiente urbano. Dessa forma, os espaços livres públicos são definidos por espaços entre edificação ou espaços livres onde a população consegue exercitar suas atividades e se apropriar de inúmeras maneiras do espaço urbano, entretanto, não são totalmente livres de construções. Áreas de jogos, os caminhos, as zonas de repouso, certamente apresentam construções. Tais espaços devem apresentar poucas edificações, talvez sanitários, quiosques, ou seja, uma infraestrutura mínima para o uso dos espaços.

A vegetação também é um elemento existente ou não nesses espaços. Entretanto, é bastante discutido que as áreas verdes e vegetação podem influenciar na qualidade de vida, proporcionando alteração no microclima mediante a amenização da temperatura, o aumento da umidade relativa do ar e a absorção de poluentes, além de incrementar a biodiversidade. Os espaços livres públicos possuem influência direta na saúde mental e física da população dependendo de diversos aspectos.

Na procura da qualidade urbana pode-se destacar a importância do papel do espaço público ressaltando alguns dos seus atributos mais importantes: é um elemento unificador que estrutura, ordena e modela a cidade; quando o projeto de espaço público considera os aspectos ambientais da cidade, pode colaborar na conservação dos recursos naturais e ecossistemas, na redução dos níveis de contaminação e desta forma contribuir para o fortalecimento de um meio ambiente mais adequado e confortável; promove espaços de convívio e socialização nas diferentes escalas urbanas, o que possibilita que todos os habitantes da cidade possam aproveitá-los.

Ruas e vielas, bulevares e avenidas, largos e praças, passeios e esplanadas, canteiros, cais e pontes, mas também rios e canais, margens e praias; são elementos que estruturam a cidade e proporcionam encontros da sociedade, e, assim, podem ser considerados componentes do espaço livre público. Devem ser tratados como uma rede de conexão para garantir a continuidade e fluxo das atividades humanas, impedindo qualquer tipo de ruptura que impeça a funcionalidade da sociedade. Esses elementos possuem funções como social, paisagística/estética e ecológica.

Atualmente vivencia-se um descompasso com relação ao rápido crescimento populacional em zonas costeiras formando megacidades e a mudança climática, e a capacidade do sistema de drenagem convencional. Esse sistema é considerado uma infraestrutura vital para coletar e transportar as águas pluviais e residuais para fora do espaço urbano. O rápido crescimento populacional exigiria uma melhoria na infraestrutura urbana para acompanhar e atender de forma adequada a cidade. Todavia, isso não ocorre, principalmente em um contexto de mudança climática que intensifica as chuvas, aumenta a temperatura média global e nível do mar, e a reprodução de um modelo de ocupação insustentável.

Além de não atender as necessidades atuais para reduzir a vulnerabilidade, o sistema de drenagem convencional é entendido como ultrapassado, tornando-se indispensável uma adaptação ou ampliação desse sistema. Essa constatação é comprovada a partir do momento que ele não conseguir atingir seu objetivo que é o de gerir o volume de água para evitar inundações em áreas da cidade, onde a água pluvial e residual transborda podendo influenciar diretamente na saúde humana através da transmissão de doenças. O sistema de drenagem tradicional é organizado através de um sistema centralizado, junto com abastecimento, saneamento e drenagem. Pode funcionar a partir de duas abordagens, 'separado' ou 'combinado' com o sistema de esgoto, e funciona através do "sistema menor" (subterrâneo) e do "sistema maior" (superfície).

O "fluxo excessivo" que floresce na superfície urbana quando a capacidade do "sistema menor" (sistema canalizado tais como um sistema tradicional de galerias de águas pluviais) é ultrapassada, e não tem planejamento apropriado ou suficiente no "sistema maior" (sistema terrestre, como canais abertos, rios e riachos, estradas e lagoas de retenção/detenção), fazendo com que esse fluxo se transforme em inundação e colocando em risco

bens e vidas. Dessa forma, busca-se adaptação ou ampliação desse sistema de forma a reduzir a vulnerabilidade no fator da sensibilidade e exposição. Nesse sentido, os pesquisadores têm levantado suas preocupações com relação a sustentabilidade a longo prazo das soluções de drenagem tradicionais, explorando os seus impactos negativos no ambiente urbano. Observa-se que soluções para sistemas na superfície são pouco explorados, contrapondo com a utilização de medidas estruturais que são preteridas, como ampliação da tubulação subterrânea. Logo, uma das soluções é investir no sistema de superfície que atenda a carência de flexibilidade minimizando problemas para a vida humana e do ambiente, incluindo inundações.

Estratégias de adaptação para inundação terrestre e costeira estão se tornando cada vez mais uma prioridade para as megacidades costeiras com alto grau de vulnerabilidade. Como foi constatado, é necessário capacitar o sistema de drenagem através de estratégias que incorporam os componentes do espaço livre público como componentes do “sistema maior”, entendendo que a substituição total da infraestrutura é um processo gradual e nem economicamente e ambientalmente sustentável. Entretanto, essa abordagem requer espaço físico, fator problemático no contexto atual. Logo, praças, vias, parques, canteiros, margens de corpos hídricos, dentre outros, podem ser adaptados e agregar mais uma função ao seu escopo, como função de adaptação.

A idéia é não depender somente de medidas estruturais, no qual já se mostraram rígidas e, com isso, falhas no contexto atual onde lida-se com um futuro incerto. Logo, redundância e flexibilidade são algumas das características que se buscam em projetos de adaptação. O primeiro é composto por diversos componentes ou elemento que exercem a mesma função, no qual garante que caso um elemento do sistema entre em colapso, outro pode substituí-lo sem afetar o funcionamento do sistema como um todo. O segundo lida com a capacidade do sistema em se ajustar ou se reconfigurar de modo a manter seu desempenho aceitável quando sujeita a variações.

A proposta é pensar em um sistema descentralizado que co-exista com o sistema centralizado. O resultado dessa co-existência é um processo de hibridização, onde soluções de medidas estruturais e baseadas no ecossistema podem se misturam. A hibridização é capaz de proporcionar uma qualidade de vida da população a partir do momento que funções social, estética e paisagística são incorporadas.

Controle de entrada de água, dispositivos de infiltração, superfícies com vegetação, pavimento permeável, drenos de filtro, bacias de infiltração, lagoas de detenção, lagoas de retenção, áreas de retenção de água e wetlands construídos, são algumas das abordagens utilizadas para o “sistema maior”. Os componentes do espaço livre público tem o potencial de absorver os impactos das inundações costeiras a partir de estratégias nas margens de praias e corpos hídricos, localizadas na linha da costa. Podem exercer função de parques ou praias nutritivas, incorporando elementos do subsistema natural, dentre outros. Para a inundação terrestre, as praças, vias, canteiros, e outros, podem ser adaptados para acomodar a água e transportá-la, integrado ao sistema de drenagem.

6

Metodologia

Esta dissertação tem como objetivo discutir a partir de exemplos práticos, o potencial da utilização dos espaços livres públicos para estratégias da adaptação urbana à Mudança Climática, particularmente para o enfrentamento de situações de inundação, focado em zonas costeiras de baixa altitude. Tem como objetivo, ainda, verificar como a adaptação pode condicionar na melhoria do espaço e da qualidade de vida da população.

Para isso, algumas questões foram levantadas para guiar a investigação. Partindo de um pressuposto de que a melhor estratégia para enfrentamento da ameaça de inundação é “aceitar” a água em vez de “enfrentar”, para alcançar o objetivo proposto pela dissertação, duas questões foram levantadas:

Questões:

- (1) Como estão sendo usados hoje no mundo projetos de espaços livres públicos e quais as formas de utilizá-lo em planos de adaptação a momentos de inundação?
- (2) De que maneira as soluções podem contribuir, para além da adaptação, no bem estar humano, conciliando as funções social, paisagística e ecológica?

Considerando a revisão de literatura dessa dissertação, são destacados dois temas para auxiliar na análise dos projetos: “adaptação à inundação em zona costeira” e “espaço livre público para estratégia de adaptação”. Um dos objetivos é identificar algumas estratégias que auxiliam na construção de “cidades resilientes” a partir da redução da vulnerabilidade do sistema. Apoiado em Robin Leichenko (2011, p. 164), uma “cidade resiliente” deve atender a dois requisitos principais: (1) devem tornar-se resilientes a uma ampla gama de choques e tensões, a fim de estar preparado para as alterações climáticas; e (2) seus esforços para promover a resiliência à mudança climática devem ser somados aos esforços para promover o desenvolvimento urbano e sustentabilidade.

O primeiro tema “adaptação à inundação em zona costeira” é discutido nos capítulos 1, 2 e 3 dessa dissertação. O conhecimento sobre a origem e o risco de inundação sobre o sistema urbano no contexto de mudança climática

traz o arcabouço necessário para entender melhor o conceito de vulnerabilidade. Como foi visto, a vulnerabilidade está relacionada diretamente as características de um sistema (localização, condições do receptor e conhecimento social) suscetível a inundação. O grau de vulnerabilidade pode ser medido a partir da definição de zonas de risco de inundação. Essas zonas são estipuladas pela probabilidade de ocorrência da inundação e é geralmente descrita em termos de frequência estatística sendo estimada como uma possibilidade ao longo de um período de um ano. A mudança climática pode intensificar as chuvas, aumenta a temperatura média e o nível do mar, sendo, por isso, entendida por alguns autores como "outra tendência global de larga escala percebida como tendo impacto significativo sobre o risco de inundação"⁵².

As megacidades em zonas costeiras de baixa altitude (LECZ) são áreas expostas à inundação costeira, devido à sua localização geográfica. A inundação costeira tem uma especificidade por causa das influências diretas do mar, como ondas de tempestade. A mudança climática agrava as inundações costeiras devido à sobreposição da tempestade de onda e a elevação do nível do mar.

A partir da compreensão do tipo de inundação – terrestre e/ou costeira – que o sistema está exposto, localizado de acordo com as zonas de risco de inundação e quais os fatores de vulnerabilidade a essa ameaça do local, torna-se possível fazer um diagnóstico de vulnerabilidade. O diagnóstico auxilia na tomada de decisão sobre as formas de adaptação.

Outra especificidade da zona costeira é a degradação do seu ecossistema devido a influências externas terrestres e marítimas junto com a mudança climática. A restauração ou preservação do subsistema natural é de suma importância, pois, além de preservar a biodiversidade, ele funciona também como uma proteção natural às ameaças climáticas de influências externas marítimas promovendo de forma apropriada os serviços ecossistêmicos para a sociedade.

Entretanto, as cidades ainda precisam alcançar a resiliência sócio-ecológica que são categorizadas de três formas: (i) a quantidade de perturbações que um sistema pode absorver e ainda ser capaz de manter seu mesmo estado; (ii) o nível de capacidade que um sistema possui de se auto-organizar; e (iii) o nível que o sistema pode construir e aumentar a capacidade

⁵² JHAN, K. A.; BLOCH, R.; LAMOND, J. "Understanding Flood Hazard". In: _____. **Cities and Flooding: A Guide to Integrated Urban Flood Risk Management for the 21st Century**. Washington: Banco Mundial, 2012a. p. 54-122.

de aprendizado e adaptação (CARPENTER et al., 2001 apud FOLKE, 2006a). De acordo com Folke et al. (2002 apud 2006a), essas categorias são voltados um desenvolvimento sustentável. Para isso, a adaptação é fundamental para alcançar a resiliência através da redução da vulnerabilidade.

A adaptação foi dividida em três categorias: (i) tipo: reativa ou antecipatória e autônoma ou planejada, (ii) tecnologia: medida estrutural, não-estrutural e baseada no ecossistema e (iii) estratégia de adaptação: recuar, proteger, acomodar e atacar. Elas podem oferecer diversas abordagens de adaptação que podem ser complementares ou isoladas, refletindo de formas positivas ou negativas para o contexto local. Alguns autores acreditam que uma das melhores práticas para adaptação é a combinação dos tipos, tecnologias e estratégias, resultando em abordagens mais completas que respondem a problemas citados no decorrer deste trabalho.

O segundo tema “espaço livre público para estratégia de adaptação” está discutido no capítulo 4, que faz uma ponte entre espaço livre público sistema de drenagem e adaptação. O sistema de drenagem convencional é em sua maioria centralizado, ou seja, reúne abastecimento, saneamento e drenagem de água em um só sistema, dificultando no funcionamento apropriado de cada um deles e aumentando a possibilidade de colapso desse sistema centralizado.

O sistema de drenagem é organizado pelo “sistema menor” (tubulação e galerias subterrâneas) e pelo “sistema maior” (canais abertos, rios e riachos, estradas e lagoas de retenção/retenção, na superfície). Em momento de inundação, a água das chuvas, ondas de tempestade ou aumento do nível do mar, é interceptada por bueiros que transportam a água para o “sistema menor”. Atualmente, o “fluxo excessivo” que sobe para a superfície devido à sobrecarga do “sistema menor” não tem para onde escoar e nem se acomodar o que resulta na inundação do espaço urbano por falta de projetos eficazes do “sistema maior”. Dessa forma, a água poluída acumulada na superfície, além de colocar em risco propriedade e bens, pode transmitir doenças e afeta o bem estar e a saúde humana.

Um dos elementos do espaço urbano afetado pela inundação são os espaços livres públicos, sendo um dos receptores do acúmulo do “fluxo excessivo” na superfície. Uma das causas da inundação é o impedimento da promoção de atividades humanas na cidade proporcionadas por esses espaços, como deslocamentos, recreação, dentre outros. Entretanto, o espaço livre

público entra como uma das soluções para esse “sistema maior” por ter a capacidade de promover esses espaços na superfície onde o “fluxo excessivo” pode se acomodar abrangendo diversas abordagens de adaptação. Redundância e flexibilidade são conceitos fundamentais na incorporação de adaptação do sistema de drenagem, pois evitam a falha total do sistema.

Os espaços livres públicos podem contribuir para a melhoria da habitabilidade do ambiente urbano, pois possibilitam, na visão de Oliveira e Mascaró (2007, p. 60), “o acontecimento de práticas sociais momentos de lazer, encontros ao ar livre e manifestações de vida urbana e comunitária”. Além disso, a partir da vegetação existente ou áreas verdes, influenciam “no microclima mediante a amenização da temperatura, o aumento da umidade relativa do ar e a absorção de poluentes, além de incrementar a biodiversidade”. Logo, entende-se que esses espaços possuem também um papel fundamental para a saúde física e mental da população preservando as funções social, ecológica e paisagística, e são capazes de influenciar na qualidade da água a partir de vegetações específicas.

6.1.

Critérios de análise

Os critérios foram escolhidos de acordo com a revisão literária para entender como funciona o projeto:

(1) Aplicabilidade: o objetivo desse critério é compreender se a solução escolhida responde de forma adequada para minimizar os possíveis impactos que a área está ameaçada. Isso se deve a partir da elaboração de um diagnóstico feito pelo projeto identificando qual a zona de risco de inundação o projeto está implantado de acordo com a probabilidade de ocorrência da inundação, e a qual tipo de inundação o projeto está atendendo, se é a terrestre ou costeira. Cada um do tipo de inundação irá ter uma adaptação específica por originarem de diferentes formas, a primeira por chuvas intensas e falha no sistema de drenagem, e a segunda por ondas de tempestade e elevação do nível do mar. Esses pontos devem ser definidos pelos projetos de alguma forma.

Aplicabilidade - Diagnóstico	
Zonas de risco de inundação	
Terrestre	Costeira

(2) Complementaridade: o objetivo desse critério é identificar se a adaptação foi feita de forma complementar, ou seja, se a solução encontrada consegue mesclar tipos, tecnologias e estratégias de adaptação. Assim, consegue-se abranger diversos aspectos que podem resultar na qualidade do espaço, não se tornando uma muralha ou elemento de segregação territorial.

Os tipos de adaptação estão relacionados à resposta de atuais ou futuras ameaças, cujos projetos foram elaborados em resposta a estresses climáticos que já aconteceram (reativa) ou que estão na eminência de acontecer (antecipatória), e como podem atuar de forma isolada (autônoma) ou acompanhada (planejada) configurando ou não um plano.

As tecnologias e as estratégias de adaptação são fundamentais que sejam mescladas para poder enriquecer o projeto no sentido de promover diferentes ambientes no espaço urbano. Por exemplo, somente a utilização da medida estrutural para proteger, como, por exemplo, a construção de um dique com estrutura de concreto na linha costeira com uma grande altura, criaria uma segregação entre o subsistema natural e social. Por outro lado, se a medida estrutural é combinada com a baseada no ecossistema para proteger e acomodar, como por exemplo, um dique elevado que suporta um parque beira-mar, a solução já oferece diferentes ambientes e atividades humanas, além de promover a biodiversidade e estimular o convívio do homem com a natureza.

Complementaridade - Adaptação			
Tipo de adaptação			
Reativa	Antecipatória	Autônoma	Planejada
Tecnologia de adaptação			
Medida estrutural	Medida não-estrutural	Baseado no ecossistema	
Estratégias de adaptação			
Proteger	Acomodar	Recuar	Atacar

(3) Conectividade: o objetivo desse critério é destacar que a conexão que pode ser trazida a partir da utilização de diversos componentes do espaço livre público para adaptação aumenta a chance de configurar um sistema de

espaço livre público em rede. Vias, passeio, canteiro, parque, praça, margens e corpos hídricos podem ser readaptados ou criados a partir da solução escolhida tendo o potencial de configurar um sistema de espaço livre público.

Como foi visto pela revisão de literatura, esse sistema pode conciliar e justapor outros sistemas tecendo relações de conectividade e complementaridade com a preservação, a conservação e a requalificação ambientais, a circulação e a drenagem urbanas, as atividades de lazer, o imaginário, a memória e o convívio social públicos.

As áreas verdes agregam inúmeros benefícios para a cidade, como efeito paisagístico, intercalando com a massa construída e criando respiros urbanos, melhora o micro-clima urbano e oferece áreas de sombra para a população. A característica de impermeabilização é voltada para absorver as águas de chuvas, além de oferecerem áreas mais naturais, como os alagados construídos. Preservar/restaurar ou promover o subsistema natural e áreas verdes é de suma importância, pois ele oferece diversas funções, como: promover a biodiversidade e serviços ecossistêmicos; tratamento natural da água por vegetação; e age como um protetor natural às ameaças climáticas de influências externas marítimas.

Conectividade - Adaptação por ELP					
Componentes do ELP					
Vias	Passeio	Canteiro	Parque	Praça	Margens e corpos hídricos
Áreas verdes					
Vegetação			Permeabilidade		
Funções					
Ecológica		Paisagística		Social	

(4) Hibridização: o objetivo desse critério é reconhecer quais as ações que o projeto aplicou sobre a infraestrutura de saneamento, buscando melhorar seu desempenho e evitar a transmissão de doenças caso a água transborde ou que o sistema em si entre em colapso.

Para isso, não é só a implementação de um parque ou praça, etc, que resolverá os problemas. Um aspecto é a descentralização do sistema, onde a drenagem, saneamento e abastecimento não estão concentrados em um único sistema (centralizado). Outro é identificar se o projeto implementou tubulações

subterrâneas (“sistema menor”) e áreas para retenção das águas (espaço livre público – “sistema maior”).

Estratégias para o sistema de águas trabalham com a redundância que é aumentada através da introdução de vários elementos para fornecimento de funções semelhantes, a fim de minimizar a propagação de falha através do sistema ou para permitir que operações sejam desviadas para partes alternativas do sistema durante condições de carga excepcionais. Incorporam também a flexibilidade que pode ser alcançada, por exemplo, através do uso de elementos distribuídos (descentralizados) ou modulares, distribuição de tanques de armazenamento, sistemas de captação de água da chuva e uso projetado de espaços multifuncionais urbanos, tais como parques de estacionamento, parques infantis ou estradas.

Hibridização - Adaptação Infraestrutura		
Sistema centralizado e descentralizado		
Drenagem	Saneamento	Abastecimento
Sistemas de drenagem		
Menor	Maior	
Estratégias para o sistema de águas		
Redundância	Flexibilidade	

(5) Abrangência: o objetivo desse critério é identificar a eficácia da adaptação de acordo com a sua abrangência ao conseguir contemplar mais de um fator da vulnerabilidade. Isso se torna possível a partir da avaliação dos critérios anteriores e da revisão literária.

A intenção é identificar como foi feita a redução da exposição e sensibilidade, e a ampliação da capacidade adaptativa. Como o projeto contemplou essa preocupação para a redução da vulnerabilidade na solução aplicada.

Abrangência - Redução da Vulnerabilidade		
Componentes da Vulnerabilidade		
Exposição	Sensibilidade	Capacidade Adaptativa

(6) Abordagens: o objetivo desse critério é destacar quais foram as abordagens mais utilizadas nas soluções para entender os benefícios que cada uma pode trazer individualmente e coletivamente.

Abordagens				

O conjunto desses critérios auxilia para no final fazer uma comparação entre as soluções e tirar conclusões sobre as ações prioritárias de cada cidade. Identificar como cada cidade lidou com cada um dos critérios definidos é importante para entender como a inundação e seus riscos sobre o sistema podem ser reduzidos.

O diagnóstico das zonas de risco e o tipo de inundação que a área está ameaça é fundamental para verificar sua aplicabilidade nas soluções, se elas estão respondendo de forma coerente para no final minimizar a vulnerabilidade.

Os diversos aspectos da adaptação podem incorporar a complementaridade para conseguir garantir a segurança da população e do ambiente construído.

Incorporar os espaços livres públicos nas estratégias traz uma oportunidade de conectividade para a configuração de uma rede tanto para a integração dos serviços da cidade e aos cidadãos como para a biodiversidade através de áreas verdes.

O sistema de drenagem pode funcionar de uma maneira mais técnica, a partir descentralização do sistema de águas, incorporação de sistemas menor e maior, e redundância e flexibilidade, onde a hibridização, ou seja, a integração desses aspectos no sistema existente é um passo importante para evitar seu colapso em momentos de chuvas intensas, ondas de tempestade e elevação do nível do mar.

Para finalizar, um balanço geral pode ser feito para entender os pontos positivos e negativos de cada projeto.

6.2.

Seleção dos projetos

A seleção dos projetos a serem analisados foi feita dentre aqueles realizados em cidades comprometidas com o objetivo da “Adaptação à Mudança Climática”. Essas cidades foram identificadas nas principais redes internacionais

de compartilhamento de boas práticas de adaptação: CDC, C40⁵³ e Resilient Cities⁵⁴.

A “Connecting Delta Cities” (CDC) é uma das organizações preocupadas com o tema e interessada em promover a troca de experiências e práticas entre cidades costeiras. CDC foi fundada em 2008, quando principais cidades do mundo se reuniram em Tóquio para um workshop de C40 na “Adaptação à Mudança Climática” em 2007. Em resposta a um apelo à necessidade de ações expostas em Tóquio, Rotterdam tomou a iniciativa de formar e liderar esta rede, porque - tendo acabado de começar um ambicioso programa “Rotterdam Climate Proof”⁵⁵ – a cidade viu grandes oportunidades na partilha de experiências com outras cidades delta⁵⁶ que enfrentam semelhantes desafios relacionados à mudança climática. Rotterdam procurou parceiros em cidades costeiras que mostraram liderança na adaptação à mudança climática e gestão da água, a fim de trocar conhecimento e compartilhar as melhores práticas que podem apoiar cidades em desenvolvimento e implementação de suas estratégias de adaptação.

Depois de duas publicações de livros nos anos 2008 e 2010 foi lançado o terceiro livro em 2013, “Resilient Cities and Climate Change Adaptation Strategies”, apresentando estratégias de adaptação climática das cidades membros, destacadas como líderes urbanos, especialistas e profissionais cujas colaborações têm sido tão essencial no avanço da ação urbana.

CDC é uma subrede do “Cities Climate Leadership” Grupo C40, uma rede de megacidades do mundo comprometidas a combater à mudança

⁵³ O C40, Grupo de Liderança Climática, é uma rede de megacidades do mundo a tomar medidas para reduzir as emissões de gases de efeito estufa. Com um único conjunto de ativos, o C40 trabalha com cidades participantes para enfrentar os riscos climáticos e impactos locais e globais. Cada cidade do C40 é única em sua infraestrutura e progresso no combate às alterações climáticas. C40 trabalha para capacitar as cidades para se conectar uns com os outros e compartilhar conhecimentos técnicos sobre as melhores práticas.

⁵⁴ Pioneira pela Fundação Rockefeller (100RC), se dedica a ajudar as cidades ao redor do mundo se tornar mais resistente aos desafios físicos, sociais e econômicos que são uma parte cada vez maior do século 21. 100RC apóia a adoção e incorporação de uma visão de resiliência, que inclui não apenas os choques - terremotos, incêndios, inundações, etc -, mas também as tensões que enfraquecem o tecido de uma cidade em um dia-a-dia ou ciclicamente.

⁵⁵ “É uma parceria entre a cidade de Rotterdam, o Porto de Rotterdam, DCMR Agência de Proteção Ambiental Rijnmond e Deltalinqs, com o objetivo de reduzir as emissões de CO2 em 50% e construir uma cidade à prova do clima.”

ROTTERDAM CLIMATE INITIATIVE. Disponível em: <<http://www.rotterdamclimateinitiative.nl/en/about-us>>. Acesso em: ago. 2015.

⁵⁶ Cidade Delta é definida como cidades situadas onde rios se encontram com corpos de água maiores. Cidades delta devem proteger as populações urbanas e infraestrutura de impactos potencialmente devastadores da mudança climática e eventos extremos, como tempestade de ondas, inundações e elevação do nível do mar. CONNECTING DELTA CITIES (CDC). Resilient Cities and Climate Change Adaptation Strategies. VU University Press: Rotterdam, 2013.

climática. Atualmente, o total de cidades (figura 10) que fazem parte da organização CDC são 10 (laranja), entretanto, outras 9 cidades são membros em potencial (amarelo). O envolvimento da CDC em cada cidade depende de como as cidades individualmente se organizam no desenvolvimento de seus planos de adaptação. Mas de modo geral, cada cidade já tem ou está a desenvolver um conjunto de institutos e especialistas (política, científica, empresarial) que podem auxiliar no desenvolvimento de tais planos de adaptação. A maioria dessas cidades participam de outras organizações como o C40 e “Resilient Cities”.

Figura 10 – Atuais e potenciais cidades do “Connecting Delta Cities”



Fonte: Connecting Delta Cities (CDC). Resilient Cities and Climate Change Adaptation Strategies. VU University Press: Rotterdam, 2013, p.24

O objetivo da organização CDC é desenvolver uma rede de cidades delta ativas no domínio da mudança climática relacionadas com o desenvolvimento do território, a gestão da água, e adaptação, a fim de trocar conhecimentos sobre adaptação à mudança climática e compartilhar as melhores práticas que podem apoiar cidades em desenvolvimento de suas estratégias de adaptação.

A primeira filtragem para escolha das cidades foi elas estarem presentes nas três principais redes internacionais de compartilhamento de boas práticas. A organização CDC consegue reunir dez cidades que fazem parte das outras duas organizações. Assim, foram identificadas dez cidades: Londres, Nova Orleans, Nova Iorque, Rotterdam, Ho Chi Minh, Jakarta, Melbourne, Tokyo, Hong Kong e Copenhagen.

Entretanto, nem todas as cidades são zonas costeiras de baixa altitude (LECZ), como Tokyo, Hong Kong e Copenhagen. Como o recorte desse trabalho é voltado para a vulnerabilidade costeira, a condição de LECZ é um importante

fator, pois aumenta seu grau de exposição. Logo, essas três cidades não serão incluídas na pesquisa, focando assim em Londres, Nova Orleans, Nova Iorque, Rotterdam, Ho Chi Minh, Jakarta e Melbourne. O Rio de Janeiro no momento é um membro em potencial da organização, mas como ele ainda não é oficialmente um, ele ficou de fora da pesquisa.

Os projetos selecionados foram diversificados com relação à escala com objetivo de tentar abranger a pesquisa de diferentes formas para demonstrar como os componentes do espaço livre público podem ser utilizados na redução da vulnerabilidade. As diferentes escalas não alteram a metodologia de análise.

7

Projetos de Espaços Livres Públicos de Adaptação para Mudança Climática

7.1.

Londres

Nome do projeto: London's 2012 Olympic Games

Localização: Queen Elizabeth Olympic Park, Londres, UK

Autoria: LDA Design e Hargreaves Associates

Cliente: Olympic Delivery Authority

Status: Concluído

Tamanho: 2.5 km²

Custo: \$ 590 milhões

Análise do projeto:

O projeto do Parque Olímpico de 2012 foi pensado não só para os jogos, mas também como um legado para a cidade. Por isso, o parque tem a proposta de atender a cidade de outras maneiras, mas principalmente houve uma intenção para a adaptação à mudança climática através de estratégias de proteção equivalente a previsão de inundação da área na probabilidade de 1 em cada 100 anos. Entretanto, os documentos analisados não apontaram algum tipo de diagnóstico referente à zona de risco de inundação que a área se encontra.

O documento do masterplan do projeto apontou que a área para o Parque Olímpico apresentou uma série de desafios ambientais devido a sua localização - o local é cortado pelo Rio Lea e uma rede de rios menores (conhecidos coletivamente como o Bow e Great Ouse Rivers), muitos com má qualidade da água e baixos padrões de proteção contra inundações.

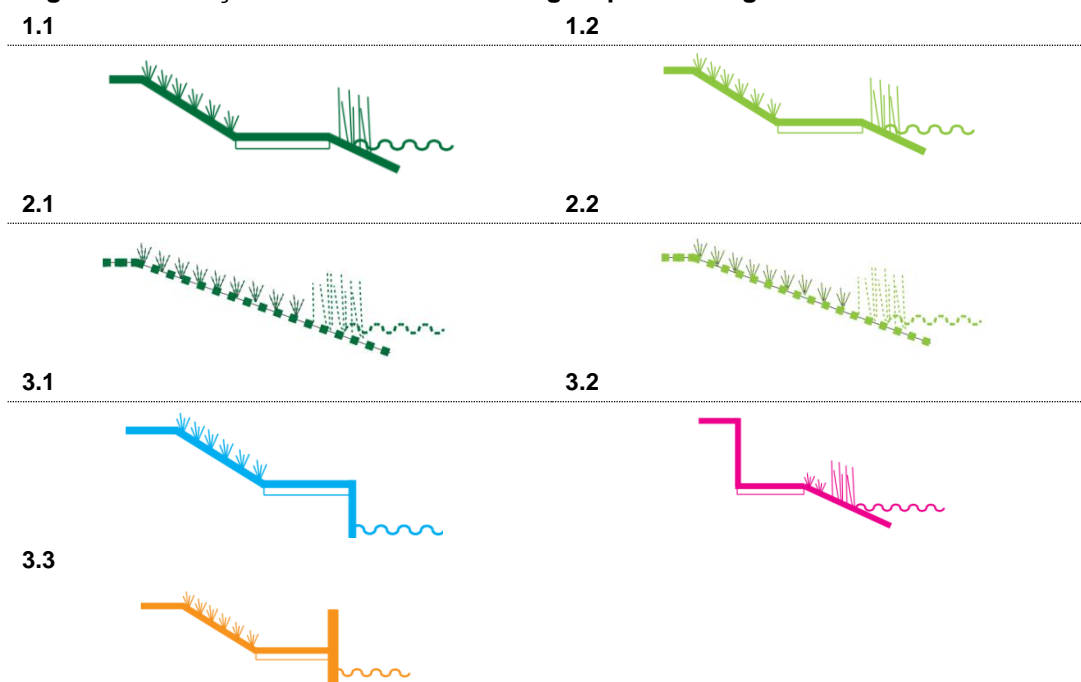
O projeto agiu de forma reativa a eventos recorrentes devido a registros de inundação que ocorrem durante 150 anos. A maior destas inundações ocorreu em 1947. A inundação afetou quase todos os principais rios do sul da Inglaterra. Isto foi causado pelo degelo seguido por precipitação. Na sequência das inundações 1947, foram introduzidas medidas de redução de inundação

para evitar um evento de repetição e estruturas de defesa foram postas em prática no Lower Lea.

O Projeto do parque Olímpico é uma adaptação planejada, pois foi elaborado a partir de uma política que abrangem fatores sociais e ecológicos, apostando em uma mudança de atuação sobre os riscos expostos. Toma-se como premissa a vontade de manter ou alcançar um estado desejado. Os responsáveis tomaram então a decisão de criar um parque nas margens do Rio Lea.

As defesas contra inundações no Parque foram projetadas para manter um nível de proteção equivalente a 1 em cada 100 anos, com uma previsão para a mudança climática. O gerenciamento de risco de inundação foi usado para inspirar o design da orla do Parque. Defesas contra inundações definiram espaços para que os rios possam inundar, criar habitat úmido, melhorar a acessibilidade à água e permitir o acesso futuro fácil e manutenção.

Essas defesas na margem do Rio Lea (figura 11) foram projetadas a partir de três categorias: (1) medida baseado no ecossistema com acesso ao público; (2) medida baseado no ecossistema; e (3) medida estrutural utilizando paredes permanentes com 2,5m de altura com acesso ao público. As três adotaram a estratégia de proteger (impedir em alguns pontos que a água entre o sistema) e acomodar (reserva áreas para a acomodação da água). A estratégia de atacar foi incorporada no momento que se criou uma “ilha” de alagado construído dentro do Rio Lea.

Figura 11 – Secções de diferentes estratégias para a margem do Rio Lea

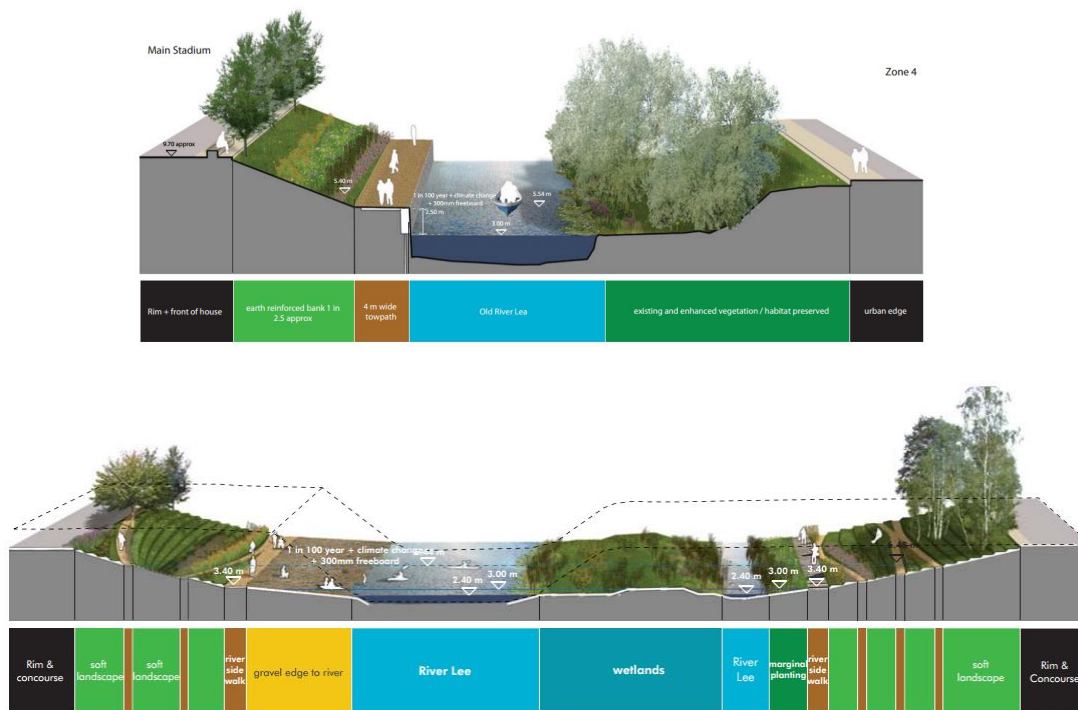
Fonte: Olympic Delivery Authority. **Olympic Park Waterspace Masterplan**, 2008

O parque possui áreas verdes voltadas para criar áreas sombreadas e áreas para retenção e infiltração de água da chuva. O projeto oferece áreas de lazer, áreas de encontros e convívio social, atividades físicas, áreas reservadas para o subsistema natural promovendo a biodiversidade. Um ponto importante é que o projeto procura mantê-la acessibilidade criada ao Rio Lea para o humano interagir com a natureza.

Um novo bloqueio corrente foi construído para permitir a entrada de barcos no Parque para regular os níveis de água nos rios e impedir a entrada da maré. As obras de drenagem e aprimoramento das margens revitalizaram as vias aquáticas do Parque Olímpico permitindo que ambas as barcas de transporte de mercadorias comerciais e barcos de lazer possam aproveitar a água no leste de Londres.

O sistema de drenagem é feito diretamente para o Rio Lea, onde a água é tratada de forma natural, a partir de vegetação específica plantada nas margens do rio. Algumas áreas marginais foram reservadas para acomodar a água de acordo com o aumento do nível da água. Essas são estratégias (figura 12) para a drenagem do “fluxo excessivo” na região. Os diferentes níveis e usos das margens do rio promovem funções de lazer, convívio e interação de pessoas com a natureza.

Figura 12 – Secções de diferentes níveis e usos na margem do Rio Lea



Fonte: Olympic Delivery Authority. **Olympic Park Waterspace Masterplan**, 2008

Mais de 30.000 toneladas de lodo, cascalho e lixo foram dragados dos rios e reciclados ou reutilizados em obras de construção. Mais de 5km de margens de rios foram substituídos ou melhorados para gerenciar riscos de inundação. Assim, a limpeza anterior ao projeto e a implantação de alagados construídos auxiliam no tratamento da água.

Para o abastecimento e saneamento de água, The Olympic Delivery Authority's (ODA) Sustainable teve como objetivo reduzir o uso de água potável em 40 por cento através da criação de espaços eficientes de água, de seca resiliente planos de plantação e utilização de águas pluviais e esgoto tratado sempre que possível, como alternativas aos tratada (potável) de água. O efeito combinado destas medidas de poupança de água alcançou uma redução de 58 por cento contra uma abordagem usual de negócios. Para alcançar esse objetivo, a construção da sede 'Old Ford' para reciclagem de águas residuais foi fundamental.

A redundância e flexibilidade foram aplicadas devido ao planejamento de várias alternativas para drenar a água. Essas alternativas são observadas pelas diferentes abordagens implementadas. Para adaptação foi utilizado às margens do Rio Lea na concepção de um parque. Algumas abordagens de adaptação foram implementadas, como paredes de concreto para evitar e a

água suba, alagados construídos para melhorar a qualidade de água e promover a biodiversidade e áreas de retenção da água localizada em diferentes níveis para cenários de inundação variados.

O projeto consegue reduzir a exposição e sensibilidade do sistema por causa das estratégias de proteger e atacar, e acomodar, respectivamente. As diversas atuações sobre a margem do Rio Lea, áreas para acomodar da água, adaptação e criação de sedes para reciclagem e abastecimento de água são capazes de reduzir a exposição e a sensibilidade do sistema. Entretanto, nenhuma ação foi tomada para educar e informar a população sobre os riscos e, com isso, ampliar a capacidade adaptativa.

Quadro sistemático de análise dos projetos

Aplicabilidade - Diagnóstico					
Zonas de risco de inundação					
-					
Terrestre			Costeira		
X			X		
Complementaridade - Adaptação					
Tipo de adaptação					
Reativa	Antecipatória		Autônoma		Planejada
X	-		-		X
Tecnologia de adaptação					
Medida estrutural		Medida não-estrutural		Baseado no ecossistema	
X		-		X	
Estratégias de adaptação					
Proteger	Acomodar		Recuar		Atacar
X	X		-		X
Diversidade - Adaptação por ELP					
Componentes do ELP					
Vias	Passeio	Canteiro	Parque	Praça	Margens e corpos hídricos
-	-	-	X	-	X
Áreas verdes					
Vegetação			Permeabilidade		
X			X		
Funções					
Ecológica		Paisagística		Social	
X		X		X	
Hibridização - Adaptação Infraestrutura					
Sistema centralizado e descentralizado					
Drenagem		Saneamento		Abastecimento	
X		X		X	

Sistemas de drenagem				
Menor		Maior		
-		X		
Estratégias para o sistema de águas				
Redundância		Flexibilidade		
X		X		
Abrangência - Redução da Vulnerabilidade				
Componentes da Vulnerabilidade				
Exposição		Sensibilidade		Capacidade Adaptativa
X		X		-
Abordagens				
Parque beira-mar	Praia nutritiva	Paredes	Alagado construído	Áreas para retenção da água

7.2.

Nova Orleans

Nome do projeto: The Mirabeau Water Garden

Localização: Gentilly, New Orleans, Louisiana

Autoria: Waggonner & Ball Architects

Cliente: Governo de Nova Orleans

Status: não executado

Tamanho: 1,01 km²

Custo: \$ 19,041,818

Análise do projeto:

O projeto Mirabeau Water Garden faz parte de um novo plano para Nova Orleans chamado “The Greater New Orleans Urban Water Plan”⁵⁷, em resposta à devastação causada pelo Furacão Katrina em 2005. O plano integra o planejamento de infraestrutura e desenho urbano em três bacias hidrográficas. São separados sete padrões urbanos básicos, cada um oferecendo oportunidades distintas para abordar as questões da água, e para melhorar a conectividade e as identidades dos bairros. Cada padrão urbano está associado a uma sub-bacia hidrológica particular.

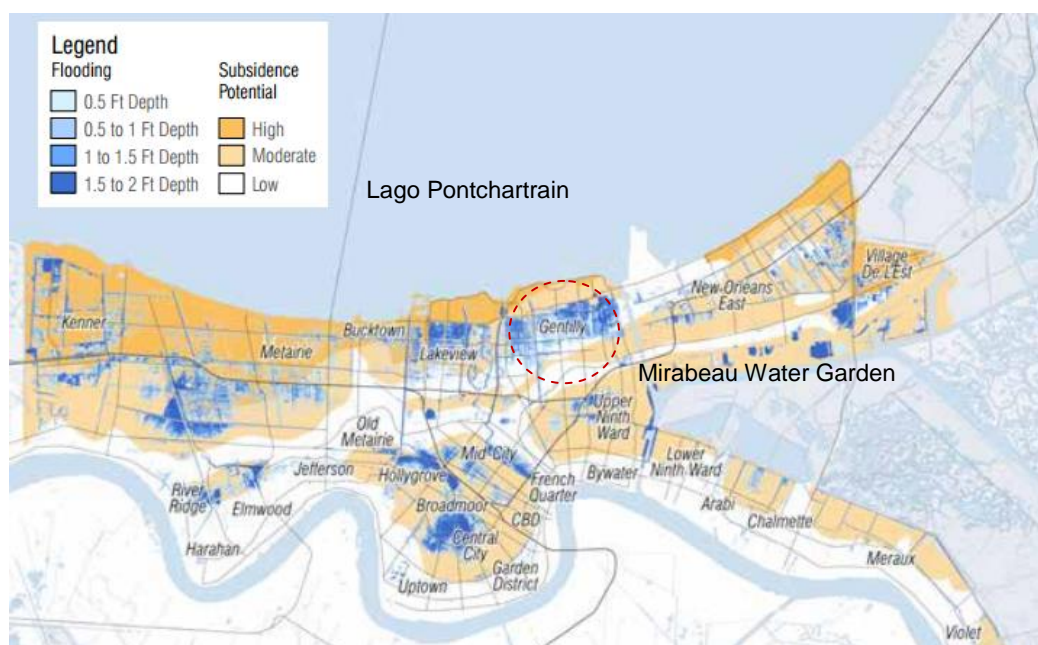
⁵⁷ The Greater New Orleans Urban Water Plan é o novo Plano Diretor de Nova Orleans, elaborado em 2013, como resposta ao furacão Katrina (2005).

Na escala ampliada do plano, o sistema de drenagem existente é centralizado, onde toda a água vai para os canais e desemboca para o Lago Pontchartrain. A proposta é descentralizar esse sistema, dividindo em duas sub-bacias. Propõem-se um novo modelo de investimento para obras públicas, em ruas, canais, estações de bombeamento, e bacias de águas pluviais de retenção, que aumentam os espaços livres públicos dando vitalidade para a região, e gera oportunidades de crescimento econômico e desenvolvimento.

O plano foi dividido em seis projetos iniciais para começar na esfera de obras públicas. Para análise, foi escolhido um desses projetos, o Mirabeau Water Garden. A área possui 25 hectares de terra inutilizados atualmente no bairro de Filmore.

Antes da elaboração do projeto, foi elaborado um diagnóstico utilizando um modelo de 10 anos de inundação e subsidência (figura 13), destacando as áreas mais problemáticas, inclusive o Mirabeau Water Garden. Estas são áreas de alto risco com elevado potencial de subsidência da terra e inundações. A partir do mapa percebe-se que o Mirabeau Water Garden está localizado em uma área baixa de até 70cm de profundidade com baixo risco de subsidência da terra.

Figura 13 – Área no estado atual (esquerda) e proposta (direita)



Fonte: GREATER NEW ORLEANS (GNO). **Urban Water Plan**: Implementation, 2013

A figura 14 abaixo mostra a área no seu estado atual e sua transformação devido ao projeto.

Figura 14 – Área no estado atual (esquerda) e proposta (direta)



Fonte: GREATER NEW ORLEANS (GNO). **Urban Water Plan**: Implementation, 2013

A proposta visa desacelerar e armazenar águas pluviais para não sobrecarregar a tubulação da Avenida Mirabeau através da implementação de medida estrutural e baseada no ecossistema. A primeira utiliza uma grande caixa aberta revestida de concreto com profundidade de aproximadamente 1,50m. A segunda incorpora sistema de terraços de wetland, jardins de chuva, bioswales e uma área florestal aquática para fornecer diversos habitats para a fauna e a flora. A medida não-estrutural também é planejada a partir da promoção de educação ambiental, campos de atletismo para apoiar a comunidade, uma instituição educacional.

O partido para desacelerar e armazenar as águas pluviais foi criar uma sequência de níveis e funções que pudessem organizar a forma aonde a água irá se acomodar e aonde ela será filtrada por vegetação específica e infiltrada no solo arenoso. A sequência de filtração (figura 15) culmina em uma piscina de água doce. A sequência de filtração é possível através de instalações para bombear a água de uma plataforma para outra. Cada plataforma possui uma função específica, da esquerda para direita, a primeira recebe a inundação terrestre; as próximas três fazem a filtração, até a água limpa chegar à piscina que é de acesso público.

A piscina faz o último passo do ciclo de limpeza, pode-se acoplar diretamente a água que foi armazenada e novamente utilizável, em vez de drenado no Lago Pontchartrain. Quando a piscina enche, a água vai cair em um salgueiro e cipreste bosque. Inspirado pelos chinampas do México, camas de salgueiros alternam com vias navegáveis, proporcionando espaço para recreação na água como caiaque ou standup paddle. O bosque de salgueiros coleta a água da borda sul do site antes de transbordar para a lavagem da floresta. A metade sul do site e seus campos de atletismo são projetados para

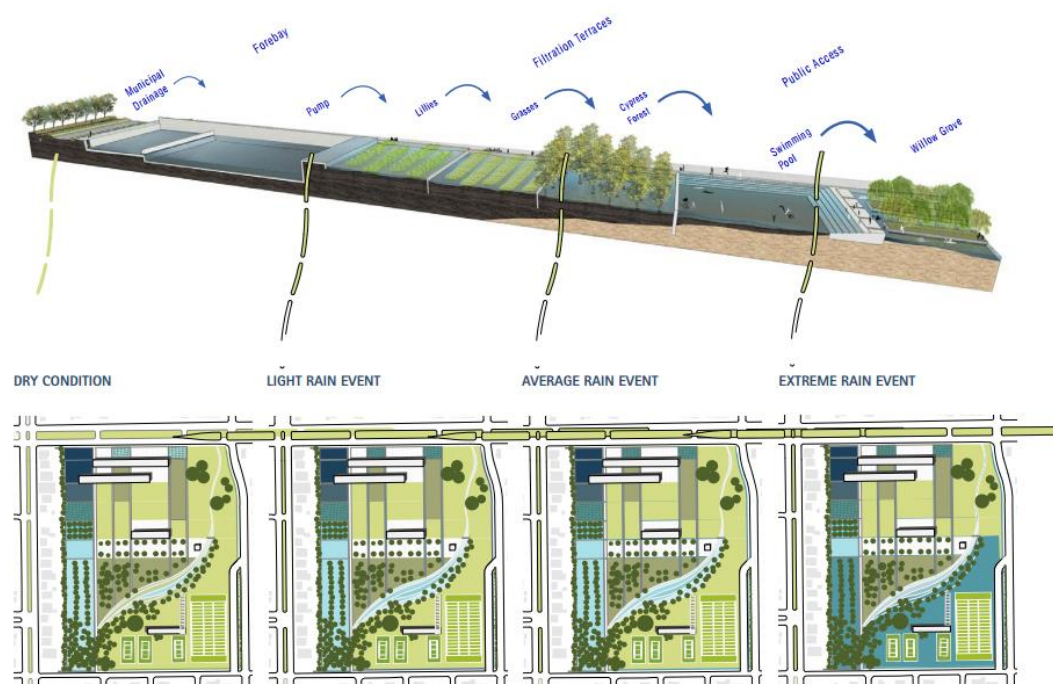
funcionar como reservatórios de detenção em caso de precipitação extrema. Dessa forma, a estratégia utilizada é somente a de acomodar.

O projeto consegue conciliar a função: social, através de campos de atletismo, instituição educacional, promoção de educação ambiental, áreas de lazer e recreação como a piscina e o bosque; paisagística por manter e plantar árvores criando áreas de sombreamento e melhorando o micro-clima; e ecológica, por causa da floresta e dos alagados construídos, que promovem a biodiversidade.

Seu sistema de águas concilia a drenagem e o saneamento, tratando a água para o seu reuso em atividades de lazer. Qualquer excesso de água que a área não pode ser gerenciada com segurança, a água é transportada para a direita inferior do terreno, a parte da floresta, em seguida a água re-entra no sistema de drenagem subterrânea do local.

Não foi identificada uma redundância no projeto, caso esse sistema entre em colapso, todo o sistema pode para de funcionar. Entretanto, ele flexível, pois possui áreas para acomodação da água.

Figura 15 – Sequência de filtração da água



Fonte: GREATER NEW ORLEANS (GNO). **Urban Water Plan**: Urdan Design, 2013

Por adaptar o sistema de drenagem para desacelerar e armazenar as águas pluviais, a solução consegue reduzir um aspecto da vulnerabilidade, a sensibilidade. Mas como ele busca implementar a tecnologia não-estrutural

através da promoção de educação ambiental, campos de atletismo para apoiar a comunidade, uma instituição educacional, o projeto consegue ampliar a capacidade adaptativa.

Para tornar possível desacelerar e armazenar as águas pluviais foi fundamental a integração das seguintes abordagens: paredes estruturais, alagado construído, áreas para retenção da água, gestão de águas pluviais para o processo de filtragem, superfícies permeáveis e integrar caminhos de fluxo em projeto da paisagem.

Quadro sistemático de análise dos projetos

Aplicabilidade - Tipo de Riso de Inundação					
Terrestre			Costeira		
X			-		
Diagnóstico					
X					
Complementaridade - Adaptação					
Tipo de adaptação					
Reativa	Antecipatória		Autônoma		Planejada
X	-		-		X
Tecnologia de adaptação					
Medida estrutural		Medida não-estrutural		Baseado no ecossistema	
X		X		X	
Estratégias de adaptação					
Proteger	Acomodar		Recuar		Atacar
-	X		-		-
Conectividade - Adaptação por ELP					
Componentes do ELP					
Vias	Passeio	Canteiro	Parque	Praça	Margens e corpos hídricos
-	-	-	-	X	-
Áreas verdes					
Vegetação			Permeabilidade		
X			X		
Funções					
Ecológica		Paisagística		Social	
X		X		X	
Hibridização - Adaptação Infraestrutura					
Sistema centralizado e descentralizado					
Drenagem		Saneamento		Abastecimento	
X		X		-	
Sistemas de drenagem					
Menor			Maior		

X		X		
Estratégias para o sistema de águas				
Redundância		Flexibilidade		
-		X		
Abrangência - Redução da Vulnerabilidade				
Componentes da Vulnerabilidade				
Exposição		Sensibilidade		Capacidade Adaptativa
-		X		X
Abordagens				
Paredes	Alagado construído	Áreas para retenção da água	Gestão de águas pluviais	Superfícies permeáveis
Integrar caminhos de fluxo em projeto da paisagem		-	-	-

7.3.

Nova Iorque

Nome do projeto: Plano “Big U” – Two Brigdes: Chinatown (C2)

Localização: Manhattan, NY

Autoria: Team BIG com One Architecture, Starr Whitehouse, James Lima Planning + Development, Project Projects, Green Shield Ecology, AEA Consulting, Level Agency for Infrastructure, Arcadis, and the Parsons School of Constructed Environments

Cliente: Governo de NY

Status: não executado

Tamanho: 1 km²

Custo: \$ 335 milhões

Descrição do projeto:

O “Big U” é um sistema de proteção em torno de Manhattan, orientada para proteger 16km de costa. O sistema proposto não só protege a cidade contra inundações costeiras e terrestres; mas ele pretende fornecer também benefícios sociais e ambientais para a comunidade, além de melhorar e criação de espaço público. O projeto foi criado em resposta ao desastre proporcionado pelo Furacão Sandy em 2013. Dessa forma, o projeto foi concebido de maneira reativa a uma ameaça que pode vir a acontecer novamente.

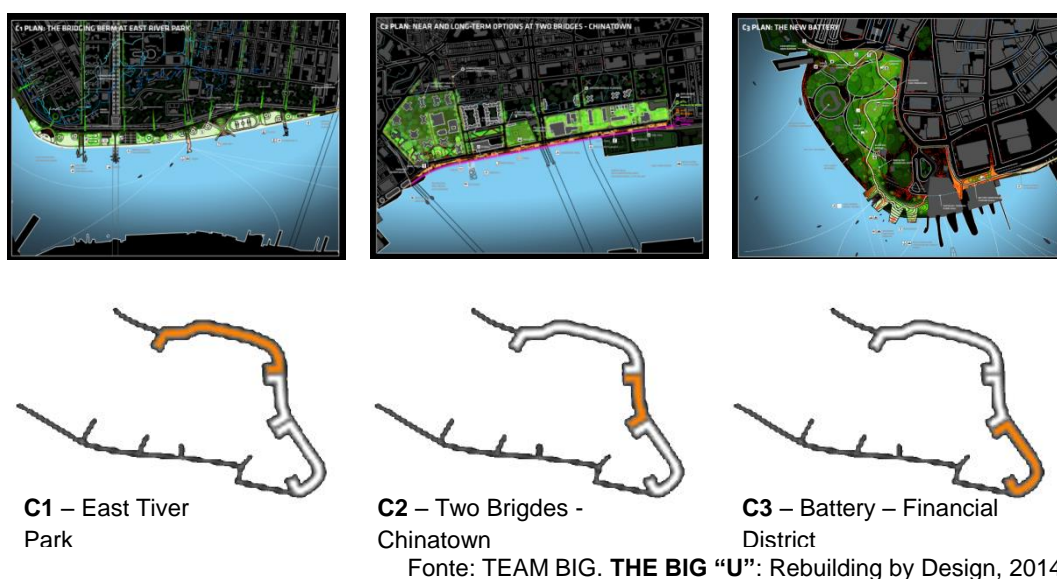
A concepção do projeto foi dividida em dois “rounds” com trabalho conjunto entre o Team BIG e a população, com objetivo de cultivar compreensão e gerando entusiasmo sobre as possibilidades de proteção contra inundações e infraestrutura cívica nas áreas do projeto.

No Round I, a equipe usou modelos interativos para demonstrar as potenciais opções de proteção de inundação e gerar discussão entre os participantes do workshop. Todos participaram na concepção de suas próprias frentes de água, elaborando esquemas de proteção integrados e opções do tipo de programa. A equipe aceitou as sugestões dos participantes e foi usado para refinar opções de design que foram apresentados e discutidos no Round II.

Para a absorção dos impactos das inundações costeiras, a proposta consiste na criação de planos separados, mas coordenados para três regiões contínuas da frente costeira de Manhattan, denominados compartimentos (figura 16). Cada compartimento compreende uma proteção contra inundação fisicamente separada e isolada por zonas de inundação, entretanto, cada um é integrado por um planejamento social.

Os compartimentos trabalham em conjunto para proteger e melhorar a cidade, mas a proposta de cada compartimento é projetada para ficar em sua própria região. Cada compartimento foi concebido a partir de diversas consultas com as comunidades associadas e muitas partes interessadas locais, municipais, estaduais e federais; cada um tem uma relação de maior custo-benefício do que um; e cada um é flexível, facilmente viável, e pode ser integrado com os desenvolvimentos em curso ao longo da orla da cidade.

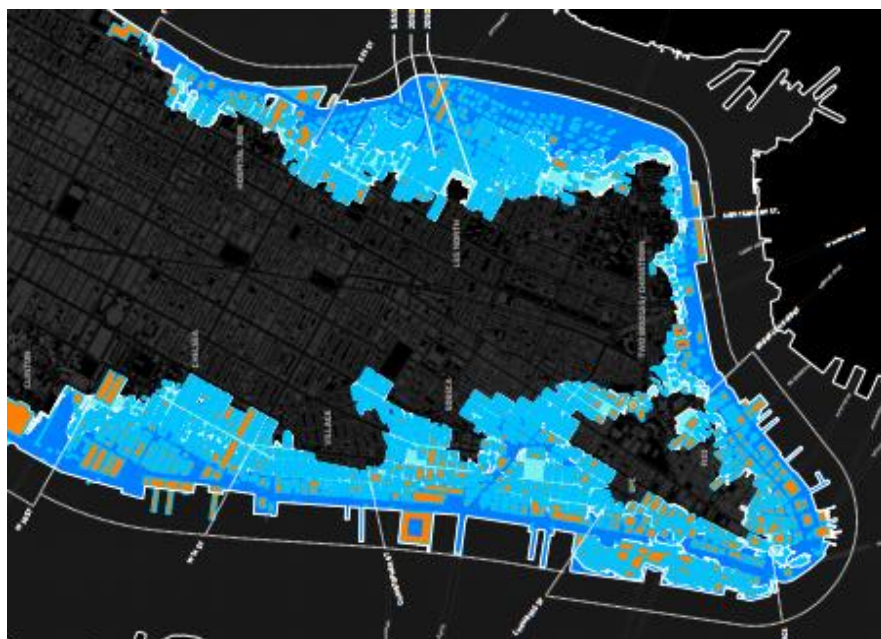
Figura 16 – Três compartimento trabalhados pelo projeto de NY



Tanto o C1 como o C3 utilizam a estratégia de proteção a partir de um parque; já o C2, utiliza-se de edificações, barreiras e parque para absorção dos impactos das inundações costeiras, incluindo a forte presença do viaduto FDR Drive. Além de agregarem um plano interno no bairro que implementa estratégias de adaptação em praças, jardins de chuva, dentre outros, para absorção das inundações terrestre. Por causa do mix de estratégia de adaptação através dos componentes do espaço livre público e abrangência do projeto em cobrir as inundações costeira e terrestre, foi escolhido o C2 para ser feita a análise.

Foi elaborado um diagnóstico referente a futuros riscos de inundação costeira e aumento do nível do mar. Destaca que 200.000 residentes, 21.000 comerciantes, Centro Econômico do Distrito Nacional, 52.7 milhões de visitantes anuais, 29.500 unidades habitacionais de baixa renda, dentre outros, estão expostos às essas ameaças. O mapa (figura 17) é feito a partir de dois tons de azul, o mais escuro são para as tempestades de 1 em cada 100 anos; já o tom mais claro são as de 1 em cada 500 anos. O C2 possui 75 acres na zona de risco de 1 em cada 100 anos, e 95 acres na zona de risco de 1 em cada 500 anos.

Figura 17 – Corte do sistema de banco e da parede



Fonte: TEAM BIG. **THE BIG “U”**: Rebuilding by Design, 2014

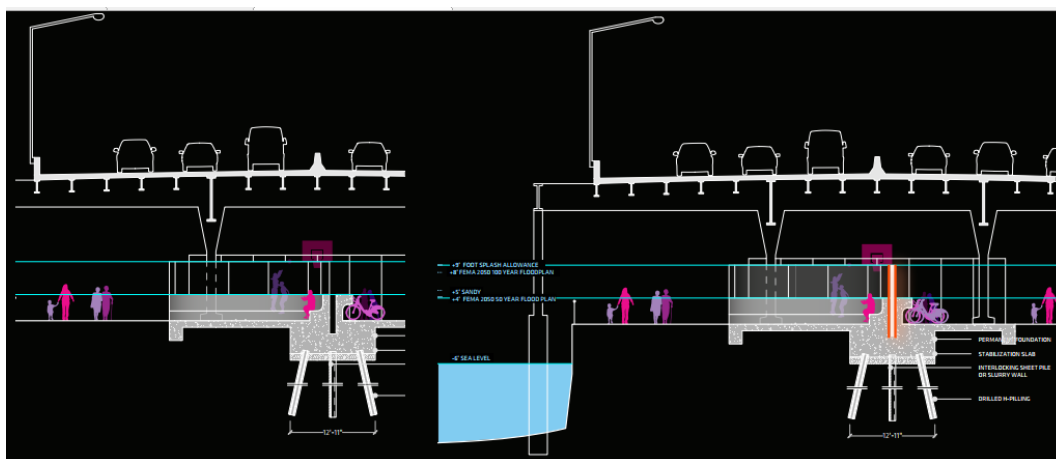
O C2 mesmo pensado de forma separada está presente dentro de um plano com outros compartimentos, onde foi concebido de maneira integrada com as necessidades do local (a partir de um processo participativo) e se integra a outras ações de adaptação que ocorrem ao redor definindo uma adaptação planejada. No processo participativo, Em Two Bridges (localização do C2), enquanto o esquema de proteção perfeita provou elusivo, houve um interesse quase universal em um processo da comunidade de profundidade mais prolongada e que se concentram na elaboração de uma proteção que dê visibilidade, conexão com a água, segurança, segurança, e programas acessíveis para a comunidade.

A concepção do C2 foi a partir de quatro estratégias que considera a falta de espaço livre na área: (1) um sistema de bancos com comprimento de 127km, com atividades de punho de lazer e social; (2) portões programados para fechar durante tempestades; (3) planejamento abrangente para pisos térreos e subsolos em edifícios na zona de inundação; e (4) vias com áreas verdes proporcionando permeabilidade na superfície e nas laterais.

Cada um dessas abordagens faz parte de uma tecnologia de adaptação. O sistema de bancos, portões programados e planejamento dos pisos térreo são medidas estruturais. Os bancos configuram uma estratégia mais rígida por serem fixos, já os portões são flexíveis, pois eles são abertos ou fechados de acordo com possíveis ameaças. Já as vias com áreas verdes é uma medida baseada no ecossistema.

O sistema de banco é construído de concreto, imitando uma parede (figura 18) para conter a inundação costeira e o aumento do nível do mar. O banco configura espaços de estar e lazer para população. Ocorrem quebras na linearidade do banco nas interseções de ruas adjacentes e em outros pontos para conectar o bairro ao mar.

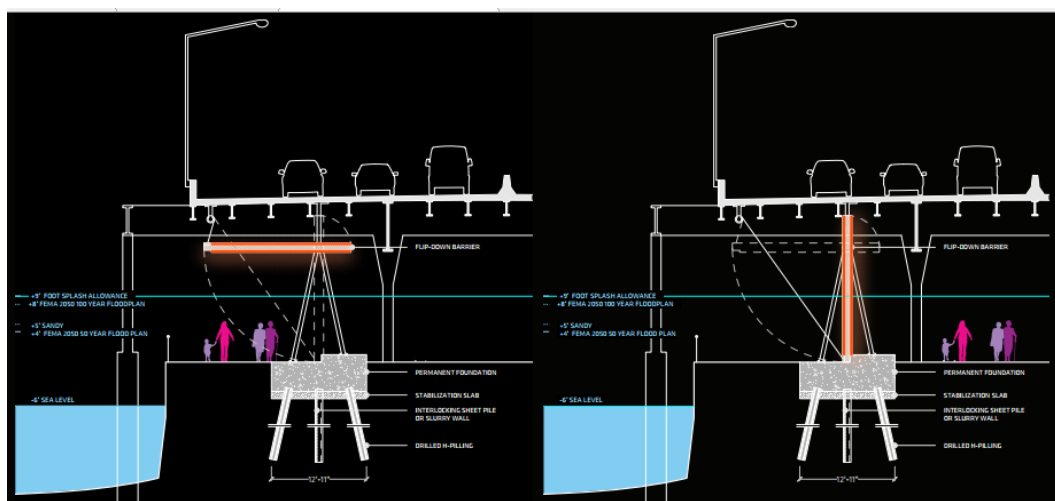
Figura 18 – Corte do sistema de banco e da parede



Fonte: TEAM BIG. **THE BIG “U”**: Rebuilding by Design, 2014

Os portões programados que contornam a região do C2 (figura 19) são projetados para fechar durante tempestades. São flexíveis no sentido de que em dias normais servem como painéis de arte, luminária e dão segurança para a área; e quando há risco de inundação costeira, os portões se fecham, protegendo a entrada das ondas a absorvendo seus impactos.

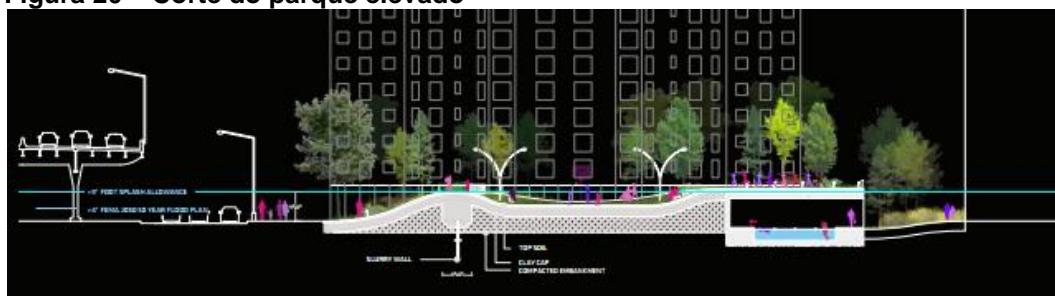
Figura 19 – Corte dos portões programados



Fonte: TEAM BIG. **THE BIG “U”**: Rebuilding by Design, 2014

O planejamento do piso térreo e subsolo da área foram pensados de forma a aproveitar espaços subutilizados, como estacionamento, e transformá-los em um parque elevado (figura 20). Essa elevação é feita por uma parede de contenção coberta por terra e solo fértil, possibilitando plantação de árvores e promovendo a biodiversidade.

Figura 20 – Corte do parque elevado



Fonte: TEAM BIG. **THE BIG “U”**: Rebuilding by Design, 2014

Devido a escolha de bancos fixos, portões programados e um parque com área verde elevada, o projeto tende a estratégia de proteger. Entretanto, o acomodar também incorporado, a partir do momento que são planejados vias com áreas verdes proporcionando permeabilidade na superfície e nas laterais.

O projeto utilizou áreas livres como áreas de passeio nas margens do Rio localizadas embaixo do viaduto FDR e vias no interior a fim de implementar abordagens como redução da quantidade de material impermeável, bio-valas e bacias de retenção de águas pluviais ou tanques.

A rede de transporte e acúmulo de águas pluviais para reduzir os impactos da inundação terrestre é planejada através da proposta vias com áreas verdes proporcionando permeabilidade na superfície em suas laterais através de canteiros como jardins de chuvas e bio-valas, praças e pequenos parques; todos esses elementos são conectados configurando uma rede. Duas funções são proporcionadas por essas abordagens, a drenagem e a limpeza da água a partir de vegetações específicas.

A criação de novos espaços a partir da adaptação promove as funções social, paisagística e ecológica. Os espaços embaixo do viaduto com novos usos promovem o convívio social e lazer. O parque além do social acrescenta o ecológico e paisagístico, projetando um solo fértil que possibilita o cultivo de diversos tipos de vegetação.

A redundância e flexibilidade do sistema de águas foram identificadas a partir do momento que foram incorporadas várias alternativas para drenagem como canteiros como bio-valas, jardins de chuvas e praças e pequenos parques para retenção de água.

Por adaptar o sistema de drenagem e criar artifícios para proteção contra inundação costeira, as diversas soluções conseguem reduzir a sensibilidade e a exposição, e ampliar a capacidade adaptativa. Na redução da sensibilidade e a exposição, as abordagens utilizando paredes, parque beira-mar e superfícies permeáveis são fundamentais para reduzir esses aspectos da vulnerabilidade. Para ampliar a capacidade adaptativa, o projeto propôs um processo participativo com a comunidade através de workshops a fim de compreender as necessidades locais e quais seus desejos para configuração daquele espaço, buscando fugir do dique tradicional. O processo participativo da comunidade local tem seu valor por educar e disseminar informações sobre os riscos e ameaças que elas estão expostas.

Quadro sistemático de análise dos projetos

Aplicabilidade - Tipo de Riso de Inundação			
Terrestre		Costeira	
X		X	
Diagnóstico			
X			
Complementaridade - Adaptação			
Tipo de adaptação			
Reativa	Antecipatória	Autônoma	Planejada
X	-	-	X

Tecnologia de adaptação					
Medida estrutural		Medida não-estrutural		Baseado no ecossistema	
X		-		X	
Estratégias de adaptação					
Proteger		Acomodar		Recuar	
X		X		-	
Conectividade - Adaptação por ELP					
Componentes do ELP					
Vias	Passeio	Canteiro	Parque	Praça	Margens e corpos hídricos
X	X	X	X	-	X
Áreas verdes					
Vegetação			Permeabilidade		
X			X		
Funções					
Ecológica		Paisagística		Social	
X		X		X	
Hibridização - Adaptação Infraestrutura					
Sistema centralizado e descentralizado					
Drenagem		Saneamento		Abastecimento	
X		X		-	
Sistemas de drenagem					
Menor			Maior		
-			X		
Estratégias para o sistema de águas					
Redundância			Flexibilidade		
X			X		
Abrangência - Redução da Vulnerabilidade					
Componentes da Vulnerabilidade					
Exposição		Sensibilidade		Capacidade Adaptativa	
X		X		X	
Abordagens					
Paredes	Parque beira-mar	Superfícies permeáveis	-	-	

7.4.

Rotterdam

Nome do projeto: Watersquare Benthemplein

Localização: Rotterdam, NL

Autoria: De Urbanisten

Cliente: Rotterdam Climate Initiative, City of Rotterdam supported by the Waterboard Schieland & Krimpenerwaard

Status: concluído no período de 2012 - 2013

Tamanho: 9.500 m²

Custo: \$ 5 milhões

Descrição do projeto:

O projeto em Benthemplein é localizada em uma quadra multifuncional com área de 9500m², que combina o recolhimento de água da chuva com uma praça. A quadra retém água durante chuvas de pico, aliviando a pressão sobre os sistemas de esgoto, prevenindo inundações em áreas altamente urbanizadas, melhorando a qualidade da água e do ambiente de vida na cidade. O sistema de águas do projeto é desvinculado com o sistema existente de esgoto (figura 21), não poluindo o seu receptor, o canal Noordsingel.

Não foi realizado nenhum diagnóstico com relação a qual zona de risco de inundação o projeto está localizado. Entretanto, ele foca na inundação terrestre por causa das chuvas intensas e má drenagem, ameaças constantes na região que já ocasionaram em muitas perdas.

Devido a perdas passadas por causa de chuvas intensas e o despreparo do sistema de drenagem, o projeto foi projetado de forma reativa. Ele não está dentro de um plano agregado a outros projetos sendo considerado, então, autônomo.

Figura 21 – Delimitação do projeto da quadra e conexão com o canal Noordsingel



Fonte: site oficial De Urbanisten: http://www.urbanisten.nl/wp/?page_id=47

A quadra retém a água da chuva que cai na própria praça e serve como uma área de acomodação para a água da chuva que cai nos telhados de

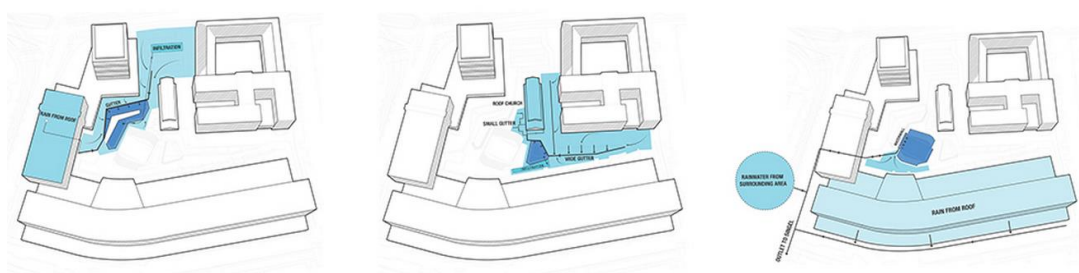
edifícios circundantes. Ela foi concebida a partir da medida estrutural, através de tubulações para transporte da água e áreas rebaixadas para a acomodação da água. A medida não-estrutural fez parte na sua concepção, através de processos participativos e workshops elaborados pela população e o grupo responsável pelo projeto.

O espaço público urbano possui áreas rebaixadas destinadas a reter a água e que pode ser reaproveitado para esportes e uso recreativo durante o tempo seco. O Benthemplein oferece espaço para basquete, skate e artes de desempenho dentro de poços que também pode armazenar até 1,7 milhões de litros de água durante chuvas. A água é infiltrada no solo abaixo do pavimento ou bombeada para fora para canais em outras partes da cidade. O conceito de praça água foi criado principalmente para áreas que necessitavam de espaço adicional para armazenamento de água, sem opções tradicionais, como canais. Dessa forma, a estratégia utilizada no projeto é acomodar a água até ela ser desembocada no canal Noordsingel.

Esse espaço que oferece essas diversas atividades foi elaborado a partir da revitalização da praça já existente, porém ela era considerada desconfortável pelo usuário por ser toda de pedra. Dessa forma, ela foi reestruturada e árvores foram plantadas para oferecer espaços de sombra para promover a permanência. A praça, assim, oferece áreas de lazer, algumas sombreadas, de encontro e convívio social e permanência, cumprindo as funções sociais e paisagísticas. Em cada entrada foram criados lugares mais íntimos para sentar e relaxar. O plano de plantação enfatiza as belas árvores existentes. O projeto acrescenta altas gramíneas e flores silvestres rodeadas por uma margem de concreto na altura do assento para oferecer muitos lugares informais de permanência.

O sistema de coleta da água foi dividido em três bacias (figura 22): duas bacias localizadas nas laterais do miolo da quadra que coleta a água dos telhados e das áreas ao redor; uma bacia maior no centro para quando as outras duas não forem suficientes. Essa concepção foi idealizada de forma a pensar que as duas primeiras irão funcionar em momento de qualquer tipo de inundação, já a outra para quando ocorrer a inundação terrestre originada de chuvas intensas, além de ser capaz de receber água do canal Noordsingel quando ele estiver a ponto de transbordar.

Figura 22 – Três bacias para a coleta da água



Fonte: site oficial De Urbanisten: http://www.urbanisten.nl/wp/?page_id=47

Algumas características do sistema de drenagem foram implementadas com objetivo de tornar a água um ponto atrativo no projeto (figura 23). Ao invés de manter os reservatórios de água e sistemas de canais escondidos no subterrâneo, a praça foi projetada para tornar evidente que as três bacias também são reservatórios, com as calhas de drenagem folheados em aço inoxidável aparente e até mesmo incluindo desvios de decoração ao redor da praça. Dessa forma, evidencia-se a presença da água a partir do transporte e de áreas de armazenamento, demonstrado na figura abaixo. Uma delas é que a água da chuva é transportada por tubulações subterrânea (“sistema menor”) e por estreitos corredores abertos de aço inoxidável brilhante na superfície. Outra característica é a parede com cascata de água, cujo excesso de água ali armazenado transborda para uma das bacias.

Quando chove, a água a partir do topo dos edifícios circundantes é dirigida para as bacias menores, em seguida, quando as bacias menores estiverem cheias, a água vai para a bacia maior que comporta uma área de esportes. Depois da chuva, a água das duas bacias flui para um dispositivo de infiltração no subsolo e daqui gradualmente escoar de volta para a água subterrânea. A redundância e flexibilidade se apresentam a partir do momento que o sistema de drenagem se divide em três bacias, distribuindo sua função para outros componentes.

The diagram on the left, titled "THE 'RAIN-SOURCE'", illustrates a water management system. It shows a cross-section of a building and its surrounding landscape. Key components include:

- RAIN FALL**: Precipitation falling on the roof and ground.
- WATER**: A reservoir or storage area.
- WATER ENERGY**: Energy associated with the water flow.
- STOKED FUEL BUFFER**: A storage area for water.
- PIPE BUFFER**: A pipe that stores water.
- UNDERGROUND SUPPLY TO SOURCE**: A pipe that carries water underground.
- ACTUAL SUPPLY**: The final supply of water.
- WATER ON ROOF**: Water collected on the building's roof.
- WATER**: Water flowing through the system.
- ACTUAL ENERGY**: The energy output of the system.
- WATER ENERGY TO BANK 1**: Energy stored in a bank.

 The diagram on the right, titled "The Waterwall", shows a large, multi-story building with a water feature. The water flows down the side of the building, creating a "Waterwall". The diagram includes labels for "Waterwall", "Water", "Water Energy", "Water Energy to Bank 1", and "Water Energy to Bank 2". It also shows a "Waterwall" with a "Water Energy" output of 1.5 MW. The diagram is labeled "Flooding is visible, audible and attractive -1".

DE URBANISTE

A adaptação do sistema de drenagem em acomodar, transportar e tratar a água da inundação terrestre antes de desembocar no canal Noordsingel, consegue reduzir a sensibilidade do sistema. Para isso, são utilizadas abordagens com áreas para retenção da água e gestão de águas pluviais. O projeto consegue também ampliar a capacidade adaptativa a partir do momento que implementa em sua concepção do projeto o processo participativo com a comunidade local entrando em um consenso de que a praça da água deve ser um lugar dinâmico para os jovens, muito espaço para brincar e permanecer, mas também agradável com arborização.

Quadro sistemático de análise dos projetos

Aplicabilidade - Tipo de Riso de Inundação			
Terrestre		Costeira	
X		-	
Diagnóstico			
-			
Complementaridade - Adaptação			
Tipo de adaptação			
Reativa	Antecipatória	Autônoma	Planejada
X	-	X	-
Tecnologia de adaptação			
Medida estrutural	Medida não-estrutural	Baseado no ecossistema	
X	X	-	
Estratégias de adaptação			

Proteger	Acomodar		Recuar		Atacar
-	X		-		-
Conectividade - Adaptação por ELP					
Componentes do ELP					
Vias	Passeio	Canteiro	Parque	Praça	Margens e corpos hídricos
-	-	-	-	X	-
Áreas verdes					
Vegetação			Permeabilidade		
X			-		
Funções					
Ecológica		Paisagística		Social	
-		X		X	
Hibridização - Adaptação Infraestrutura					
Sistema centralizado e descentralizado					
Drenagem		Saneamento		Abastecimento	
X		X		-	
Sistemas de drenagem					
Menor			Maior		
X			X		
Estratégias para o sistema de águas					
Redundância			Flexibilidade		
X			X		
Abrangência - Redução da Vulnerabilidade					
Componentes da Vulnerabilidade					
Exposição		Sensibilidade		Capacidade Adaptativa	
		X		X	
Abordagens					
Áreas para retenção da água	Gestão de águas pluviais	-	-	-	

7.5.

Ho Chi Minh

Nome do projeto: Piloto do Distrito 4 - Plano Climate Adaptation Strategy for Ho Chi Minh City

Localização: Distrito 4, Ho Chi Minh City

Autoria: Grontmij (líder), Witteveen+Bos, Ecorys, Bosch Slabbers, Institute for Environmental Studies (IVM-VU) e Triple-A

Cliente: Governo de Ho Chi Minh

Tamanho: 4 km²

Status: 2013 – em desenvolvimento

Descrição do projeto:

Junto com a cidade de Roterdão, foi elaborado o plano de estratégias de adaptação à mudança climática para cidade de Ho Chi Minh City (HCMC). Rotterdam oferece resultados para o plano baseados na experiência que a cidade tem com estratégias de adaptação (Rotterdam Adaptation Strategy) e gerenciamento da água (Water Management Plan Rotterdam). Através desses planos, Rotterdam identifica e implementa medidas que preparam a cidade à mudança climática e, ao mesmo tempo, contribui para um desenvolvimento econômico e atrativo da cidade.

O plano “Climate Adaptation Strategy” é composto por seis orientações estratégicas que, juntos, constituem em um guia para um futuro à “prova do clima” para Ho Chi Minh: (1) direção de desenvolvimento baseado nas condições do solo e da água; (2) implementação de abordagens para a proteção contra as inundações; (3) ampliação do armazenamento de água e capacidade de drenagem; (4) prevenção/adaptação da salinização; (5) criação de alternativas para o uso das águas subterrâneas; (6) fortalecer a rede de blue-green e “ventilação urbana”.

Muitos distritos vão sofrer alterações consideráveis de desenvolvimento nas próximas décadas. Ao incorporar medidas de adaptação às alterações climáticas no (re)desenvolvimento urbano de forma integrada, os custos podem ser partilhados entre os setores fazendo com que a aplicação seja mais viável. Soluções multifuncionais podem facilitar na implementação dessas medidas de adaptação, onde o HCMC tira partido da sua localização delta para se desenvolver, incluindo o elemento água para criação de passeios ao longo de rios e cursos d'água, pontes icônicas e um parque central. Dessa forma, o sistema de água define o desenvolvimento da região.

O desenvolvimento de uma estrutura de espaços verdes e azuis na cidade (figura 24), que agrega qualidade para a cidade, é entendido como uma estratégia essencial. Assim, a cidade desenvolve-se com base em uma estrutura de espaços verdes e azuis:

- Um parque central para a cidade como um todo;

- Elementos verdes adicionais nos distritos consistindo de avenidas arborizadas;
- Cada distrito tem um parque multifuncional, combinando áreas verdes com armazenamento de água
- Pequenas áreas verdes no âmbito do bairro

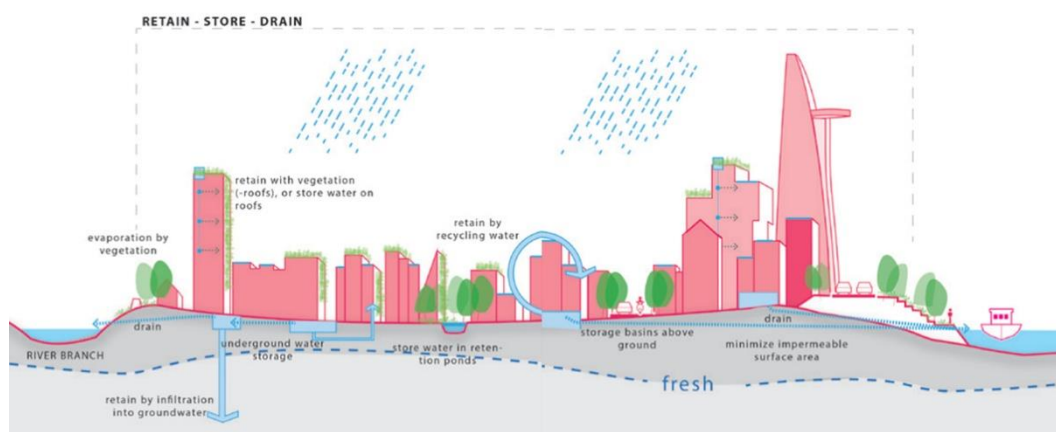
Figura 24 – Masterplan da estrutura de espaços verdes e azuis



Fonte: VCAPS. Climate Adaptation Strategy for Ho Chi Minh City, 2013

Os diques e praças de água são alguns exemplos das soluções multifuncionais (figura 25). Os diques podem servir de apoio para infraestrutura de transporte ou até edificações, além de promover áreas verdes de contemplação para os rios. A praça pode ser inundada temporariamente para armazenamento de águas pluviais.

Figura 25 – Corte esquemático das soluções multifuncionais



Fonte: VCAPS. Climate Adaptation Strategy for Ho Chi Minh City, 2013

Para a aplicação dessas diretrizes foi desenvolvido dois projetos pilotos, District 4 e Nha Be. O Distrito 4 representa uma área bastante densa que vai ser submetida a obras de remodelação. O espaço que fica disponível após a remoção das instalações portuárias oferece oportunidades para as medidas de adaptação à mudança climática. Nha Be é um local onde os novos portos, indústrias e bairros residenciais estão sendo desenvolvidas em uma área de baixa altitude. Entretanto, o projeto no District 4 (figura 26) foi o mais desenvolvido pelo programa, logo, será esse analisado.

Figura 26 – Masterplan do District 4



Fonte: VCAPS. Climate Adaptation Strategy for Ho Chi Minh City, 2013

Foi elaborado um diagnóstico baseado na situação atual, projetando que a elevação do nível do mar seja de 30cm e considera um desenvolvimento previsto pelo plano nos anos de 2010-2025. Os cálculos mostram que, se não forem tomadas medidas, o aumento do nível do mar vai aumentar drasticamente os danos na zona 4. Os danos causados pelas inundações, em um período de

retorno de 1 em cada 10 anos, sobe de 82 para 488 milhões de dólares; o dano para uma inundação com um período de retorno de 50 anos sobe de 138 para 627 milhões de dólares. Atualmente, algumas áreas sofrem poucos danos monetários por inundação (capital investido baixa e / ou níveis de inundação). No entanto, quase todos do Distrito de 4 será fortemente impactado por inundações em 2050 se a adaptação ao clima não forem implementadas.

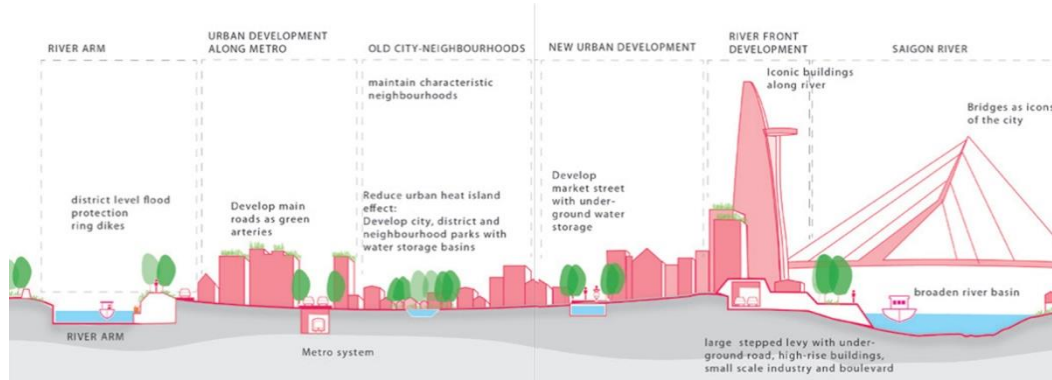
Assim, algumas estratégias foram traçadas seguindo as orientações do masterplan. Devido a urgência, optou-se pela medida baseada no ecossistema para proteção da região às inundações. A constatação de que não daria para esperar o dique maior ser construído, viu-se necessário a implementação de um dique médio ao redor da região. Logo depois do dique, sob a água, é implantada uma faixa de vegetação para estimular e promover um habitat natural, ajudando também a limpar a água e torna a área mais atrativa (figura 27). Essa medida atua de forma a atacar e proteger, mas com vegetação, restaurando ou criando um habitat aquático.

No interior da área são planejadas áreas abertas para armazenamento de água através de um parque, de maneira a acomodar as águas das chuvas. Cada bairro tem seu próprio parque com a dupla função de acomodação da água em dias de chuva e um lugar para se refrescar durante os períodos climáticos quentes. Restos de antigos riachos são revitalizados para o armazenamento do excesso de água. Além disso, fachadas e telhados verdes azuis ou verdes são incorporados na estrutura da área.

Um grande Bulevar é criado para concentração da economia e é multifuncional. Abaixo do nível da rua, áreas de armazenamento de água da chuva grandes serão construídas para ajudar a gerenciar as águas da inundação. Essa abordagem é possível através da medida estrutural.

Tanto a criação do parque, revitalização das margens dos rios e bulvar multifuncional são componentes do espaço livre público que, no projeto, oferecem áreas de lazer, promove a biodiversidade, convívio e encontro social, e a interação entre o humano e a natureza.

Figura 27 – Corte esquemático do Rio Arm e Saigon



Fonte: VCAPS. Climate Adaptation Strategy for Ho Chi Minh City, 2013

O sistema de águas atua sobre a drenagem e o saneamento, a partir de áreas de retenção e transporte de água nos tipos superficial e subterrânea. A faixa de vegetação ou alagados construídos como cinturão da região auxilia na limpeza da água antes de chegar aos rios. Para a drenagem, abordagens como superfícies permeáveis e gestão de águas pluviais foram aplicadas.

Para a redução da vulnerabilidade, o projeto responde na redução da exposição e da sensibilidade, através de diques e alagados construídos, e da adaptação do sistema de drenagem, reservando áreas para acúmulo de água e transporte por tubulação pelo “sistema menor”.

Quadro sistemático de análise dos projetos

Aplicabilidade - Tipo de Riso de Inundação					
Terrestre			Costeira		
X			X		
Diagnóstico					
X					
Complementaridade - Adaptação					
Tipo de adaptação					
Reativa	Antecipatória		Autônoma		Planejada
X	-		-		X
Tecnologia de adaptação					
Medida estrutural		Medida não-estrutural		Baseado no ecossistema	
X		-		X	
Estratégias de adaptação					
Proteger	Acomodar		Recuar		Atacar
X	X		-		X
Conectividade - Adaptação por ELP					
Componentes do ELP					
Vias	Passeio	Canteiro	Parque	Praça	Margens e corpos hídricos

X	-	-	X	-	X
Áreas verdes					
Vegetação			Permeabilidade		
X			X		
Funções					
Ecológica		Paisagística		Social	
X		X		X	
Hibridização - Adaptação Infraestrutura					
Sistema centralizado e descentralizado					
Drenagem		Saneamento		Abastecimento	
X		X		-	
Sistemas de drenagem					
Menor			Maior		
X			X		
Estratégias para o sistema de águas					
Redundância			Flexibilidade		
-			-		
Abrangência - Redução da Vulnerabilidade					
Componentes da Vulnerabilidade					
Exposição		Sensibilidade		Capacidade Adaptativa	
X		X		-	
Abordagens					
Dique	Alagado construído	Áreas para retenção da água	Gestão de águas pluviais	Superfícies permeáveis	

7.6.

Jakarta

Nome do projeto: The Great Garuda - Fase A

Localização: Baía de Jakarta

Autoria: Witteveen + Bos, Grontmij, KuiperCompagnons, Deltares, Ecorys e Triple-A

Cliente: Cidade de Jakarta

Tamanho: 8 km de extensão

Custo: \$ 2 bilhões

Status: 2014 – 2018

Descrição do projeto:

O Masterplan do projeto The Great Garuda inclui planos e projetos conceituais em três fases: a fase A compreende a melhoria das defesas marítimas existentes que delinea a costa; a fase B é a construção de um dique externo em direção ao mar integrado a uma infraestrutura de transporte e a reivindicação de terra para criação de uma lagoa (reservatório) e para o desenvolvimento do projeto urbano The Great Garuda; a fase C seria uma expansão do porto em longo prazo no leste da Baía de Jacarta. Entretanto a fase C só foi trabalhada em rascunho, e como este desenvolvimento é para um futuro distante, contém muitas incertezas. A fase B é dividida em duas partes, sendo a primeira (B.1) a construção do dique na água e a nova lagoa como novo reservatório, e a (B.2) segunda a construção do novo porto.

Entretanto, a análise irá ater-se somente a fase A que tem duração de 2014-2018 e já está em construção. O plano elaborou um diagnóstico relacionado perspectiva de elevação do nível do mar, e foi apontado que em 2030, 80% do Norte da cidade estará abaixo do nível normal do mar. Estão expostos a essa ameaça e a de chuvas intensas 200 bilhões em valor real e atividade econômica, mais de 4 milhões de pessoas, infraestruturas, atividades pesqueiras, recursos naturais, e portos e áreas industriais. Outro diagnóstico destacou que somente 2% da cidade está conectada com o sistema de esgoto, no qual a maioria dos resíduos são jogados nos rios, e somente 25% é abastecido com água tratada. Além disso, a cidade está afundando aproximadamente 7,5cm por ano.

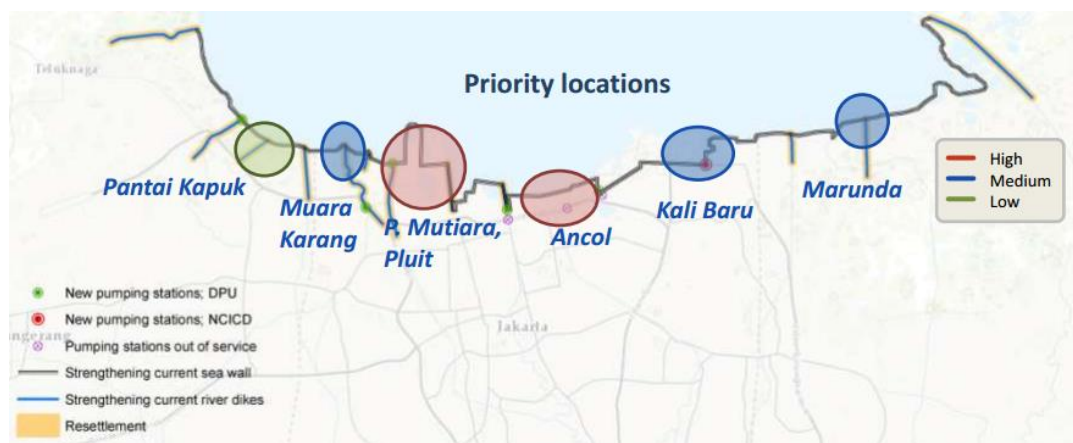
Como a fase A está dentro de um plano geral, ela pode ser considerada como uma adaptação planejada, e reativa, pois, sofre frequentemente com ameaças de inundação e aumento do nível do mar.

Na fase A define o grau de prioridade para o reforço do dique existente na linha costeira e nos rios, o planejamento da melhoria do sistema atual de drenagem, como a implementação de novas estações de bombeamento, e a realocação de pessoas localizadas nas margens dos rios, como mostra a figura 28. Essas medidas descritas para a fase A são considerados estruturais, somente uma é não-estruturais, a realocação de pessoas. A realocação é uma estratégia de recuar e considerada muito complexa, no qual o projeto especificou que os moradores iriam se estabelecer em novas residências projetadas na fase B, mas, até lá não foi especificado onde elas morariam.

Atualizar a defesa costeira atual é a medida alta prioridade. Este conjunto de medidas prioritárias inclui: (1) reduzir o rebaixamento de terra da

cidade (fornecendo alternativas para a extração de água subterrânea); (2) o fortalecimento e aumentando de diques e paredes; (3) a atualização do sistema de drenagem urbana; e (4) impedir que a água do rio entre na área de baixa de altitude de Jakarta. Acelerar o saneamento de água também faz parte da fase A.

Figura 28 – Projeto do dique existente e novo sistema de drenagem

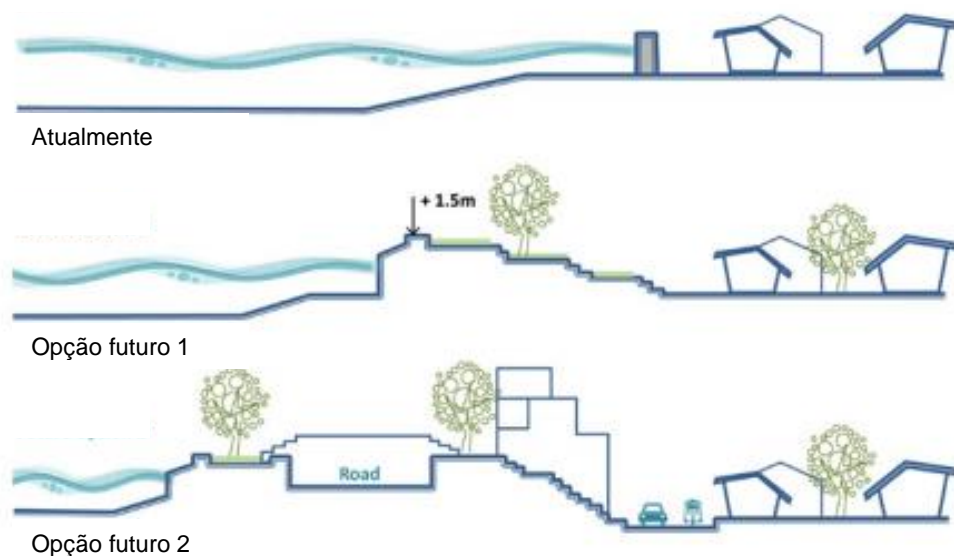


Fonte: NCICD Project. Master Plan. 2014

Entretanto, de acordo com o documento apresentado pelo programa “National Capital Integrated Coastal Development (NCICD)”, os diques podem variar seu design promovendo um parque e/ou suporte para infraestrutura de transporte como uma via (figura 29). A execução do dique em áreas densamente povoada com edifícios em cima requer planejamento urbano detalhado e soluções socioeconômicas cuidadosas com envolvimento da comunidade. Várias tipologias de diques foram desenvolvidas para atender as exigências locais: diques básicos, diques reduzidos, diques verdes, diques fluviais e diques de praia. Além disso, foram desenvolvidos diques de terra avançando o mar, proporcionando assim uma grande gama de opções. Dessa forma, os diques foram pensados de forma integrada com o planejamento espacial da cidade.

Ao agregar o parque no planejamento do dique, a medida, também se torna, baseada no ecossistema. Essa junção responde a uma estratégia de proteger e atacar.

A partir das descrições acima, o projeto visa revitalizar as margens da linha costeira com diques de diversas tipologias, agregando em alguns pontos parques. Mais a aplicação de áreas verdes, como vegetação, o projeto consegue atender as funções de ecologia, paisagística e social.

Figura 29 – Secção do Dique fase A

Fonte: NCICD Project. Master Plan. 2014

Novas estações de bombeamento da água localizadas nos diques servem para drenar a água pluvial das ruas e filtrar a água, separando-a de todo material que é levado junto com as águas da chuva até os mares e lagos. Essas estações foram espalhadas pela linha do dique, descentralizando o sistema e criando novos pontos de galerias para retenção de água em pequenos reservatórios antes de serem bombeados para o mar. Essa descentralização aplica o conceito de redundância e flexibilidade, por combinarem diversas abordagens como, dique, parque beira-mar, áreas para retenção da água, gestão de águas pluviais.

A adaptação do sistema reduz tanto a exposição a partir da construção de diques diferenciados, como na sensibilidade a partir da implementação de novas estações, galerias e áreas de retenção de água espalhadas pelo projeto. Entretanto, não foram implementadas estratégias para ampliar a capacidade adaptativa da população.

Quadro sistemático de análise dos projetos

Aplicabilidade - Tipo de Riso de Inundação	
Terrestre	Costeira
-	X
Diagnóstico	
X	
Complementaridade - Adaptação	
Tipo de adaptação	

Reativa	Antecipatória	Autônoma	Planejada		
X	-	-	X		
Tecnologia de adaptação					
Medida estrutural	Medida não-estrutural	Baseado no ecossistema			
X	X	X			
Estratégias de adaptação					
Proteger	Acomodar	Recuar	Atacar		
X	-	X	X		
Conectividade - Adaptação por ELP					
Componentes do ELP					
Vias	Passeio	Canteiro	Parque	Praça	Margens e corpos hídricos
-	-	-	X	-	X
Áreas verdes					
Vegetação			Permeabilidade		
X			-		
Funções					
Ecológica		Paisagística		Social	
X		X		X	
Hibridização - Adaptação Infraestrutura					
Sistema centralizado e descentralizado					
Drenagem		Saneamento		Abastecimento	
X		X		-	
Sistemas de drenagem					
Menor			Maior		
X			X		
Estratégias para o sistema de águas					
Redundância			Flexibilidade		
X			X		
Abrangência - Redução da Vulnerabilidade					
Componentes da Vulnerabilidade					
Exposição		Sensibilidade		Capacidade Adaptativa	
X		X		-	
Abordagens					
Dique	Parque beira-mar	Áreas para retenção da água	Gestão de águas pluviais	-	

7.7.

Melbourne

Nome do projeto: Edinburgh Gardens Raingarden

Localização: Edinburgh Gardens, Melbourne, Austrália

Autoria: GHD Pty Ltd

Cliente: Melbourne Water in collaboration with City of Yarra

Status: 2011 - 2012

Tamanho: 700m²

Custo: \$1 milhão

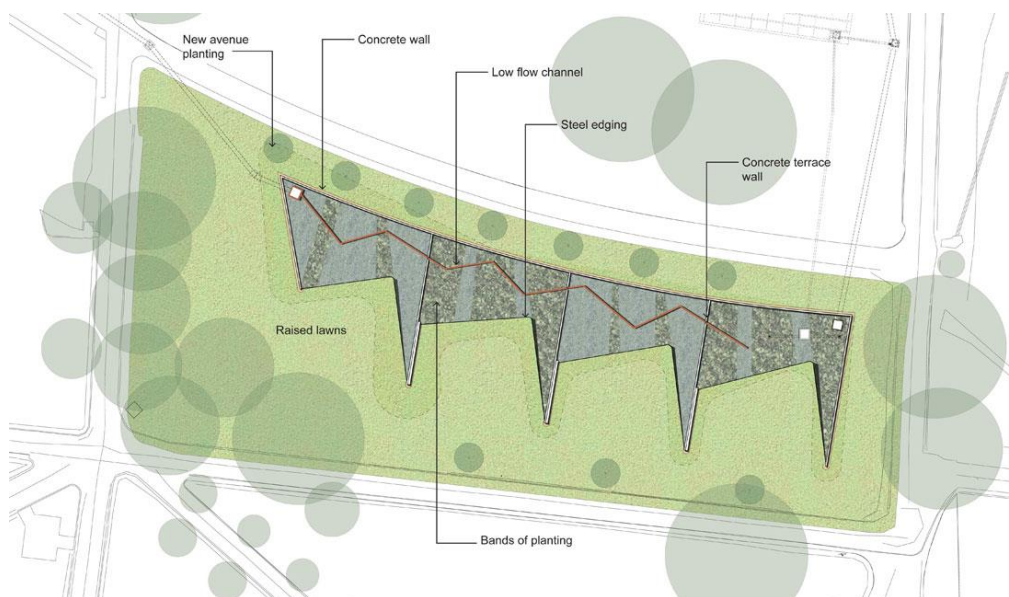
Descrição do projeto:

Melbourne é conhecido pelos seus projetos em escalas pontuais como jardins de chuva, canteiros de bio-valas, dentre outros, a fim de reter, filtrar e reutilizar a água captada.

O projeto do jardim de chuva Edinburgh (figura 30) foi elaborado para momentos de inundação terrestre e para épocas de seca. Mesmo sem a elaboração de um diagnóstico, foi construído uma área para retenção e transporte das águas pluviais utilizando medidas estruturais e baseada no ecossistema. O objetivo do jardim de chuva é fornecer uma fonte sustentável de águas pluviais tratadas para as árvores e campos esportivos. Dessa forma, o projeto trabalha de forma autônoma, e funciona de forma retroalimentadora.

Melbourne tem experimentado condições de seca e este projeto tem o intuito de substituir a necessidade existente para a água potável que está sendo usada para irrigar os parques e jardins; além de acomodar as águas pluviais criando um propósito para elas. Por esses motivos, o projeto antecipa a ameaça de seca, aproveitando os dias de chuva para coletar a água e reutilizá-la.

Figura 30 – Planta do projeto Jardim de chuva de Edinburgh



Fonte: Revista Landezine. Disponível em: <<http://www.landezine.com/index.php/2012/10/edinburgh-gardens-raingarden-by-ghd-pty-ltd/>>

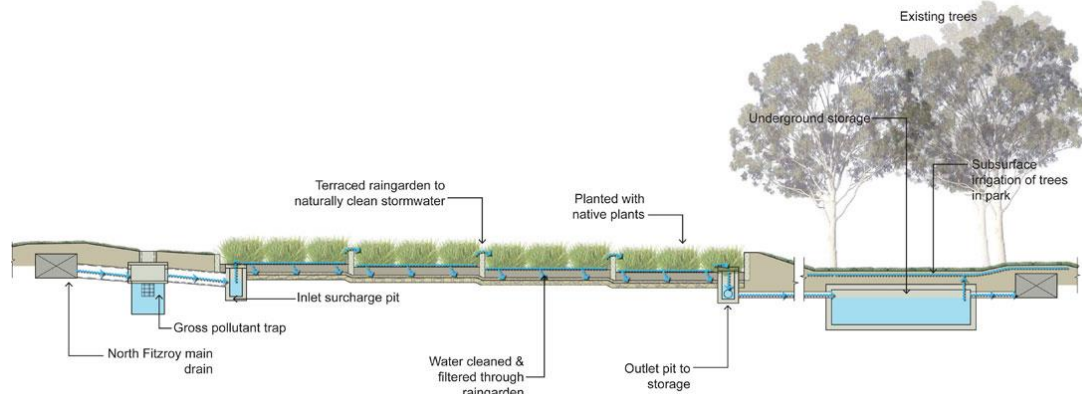
As principais características do projeto do jardim de chuva são:

- O meio filtrante e plantas adequadas que ajudam a tratar as águas pluviais através de absorção de nutrientes em excesso e filtragem de sedimentos finos;
- Quatro grandes terraços que respondem ao nível natural do terreno, minimizando, portanto, a exigência de muros de contenção mais altos, permitindo a interação com o público;
- Terraço paredes que se estendem para fora na paisagem para criar áreas para recreação. Estas áreas criam vistas elevadas sobre o jardim de chuva e fornece diferente experiência espacial nesta área do parque;
- O 'zigue zague' do canal de baixo fluxo de aço recurso, ligado ao poço sobretaxa, que fornece água para todos os quatro terraços em eventos de chuva;
- Novo plantio de árvores para oferecer sombra e recinto para novas áreas de gramado pequenas;

Dessa forma, o projeto funciona de forma retroalimentadora (figura 31), ou seja, recolhe as águas pluviais drenadas pela principal tubulação North Fitzroy, onde os resíduos mais pesados da água são descartados e a água é transportada para os terraços com plantação específica para tratá-la. O transporte e tratamento são feitos a partir de quatro terraços, por infiltração do

solo e por transbordamento. Depois de tratada, a água limpa é armazenada em um tanque subterrâneo para ser utilizada na filtração da vegetação existente e nova.

Figura 31 – Corte esquemático para drenagem, transporte e abastecimento de água



Fonte:

Por causa dessas estratégias, a nova praça agrega novas funções como a ecológica, com a implementação de alagados construídos, paisagístico, com o cuidado com a vegetação existente melhorando o micro-clima, e social, promovendo uma área mais agradável para o convívio social, lazer etc.

Este jardim de chuva é projetado para remover 16.000 kg de sólidos totais anuais. Ele também irá remover mais 160 kg de nutrientes, fósforo e nitrogênio, através do crescimento da vegetação. De outra forma o lixo e poluentes acabariam em corpos hídricos de Melbourne. A água filtrada é então coletado em um tanque de armazenamento subterrâneo 200KL, e usada para irrigar árvores existentes nos jardins de Edinburgh; fornecendo cerca de 60% das suas necessidades de irrigação em um ano normal.

Em um ano normal, o jardim de chuva é esperado para reduzir o uso de água potável para irrigação por 4 ml por ano. O projeto envolveu o abastecimento de águas pluviais do dreno North Fitzroy principal e desviá-lo para terraços recém-projetados dentro do jardim de chuva de Edinburgh. Lá a água é tratada e colhida para armazenamento e irrigação das árvores dentro da praça.

O único aspecto da vulnerabilidade que reduz é o da sensibilidade devido à adaptação do sistema de drenagem. Entretanto, tem-se uma defasagem com relação a capacidade adaptativa, no qual o projeto não oferece planos para educar a população de como o projeto funciona e alertá-la sobre as ameaças existentes.

Quadro sistemático de análise dos projetos

Aplicabilidade - Tipo de Riso de Inundação					
Terrestre			Costeira		
X			-		
Diagnóstico					
-					
Complementaridade - Adaptação					
Tipo de adaptação					
Reativa	Antecipatória		Autônoma		Planejada
-	X		X		-
Tecnologia de adaptação					
Medida estrutural		Medida não-estrutural		Baseado no ecossistema	
X		-		X	
Estratégias de adaptação					
Proteger	Acomodar		Recuar		Atacar
-	X		-		-
Conectividade - Adaptação por ELP					
Componentes do ELP					
Vias	Passeio	Canteiro	Parque	Praça	Margens e corpos hídricos
-	-	-	-	X	-
Áreas verdes					
Vegetação			Permeabilidade		
X			X		
Funções					
Ecológica		Paisagística		Social	
X		X		X	
Hibridização - Adaptação Infraestrutura					
Sistema centralizado e descentralizado					
Drenagem		Saneamento		Abastecimento	
X		X		X	
Sistemas de drenagem					
Menor			Maior		
X			X		
Estratégias para o sistema de águas					
Redundância			Flexibilidade		
-			-		
Abrangência - Redução da Vulnerabilidade					
Componentes da Vulnerabilidade					
Exposição		Sensibilidade		Capacidade Adaptativa	
-		X		-	
Abordagens					
Superfícies permeáveis	Alagado construído	Áreas para retenção da água	Gestão de águas pluviais	-	

7.8.

Resultado

A partir da análise dos sete projetos foi feito uma comparação para cada critério estabelecido no aporte teórico metodológico (anexo 2).

A primeira comparação é sobre a aplicabilidade (gráfico 1) dos projetos com relação ao mapeamento das zonas de risco em um diagnóstico para corresponder de forma coerente aos riscos do local, e a que tipo de inundação o projeto está ameaçado. A pesquisa apontou que do total dos projetos, Nova Orleans, Nova Iorque, HoChi Minh e Jakarta fizeram um diagnóstico, ampliando as possibilidades de sucesso do projeto. Com relação a que tipo de ameaça eles estão respondendo, quase todos os projetos estão mais voltados a resolver a inundação originada de chuvas fortes (terrestre) – somente Jakarta que não especificou ações para essa ameaça –, mas três projetos combinaram com a inundação costeira resultante das ondas de tempestade – Londres, Nova Iorque, Ho Chi Minh.

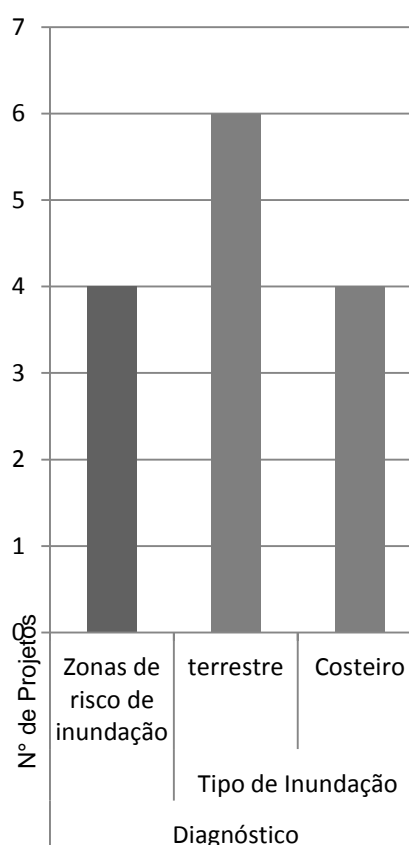


Gráfico 1 - Aplicabilidade

No quesito complementaridade (gráfico 2), foram analisados em três etapas: tipo, tecnologia e estratégia de adaptação. Com relação aos tipos, a maioria dos projetos age de maneira reativa, ou seja, os planos só foram concebidos após perdas econômicas, físicas, etc. Entretanto, somente Melbourne tratou a adaptação de forma antecipatória, pois a cidade já vem passando por períodos de seca e o projeto de prepara para captar as águas das chuvas, trata-as para depois reutilizá-las. Os projetos se dividem em autônomos e planejados, no qual cada uma expõe fatores positivos e negativos. Os autônomos – como nos projetos Rotterdam e Melbourne –, por um lado são bons

porque atuam de forma independente e autosuficiente, porém, o problema se resolve em uma pequena escala. Já os planejados – como nos projetos Londres, Nova Orleans, Nova Iorque, Ho Chi Minh e Jakarta –, teoricamente, são bem vistos por atenderem a diversos setores e possuírem um alcance maior, todavia, são faseados e não é garantido a implementação plena do seu total.

A tecnologia utilizada por todos ainda é a estrutural, mas percebe-se um grande aumento na tecnologia baseado no ecossistema e um trabalho conjunto com a estrutural. Com exceção de um, os projetos buscaram a interação com a natureza, integrando-a em seu favor. Três projetos implementaram medidas não-estruturais, como Nova Orleans que destinou áreas para a educação ambiental e uma instituição educacional. Outra cidade foi Nova Iorque que promoveu workshops para elaboração de soluções a partir de um processo participativo com as comunidades locais, para entender seus interesses e educá-las com relação aos riscos a serem enfrentados. Rotterdam também promoveu processos participativos da comunidade para decisões de tomadas na concepção do projeto. Jakarta estipulou na medida não-estrutural a realocação de populações que estavam nas margens de rios com risco de inundação.

Observou-se que a estratégia acomodar, mesmo em concordância com as outras, foi a mais utilizada refletindo em um pensamento de aceitar a entrada de água no espaço urbano, contando que esse espaço esteja preparado. Proteger, ou lutar contra a água, começa a perder seu posto de preferência, mas ainda continua sendo uma das mais escolhidas. Todavia, proteger é necessário em casos de inundação costeira devido às ondas, como nos casos de Londres, Nova Iorque, Ho Chi Minh e Jakarta. As estratégias montadas para absorver os impactos das ondas podem ser por estruturas rígidas ou através do subsistema natural. A estratégia de atacar começa a emergir dando mais espaço para o desenvolvimento de uma abordagem tanto estrutural como baseado no ecossistema. Recuar foi uma estratégia proposta por Jakarta para populações em áreas de risco, porém, como o projeto é dividido em três fases, foi decidido na primeira fase que as pessoas iriam ser realocadas para novas áreas que seriam projetadas na terceira fase, etapa programada para ficar pronta em 2040 quase 30 anos depois da remoção.

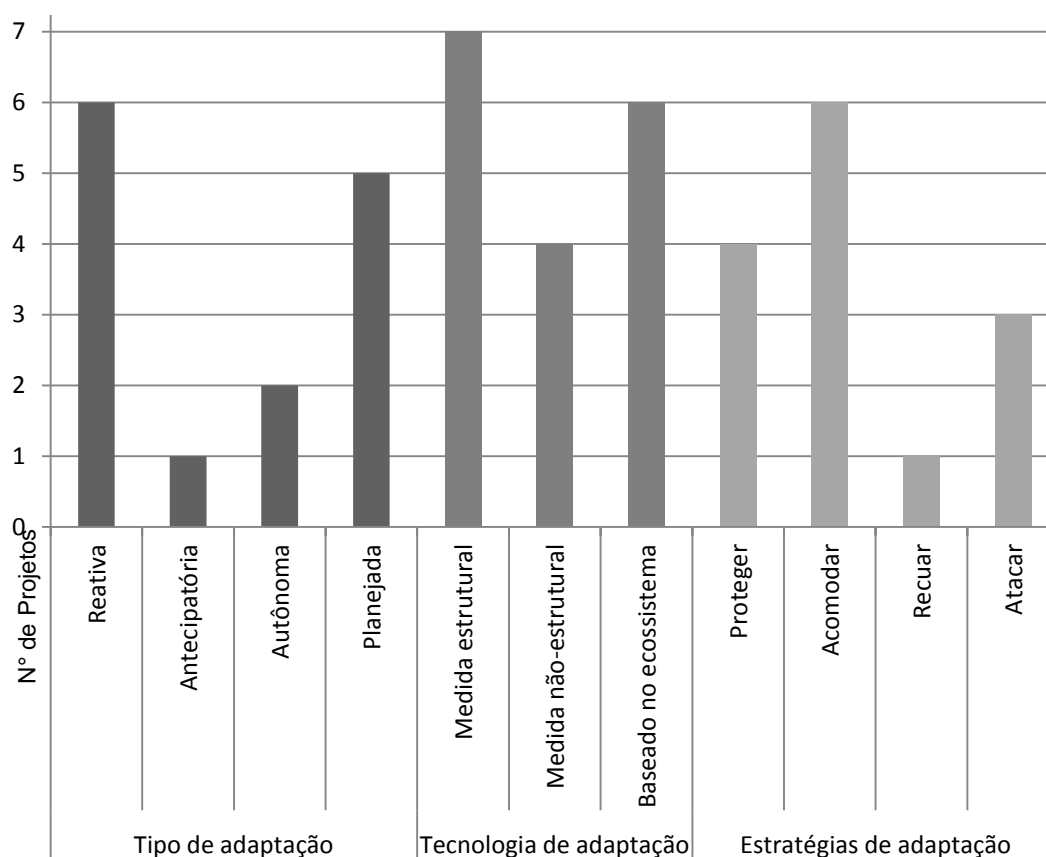


Gráfico 2 - Complementaridade

No âmbito conectividade (gráfico 3), a análise foi feita em três partes: quais os componentes do espaço livre público o projeto utilizava; se o projeto implementava áreas verdes; e quais funções esses novos espaços adaptados poderiam oferecer para a sociedade.

Observou-se que os espaços de permanência foram os mais trabalhados. Alguns projetos optaram por trabalhar nas margens e corpos hídricos junto na concepção de um parque, como Londres, Nova Iorque e Ho Chi Minh, tendo a oportunidade de oferecer função ecológica, paisagística e social nesses espaços. Entretanto, isso só seria possível na incorporação de áreas verdes com vegetação e impermeabilidade para absorção da água.

Os canteiros e vias foram pouco utilizados – somente em Nova Iorque e Ho Chi Minh –, mas que possuem um grande potencial de ser um dos elementos que conectam a estrutura de áreas verdes. O ideal é que eles sejam pensados de forma planejada com parques e praças com áreas verdes, promovendo a biodiversidade, além de auxiliar na convivência do homem com a natureza.

Na verdade, todos esses elementos do espaço livre público podem fazer essa rede de áreas verdes configurando um sistema de espaço livre público. A água é uma oportunidade para implementar estratégias com áreas verdes que possam ser acopladas no espaço livre público e configurar essa teia.

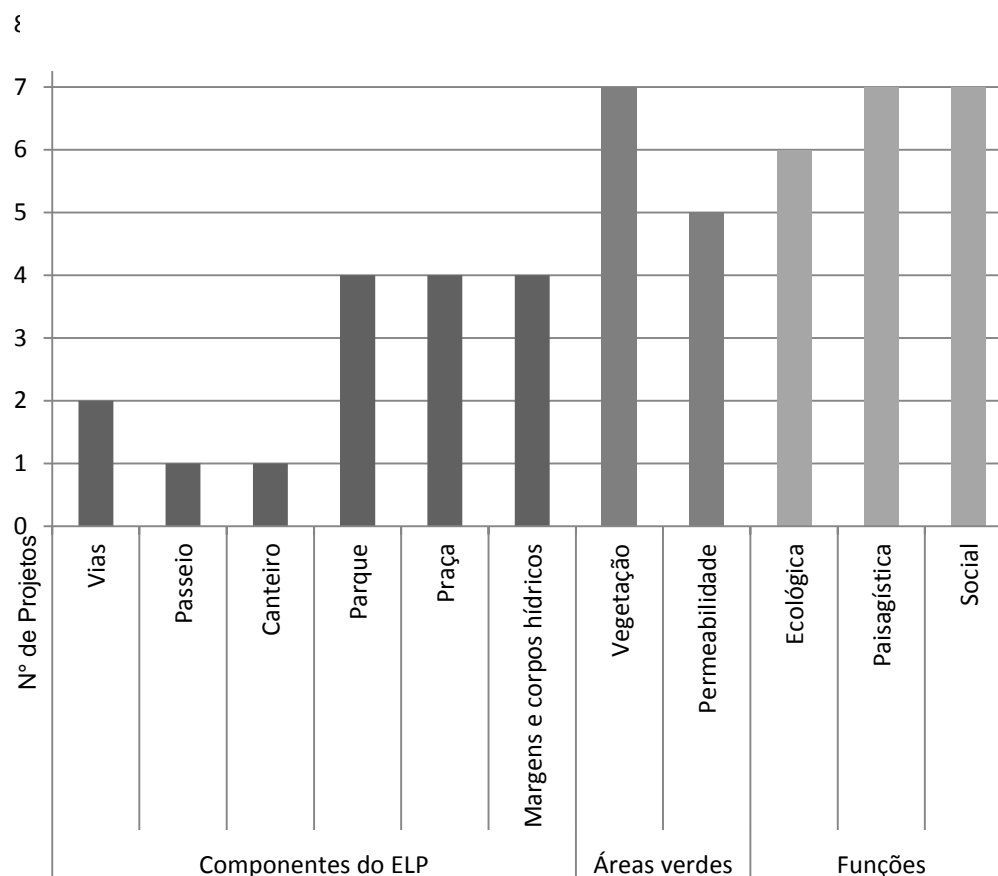


Gráfico 3 - Conectividade

O critério de hibridização (gráfico 4) demonstra, principalmente, que os projetos são focados para drenagem e saneamento, e a separação dos dois sistemas. Essa descentralização do sistema de água dá oportunidade para reuso da água captada em dias de chuvas, tanto para recreação como para irrigação da vegetação existente. O abastecimento percebe-se ainda como uma dificuldade, mas projetos em Londres e Melbourne conseguiram incorporá-lo. Inevitavelmente, todos os projetos trabalharam com soluções do “sistema maior”, por causa do recorte do espaço livre público, entretanto, muitos incorporaram o “sistema menor” também, ampliando a capacidade de drenagem e conectando com o sistema existente da cidade.

Redundância e flexibilidade estão presentes na maioria dos projetos a partir do momento que eles projetam diversos elementos complementares e espalhados que fazem a função de drenagem ou saneamento, reforçando ainda

mais o caráter de sistema descentralizado, onde a presença de alternativas é necessária para caso uma parcela do sistema entre em colapso. Londres, Nova Iorque, Rotterdam e Jakarta implementaram essa estratégia de redundância e possuem mais possibilidade de eficácia da solução de adaptação. Entretanto, dentre essas, somente Jakarta não aplicou a flexibilidade no sistema, tornando-o mais rígido, dificultando a resiliência sócio-ecológica.

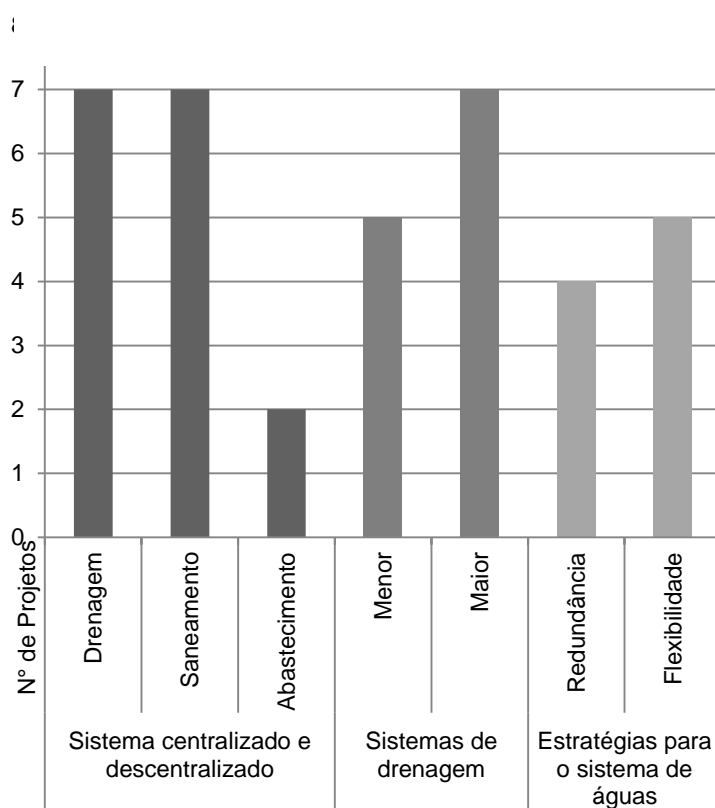
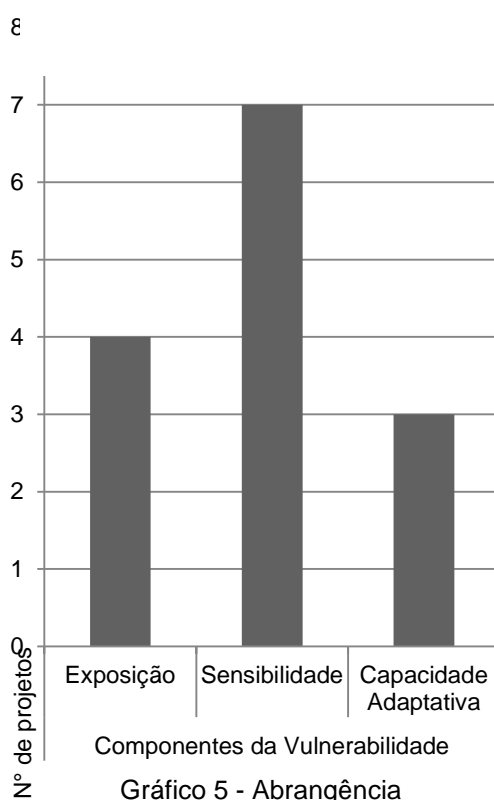


Gráfico 4 - Hibridização

A resposta do grau de adaptação das soluções encontradas em cada projeto é observada em quais componentes da vulnerabilidade (gráfico 5) ocorreu a redução da exposição e sensibilidade, e a ampliação da capacidade adaptativa. Somente dois projetos investiram ampliação da capacidade adaptativa, Nova Orleans e Rotterdam. Para ampliar a capacidade adaptativa, algumas ações foram realizadas, como por exemplo, promoção de educação ambiental, campos de atletismo para apoiar a comunidade, uma instituição educacional e processos participativos para decisões de tomadas na concepção do projeto. Dessa forma, os projetos iniciam um processo de disseminar informação e educar a população sobre os riscos e ameaças que estão expostas. Observar também, através das soluções práticas, auxilia a população a como lidar com tais riscos.

Por outro lado, observa-se uma prioridade dos projetos para a redução da sensibilidade a partir da adaptação do sistema de drenagem (tanto com medida estrutural como com medida baseado no ecossistema). Nova Iorque, Ho Chi Minh e Jakarta trabalharam na redução da sensibilidade e exposição.

Essa sobreposição é o ideal por conseguir abranger mais componentes da vulnerabilidade. Nova Iorque foi a única cidade dentre dessa seleção que conseguiu abranger os três fatores da vulnerabilidade, potencializando suas chances de ampliar sua resiliência sócio-ecológica.



As abordagens (gráfico 6) mais incorporadas pelos projetos foram: dique, parque beira-mar, praia nutritiva, paredes, alagado construído, áreas para retenção da água, gestão de águas pluviais, superfícies permeáveis, integração de caminhos de fluxo em projeto da paisagem e elevação de terra e vias. A partir do gráfico abaixo, observa-se que a mais utilizada foi a reserva de áreas para retenção da água. Contudo, as abordagens se misturam, como por exemplo, em Nova Orleans que integrou seis abordagens; logo em seguida, vem Ho Chi Minh e Melbourne sobrepondo quatro dessas abordagens. Geralmente, a abordagem de áreas para retenção da água anda junto com a gestão de águas pluviais.

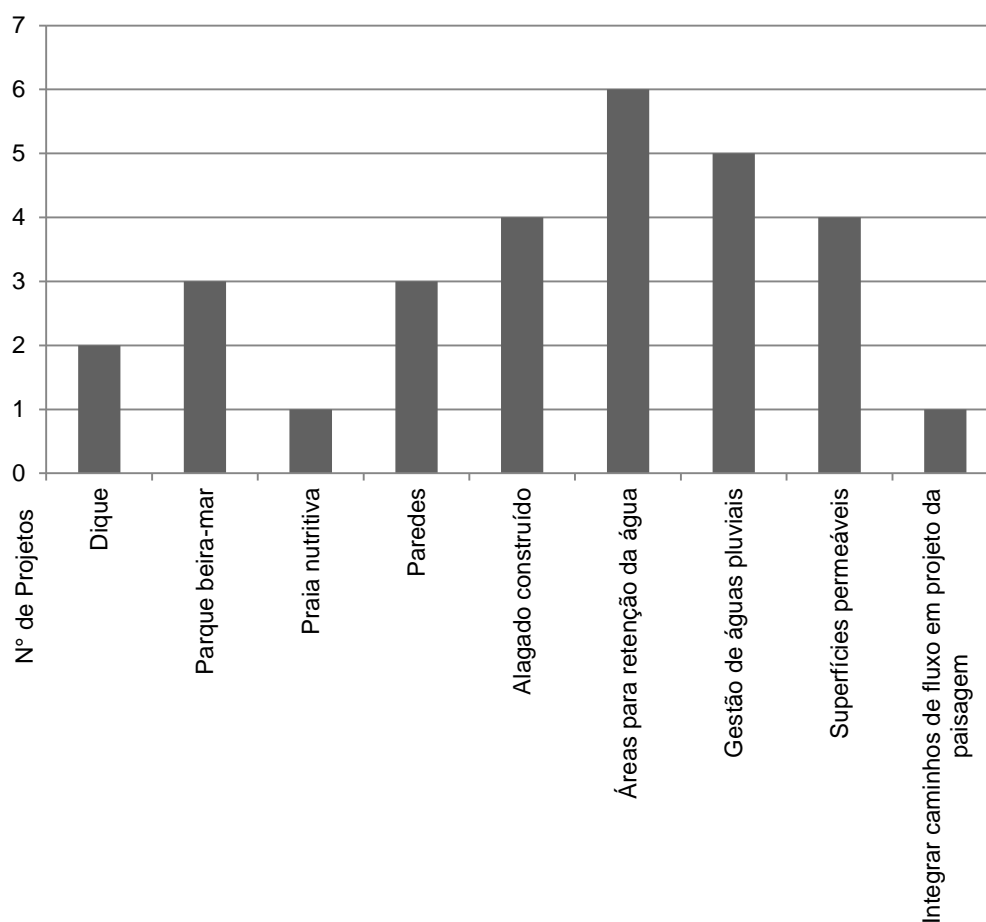


Gráfico 6

A aplicação de praias nutritivas é ainda subestimada, mas de extrema importância a partir do momento que ela atua na restauração do subsistema natural, além de absorver os impactos da inundação terrestre e costeira. Entretanto, os alagados construídos auxiliam nesse papel e ajudam a limpar as águas urbanas. O parque beira-mar pode ser considerada uma das melhores abordagens, pois pode conciliar praias nutritivas, wetland, superfícies permeáveis, dentre outros. E o mais importante é que atende a função ecológica, paisagística e social, como pode ser visto nos projetos de Londres, NY e Jakarta.

7.9.

Considerações sobre os Projetos de Espaços Livres Públicos de Adaptação para Mudança Climática

Esta dissertação enfatiza a necessidade de adaptação à mudança climática principalmente em zonas costeiras de baixa altitude. Essas áreas são consideradas as mais vulneráveis devido a uma grande concentração populacional, de riquezas e centros comerciais expostos aos riscos de inundação terrestre e costeira, além de um alto grau de degradação do subsistema natural por causa das atividades humanas e influências marítimas. O contexto da mudança climática agrava esse quadro de vulnerabilidade através do aumento da intensidade de chuvas e tempestades, temperatura média, e elevação do nível do mar, paralelo a um rápido crescimento populacional formando as megacidades costeiras.

Assim, o trabalho se propôs a contribuir para a discussão sobre soluções práticas de adaptação para essas áreas urbanas costeiras que incorporam o espaço livre público, somando à adaptação outros ganhos em termos de bem estar humano e promoção de melhoria da qualidade de vida das populações urbanas. Para tal, este trabalho teve como objetivo apontar, a partir de exemplos práticos, o potencial da utilização do espaço livre público para estratégias de adaptação em momento de inundação, focado em zonas costeiras de baixa altitude.

O resultado abstraído da pesquisa de acordo com as análises feitas tem-se o material necessário para responder as duas questões centrais levantadas:

(1) Como estão sendo usados hoje no mundo projetos de espaços livres públicos e quais as formas de utilizá-lo em planos de adaptação a momentos de inundação?

A pesquisa apontou certa dificuldade em encontrar projetos que utilizam os espaços livre públicos como estratégias de adaptação. Observou-se que as cidades estão muito focadas na elaboração de documentos explicando os problemas e riscos de diferentes tipos de desastres no contexto da mudança climática, mas a elaboração de soluções práticas ainda é muito defasada. Esses documentos são de extrema importância, e mesmo sendo de fácil acesso pela

internet, será que são divulgados apropriadamente à população a fim de disseminar a informação? Além disso, é necessário dar um passo para frente e responder aos impactos a partir de soluções práticas.

Ao selecionar as cidades e os projetos que seriam estudados, observou-se que as abordagens optadas por eles conseguem desviar da solução tradicional (diques) como sendo a única opção e incorporar diversas tecnologias, estratégias, abordagens de adaptação em um único projeto.

Seis dos projetos estudos foram elaborados após a ocorrência de algum tipo de desastre, agindo de forma reativa. Ou seja, precisaram ocorrer perdas de vidas, materiais e econômicas para que a cidade pudesse tomar uma atitude fora do papel. Somente um agiu de forma antecipatória (Mebourne) ao elaborar uma solução que antecipa a ameaça. Dentro, ainda, dessa linha de tipo de adaptação, as soluções se subdividiram em autônomas e planejadas. Um ponto positivo é que as soluções planejadas foram a opção preterida dos projetos, no qual cinco optaram por criar planos integrando diversas ações para adaptação. Já duas soluções foram concebidas de maneira autônoma, onde o sistema trabalha sozinho. O lado questionável, é que as ações autônomas podem apresentar um melhor desempenho devido a facilidade de manutenção, porém, devem ter mais alternativas espalhadas pelo território, configurando uma rede de adaptações autônomas. Com relação às soluções planejadas, seu funcionamento pleno depende da construção efetiva de todas as ações propostas e do comprometimento financeiro.

Em uma média, os projetos se preocuparam em integrar a natureza, entendendo que ela pode servir como uma proteção natural aos impactos da inundação costeira, melhorar a qualidade de água e promover ambientes mais agradáveis. Essa integração ocorre por causa da medida baseada no ecossistema, onde parques, praias nutritivas e a implantação de alagados construídos (wetland) são uns de seus componentes. Combinados com medidas estruturais, as cidades Londres, Nova Orleans, Nova Iorque e Ho Chi Minh utilizaram essas abordagens integrando com sucesso, aparentemente, o subsistema natural e social. Essa complementaridade entre as medidas estruturais e baseada no ecossistema tendem a ser mais eficientes, pois proporciona mais flexibilidade e redundância ao projeto, cria ambiente mais agradável para uso da população, além de incentivar a integração entre o homem e a natureza.

A medida não-estrutural é implementada em quatro projetos, com implementação de processos participativos da população local de cada cidade, áreas reservadas para a educação e disseminação da informação sobre ameaças que estão expostos. As medidas não-estruturais poderiam ser incorporadas em táticas para educar a população sobre os riscos que elas estão expostas e como agir perante essas situações, onde os projetos poderiam apresentar explicações de como eles funcionam e por que. Por exemplo, áreas reservadas para explicar o contexto climático atual através de exposições ou até mesmo painéis de explicação da descrição do projeto em cada uma dessas áreas, dentre outros. Dos quatro projetos, somente em um (Jakarta) foi identificado uma falha. Nele é proposto uma realocação para populações localizadas nas margens de rios identificadas como áreas de risco. Porém, não foram apresentados estudos socioeconômicos e culturais para verificar se o local de reassentamento seria apropriado para tal comunidade. Outro ponto é que o projeto estabeleceu que o local para o reassentamento será em novas áreas que só serão construídas em outra etapa, quase 30 depois do plano de remanejamento da população. Dessa forma, aonde essas populações que atualmente estão localizadas em áreas de risco ficarão, se suas futuras residências só ficarão prontas daqui a 30 anos? Essa discussão reduz a possibilidade de sucesso dessa ação de realocação, mesmo sendo de extrema importância.

O sistema começa a se preparar para receber a entrada de água, ao invés de tentar enfrentar sua entrada a qualquer custo no espaço urbano – algo já comprovado ser falho devido a observação de práticas passadas e atuais –, dessa forma, as soluções demonstram uma aceitação e planejamento para recebê-la. Estratégias de acomodar começam a se destacar dentre as outras. Entretanto, essa estratégia não trabalha sozinha, e nem é recomendado. As estratégias de acomodar e proteger trabalham juntas, pois a inundação pode originar por terra (precipitações e má drenagem – inundação terrestre) ou por mar (elevação do nível do mar e ondas de tempestade – inundação costeira). As abordagens para proteger evoluíram a partir do momento que o dique dando suporte a uma infraestrutura de transporte não é mais a opção preterida. Isso acontece por causa do início de uma conscientização no mundo científico de que abordagens complementares com a natureza são mais bem sucedidas por conseguirem atender mais aspectos sociais, como o bem estar humano, proporcionar qualidade ambiental, integração com a natureza, preservação ou restauração de áreas naturais, dentre outras características. As abordagens para

proteger utilizam tanto medidas baseadas no ecossistema como estruturais, incorporando parques e áreas de recreação, lazer e convívio para a população, promoção da biodiversidade e habitat natural para a vida silvestre.

As estratégias de recuar são mais trabalhosas, pois precisam de um planejamento de realocação da população em áreas de risco, estudos sócio-econômicos e culturais para manter as características culturais das comunidades. Esses e outros aspectos são de extrema importância e de alta complexidade, e que no único projeto (Jakarta) que propõe realocação não trata ou não explicitou melhor essas questões. Essas questões deveriam ser tratadas considerando a inclusão da esfera decisória, processos participativos, prestar atenção para não ocorrer ruptura de redes sociais com laços de vizinhança e entender o custo político de ações de realocação.

A estratégia atacar, mesmo sendo recente, já começa a ser bastante utilizada em cidades com falta de espaço territorial para expansão. Uma dessas abordagens é conhecida como a reivindicação de terra e pode ser observada no projeto de Jakarta. Porém, algumas problemáticas são levantadas. Uma delas é que dependendo do tipo de tecnologia utilizada, por exemplo, os diques, podem retirar e limitar o espaço da água, além de suprimir a vegetação ou ecossistema natural existente na linha costeira. Essa supressão da vegetação é conhecida como “compressão costeira”, e pode ocorrer também em estratégias de proteger. Por isso, na utilização de estratégias de atacar uma das melhores soluções, ou é implementar o subsistema natural como praias nutritivas e alagados construídos que promovam a biodiversidade – foi feito em Londres e Ho Chi Minh –, ou construir cidades flutuantes ou edificações e espaços livres públicos em estruturas elevadas, sem a utilização de aterros.

Voltando a estratégia de acomodar a água, a preparação do sistema é feita a partir do sistema de drenagem, um dos componentes que tornam possível a adaptação. Os projetos analisados focaram no caminho que a água irá fazer projetando áreas para acomodação da água e trajetos por tubulação subterrânea ou pela superfície. Alguns incorporaram soluções para o tratamento da água e separação do sistema de esgoto com o objetivo de melhorar a qualidade da água, podendo reaproveitá-la de outras formas, como Melbourne, ou reconfigurar os ambientes em cenários da presença ou ausência de água, como Rotterdam e Nova Iorque. O tratamento da água através da vegetação, por exemplo, oferece diversos benefícios para a qualidade do ambiente e de vida.

Alguns projetos não especificaram se o sistema de drenagem proposto irá se ligar diretamente ao sistema existente. Entretanto, todos eles pensaram em como a água irá ser conduzida para evitar a inundação. Londres propôs que a água fosse direto para o Rio Lea, depois de passar por uma área de alagado construindo para retirar os poluentes e não prejudicar o rio. Nova Orleans, Melbourne, Jakarta e Rotterdam também traçaram um caminho de tratamento da água até ser desembocada em algum canal ou Rio. Já Nova Iorque e Mi Cho Minh não especificaram se a inundação terrestre iria ser tratada e se ela iria se ligar ao sistema da cidade ou desembocaria em algum rio.

A revisão literária destacou que no contexto da mudança climática, é fundamental pensar em redundância e flexibilidade. A pesquisa mostrou que os projetos trabalham com os dois reduzindo os riscos de colapso do sistema como um todo ocasionando em inundação. Entretanto, na pesquisa sobre as descrições dos projetos fornecidas pelos autores de cada um deles, esses conceitos não foram destacados e nem mencionado, dando a entender certo desconhecimento sobre a importância de cada uma. Só foi possível identificar a implementação da redundância e flexibilidade por causa da revisão literária.

Sobre um balanço com relação à atuação aos componentes da vulnerabilidade, os projetos focaram mais na redução da exposição e sensibilidade. A sensibilidade foi unânime para todos os projetos, adaptando o sistema de drenagem para momento de inundação. A redução da exposição foi tratada em Londres, Nova Iorque, Ho Chi Minh e Jakarta através de diferentes tipologias de diques (praias nutritivas, parques, etc.), especificamente por estarem localizadas na linha da costa. Três projetos, em combinação com alguns dos outros componentes, ampliaram a capacidade adaptativa a partir de ações como educar, disseminar informações sobre risco e realização de processos participativos da comunidade para elaboração do projeto. Nova Iorque foi a única cidade a conseguir abranger os três componentes da vulnerabilidade, possuindo, assim, mais chances de sucesso. Essas ações possíveis de serem bem sucedidas para redução da vulnerabilidade local são um reflexo da elaboração de um diagnóstico específico para ameaças climáticas.

(2) De que maneira as soluções podem contribuir, para além da adaptação, no bem estar humano, conciliando as funções social, paisagística e ecológica?

Ao utilizar os componentes do espaço livre público e a implementação ou não de áreas verdes, fazem com que algumas funções do espaço para a

população sejam mantidas ou criadas. A criação de um espaço livre público dinâmico e que está adaptado para receber inundações foi observado em diversos projetos. Um deles foi o de Rotterdam, onde uma quadra com uma praça antigamente abandonada, se tornou um espaço livre público que promove diversas atividades de lazer e convívio social para população. Nesse projeto, as soluções para drenar a água são a partir de medidas estruturais, tubulações subterrâneas e na superfície. Entretanto, espaços foram criados tornando a água visível a partir de paredões com cascatas de água captadas em momentos de inundação e pensamento em área com diferentes níveis para o acúmulo de água proporcionando outras atividades. Mesmo sem exercer a função ecológica, o projeto é bastante conceituado e tem vários pontos positivos descritos anteriormente.

Outra criação são parques nas margens de rios ou mar, como em Londres, Nova Iorque, Jakarta, Mi Cho Minh. Alguns deles implementam vegetação e áreas impermeáveis. Essa abordagem cria espaços agradáveis e confortáveis para o lazer, permanência e circulação da população. As funções ecológicas, sociais e paisagísticas foram incorporadas no projeto com o intuito de promover a biodiversidade e a interação entre o homem e a natureza, além de promover uma melhora na qualidade de vida coletiva. Melbourne e Nova Orleans são escalas menores comparadas aos projetos acima. Utilizam praças e conseguem promover as três funções nesse espaço.

Os projetos que promovem a função ecológica exercem melhor desempenho quando configuradas em um sistema de espaço livre. Essa conectividade e rede podem ser observadas em Nova Iorque e Ho Chi Minh. Neles os espaços livres públicos com áreas verdes que exercem função ecológica, são interligados a partir de vias, canteiros, praças, parques e corredores ecológicos. Essa característica em rede amplia a conexão da biodiversidade, além de trazer benefícios para a cidade, como melhora do microclima, espaços agradáveis para o convívio e integração do homem com a natureza.

Projetos que preservam ou criam espaços que exerçam essas três funções, tem o potencial de melhorar não só a qualidade do ambiente, mas também da população. Isso porque, podem promover áreas de lazer, convívio social, trocas, dentre outros. A vida ao ar livre, ou seja, o espaço livre público deve ser agradável, promovendo a melhoria da habitabilidade do ambiente urbano.

As cidades mostraram se preocupar em como utilizar o espaço livre público para se adaptar a momento de inundação no contexto da mudança climática a partir das soluções demonstradas de maneiras diversificadas. Cada cidade apresentou soluções que mesclassem diversas abordagens, pensando não só na segurança da população no enfrentamento das ameaças climáticas, mas também na saúde humana, na configuração de um espaço urbano mais agradável que possa ser usufruído por todos oferecendo várias atividades, e na disseminação de informação sobre os riscos para a população. A decisão de mesclar diversas abordagens amplia a possibilidade de sucesso da adaptação, projetadas para atender diversos aspectos da cidade.

A incorporação da população na tomada de decisões para concepção de projetos é outro passo que agrega valor para as soluções implementadas. Dessa forma, a população é educada sobre os riscos e ameaças que devem enfrentar e, ainda, auxiliam na elaboração de soluções que possam ser usufruídos por eles, os próprios usuários do espaço.

A integração com a natureza foi outro ponto que os projetos se preocuparam em trabalhar. Ao invés de continuar com uma tradição de separação entre os sistemas naturais e sociais, estratégias foram incorporadas para promover essa integração. Tanto nas margens dos corpos hídricos, como no interior do espaço urbano. Algumas cidades foram mais além, e configuraram um sistema de espaço livre das áreas que possuíam função ecológica, dessa forma, a integração do espaço urbano com a natureza é fortalecido.

Dessa forma, a pesquisa se mostrou muito positiva com relação às soluções aplicadas pelas cidades. Seus esforços, comprometimento e intenções ajudam para a construção de cidades resilientes.

Conclusão

De acordo com dados apresentados, o número de mortos ocasionados pelas ações devastadoras da inundação, mesmo que alto, diminuiu. Esse fato se deve a constatação de maiores investimentos governamentais para reduzir as estatísticas de perdas. Porém, o número de pessoas e estruturas expostas pelas ameaças climáticas e aos riscos de inundação continua a aumentar.

A proximidade historicamente buscada pelo homem com a água, através de rios e marés, por motivos de interesse para o desenvolvimento do sistema urbano apresentava vantagens e desvantagens. As vantagens eram que proporcionava benefícios para o comércio, transporte, abastecimento de água, irrigação dos plantios, trocas e atendia as necessidades básicas do homem. As desvantagens começaram a aparecer quando essa proximidade representava também uma ameaça que foi crescendo na mesma medida do crescimento das áreas urbanas com o aumento dos bens e riquezas expostas a eventos costeiros, impermeabilização do solo, desenvolvimento e ocupação em áreas de risco, dentre outras características.

Pode-se dizer que a vulnerabilidade do sistema urbano aumenta a partir do momento que tanto a exposição quanto a sensibilidade são altas, e a capacidade adaptativa é baixa. Ou seja, quanto mais pessoas e bens estão localizados em zonas de risco de inundação, sem infraestrutura e modelo de ocupação adequado, e mais pessoas estão desinformadas sobre os riscos que estão expostos e quais são as consequências de ocupar áreas suscetíveis a inundação, maior o sistema urbano encontra-se vulnerável.

Em um contexto do século XXI, novos desafios foram apresentados, como a mudança climática. Esse fenômeno oferece desafios climáticos como, intensificação de chuvas, aumento da temperatura média global e a elevação do nível do mar, potencializando o risco de inundação. As características destacadas do sistema urbano que realça o despreparo das cidades frente aos riscos de inundação e esse contexto climático reforçam cada vez mais o caráter de vulnerabilidade do sistema urbano ocasionando em desastres.

A partir desse quadro, as megacidades urbanas costeiras de baixa elevação podem ser consideradas as mais vulneráveis. Além das ameaças citadas acima, essas áreas também estão expostas as inundações costeiras. A vulnerabilidade costeira é então definida a partir da sua localização em áreas

LECZ, alto índice de densidade populacional, grande acúmulo de riquezas, reprodução de um modelo insustentável e degradação do subsistema natural costeiro.

Assim, para reduzir a vulnerabilidade costeira, busca-se a resiliência através da adaptação. Para um sistema sócio-ecológico ser resiliente é preciso trabalhar junto com a redução da vulnerabilidade, através da tentativa de entender os subsistemas naturais e sociais como algo interdependente. Dessa forma, juntos podem lidar com as perturbações ou estresses climáticos e aumento do nível do mar.

A adaptação para o enfrentamento de ameaças de inundação e mudança climática é entendida como o ajuste dos subsistemas em resposta a estímulos climáticos atuais e futuros, que modera prejuízos e explora oportunidades benéficas. Para chegar a alcançar a adaptação foram escolhidas três categorias: tipo, tecnologia e estratégia de adaptação.

Cada categoria auxilia na eficácia no plano de adaptação, onde a tecnologia é considerada a partir de uma definição operacional, operando de três maneiras: a partir de medidas estruturais, medidas não estruturais e baseado no ecossistema. É acordado pela comunidade científica que o primeiro passo a ser tomado para adaptação a mudança climática é a ampliação da capacidade adaptativa, ou seja, da disseminação de informação, criação de políticas, dentre outros, fornecido pela medida não-estrutural. Todavia, observa-se ainda hoje que é difícil encontrar políticas que realmente conseguem alcançar seu objetivo e as tecnologias estruturais são práticas ainda falhas ou inexploradas. Por isso, muitos estudos agora estão sendo voltados para medidas baseadas no ecossistema, vendo-a como tendo um grande potencial para proporcionar benefícios adicionais na forma de uma variedade de serviços ecossistêmicos e promover a integração entre homem e natureza.

As estratégias são entendidas como respostas necessárias para proteger a vida humana e a propriedade. Foram identificados quatro tipos: recuar, proteger, acomodar e atacar. A estratégia recuar está ligada as medidas não-estruturais; já as outras três podem variar e transitar nas medidas estruturais e baseado no ecossistema. A mistura de abordagens amplia a capacidade de adaptação do sistema, como por exemplo, a abordagem do parque beira-mar, que caracteriza-se como uma tecnologia de medida estrutural, caso utilize construções de engenharia artificiais para a elevação por terra ou dique; e de medida baseada no ecossistema, caso utilize elementos naturais para

composição do parque. Com relação ao tipo de estratégia, a abordagem atua de forma a proteger e acomodar.

Um elemento da cidade que possui alto potencial para enfrentamento de ameaças ligadas a inundação e aumento do nível do mar são os espaços livres públicos. A cidade é entendida como um conjunto de elementos, sistemas e funções entrelaçados, e que a função pública é exercida também através do espaço livre. A importância do papel do espaço público ressaltando alguns dos seus atributos mais importantes: é por ser um elemento unificador que estrutura, ordena e modela a cidade; quando o projeto de espaço público considera os aspectos ambientais da cidade, pode colaborar à conservação dos recursos naturais e ecossistemas, à redução dos níveis de contaminação e desta forma contribuir para o fortalecimento de um meio ambiente mais adequado e confortável; gerar espaços de convívio e socialização nas diferentes escalas urbanas, o que possibilita que todos os habitantes da cidade possam aproveitá-los. Dessa forma, os espaços livres públicos podem oferecer para população funções de âmbito social, paisagístico e ecológico com o propósito de promover uma melhoria da qualidade de vida e o bem estar humano.

Atualmente vivencia-se um descompasso com relação ao rápido crescimento populacional em zonas costeiras formando megacidades e a mudança climática, e a capacidade do sistema de drenagem convencional. Esse sistema é considerado uma infra-estrutura vital para coletar e transportar as águas pluviais e residuais para fora do espaço urbano. O rápido crescimento populacional exigiria uma melhoria na infra-estrutura urbana para acompanhar e atender de forma adequada a cidade.

Estratégias de adaptação para inundação terrestre e costeira estão se tornando cada vez mais uma prioridade para as megacidades costeiras com alto grau de vulnerabilidade. Como foi constatado, é necessário capacitar o sistema de drenagem através de estratégias que incorporam os componentes do espaço livre público como componentes do “sistema maior”, entendendo que a substituição total da infra-estrutura é um processo gradual e nem economicamente e ambientalmente sustentável. Entretanto, essa abordagem requer espaço físico, fator problemático no contexto atual. Logo, praças, vias, parques, canteiros, margens de corpos hídricos, dentre outros, podem ser adaptados e agregar mais uma função ao seu escopo, como função de adaptação. A ideia é não depender somente de medidas estruturais, no qual já se mostraram rígidas e, com isso, falhas no contexto atual onde lida-se com um

futuro incerto. Logo, redundância e flexibilidade são algumas das características que se buscam em projetos de adaptação.

O trabalho se propôs a contribuir para a discussão sobre soluções práticas de adaptação para essas áreas urbanas costeiras que incorporam o espaço livre público, somando à adaptação outros ganhos em termos de bem estar humano e promoção de melhoria da qualidade de vida das populações urbanas. Para tal, este trabalho teve como objetivo apontar, a partir de exemplos práticos elaborados por cidades membros do “Connecting Delta Cities”, C40 e Resilient Cities - Londres, Nova Orleans, Nova Iorque, Rotterdam, Ho Chi Minh, Jakarta e Melbourne -, o potencial da utilização do espaço livre público para estratégias de adaptação em momento de inundação, focado em zonas costeiras de baixa atitude.

A pesquisa apontou certa dificuldade em encontrar projetos que utilizam os espaços livre públicos como estratégias de adaptação. Entretanto, os projetos selecionados conseguem desviar da solução tradicional (diques) como sendo a única opção e incorporar diversas tecnologias, estratégias, abordagens de adaptação em um único projeto. Além de utilizar mais de um componente do espaço livre público, agregando em alguns casos áreas verdes, e às vezes configurando um sistema em rede.

Em uma média, os projetos elaboraram um diagnóstico referente à quais aspectos do sistema urbano estavam vulneráveis as ameaças climáticas que podem causar inundações terrestres e costeiras. A maioria respondeu a partir de um plano de adaptação de forma reativa, com a incorporação de medidas estruturais, não-estruturais e baseadas no ecossistema de forma complementar, junto com as estratégias de acomodar e proteger (as mais utilizadas).

A adaptação por espaços livre públicos priorizou áreas de permanência com incorporação de áreas verdes, onde as soluções conseguiram responder as funções social, paisagística e ecológica. A preocupação em integrar a natureza, entendendo que ela pode servir como uma proteção natural aos impactos da inundação costeira, melhorar a qualidade de água e promover ambientes mais agradáveis, traz diversos benefícios para a cidade.

Os espaços livres públicos agregaram o sistema de drenagem, efetuando ações para sua melhoria no funcionamento através da redundância e flexibilidade. A separação do sistema de águas (drenagem, saneamento e abastecimento de água) foi fundamental para conseguir melhor a qualidade da

água, tanto a que pode ser reutilizada como a que será despejada nos corpos hídricos.

Um projeto que se destacou foi de Nova Iorque. O plano de adaptação foi complementar a partir de diversas medidas: estrutural, não-estrutural e baseada no ecossistema. A partir da elaboração de um diagnóstico foram apontadas quais as vulnerabilidades que o sistema está ameaçado. Estratégias de proteger e acomodar foram escolhidas para estabelecer os tipos de abordagens que seriam implementadas. Foram mescladas diversas abordagens proporcionando diferentes espaços que oferecem funções social, paisagística e ecológica. Todas essas ações permitiram que o plano de adaptação conseguisse abranger todos os fatores da vulnerabilidade, reduzindo a exposição e sensibilidade, e ampliando a capacidade adaptativa.

9

Referências Bibliográficas

- ADGER, A. et al. Social-Ecological Resilience to Coastal Disasters. **Science**. 309 (5737): 1036-1039 (2005). Disponível em: <<http://www.sciencemag.org/content/309/5737/1036.full>>. Acesso em: jul. 2015.
- ADGER, A. Social and ecological resilience: are they related? **Progress in Human Geography**. 24 (3): 347-364 (2000). Disponível em: <<http://phg.sagepub.com/content/24/3/347.full.pdf+html>>. Acesso em: jul. 2015.
- ARANGO, S.; SALMONA, R. “La arquitectura em La Ciudad”. In: TROVAR, T .et al. **Habitat de Diversidad y Complejidad**. Bogotá: Unilibros, Universidad Nacional de Colombia, 2000, p. 150 – 152.
- ARISZ, H.; BURRELL, C. Urban Drainage Infrastructure Planning and Design Considering Climate Change. **EIC Climate Change Technology**. 1-9 (2006). Disponível em: < http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=4057381>. Acesso em: ago. 2015.
- BENINI, S; MARTIN, E. Decifrando as áreas verdes públicas. **Revista Formação**. 17 (2): 63-80 (2010). Disponível em: <<http://revista.fct.unesp.br/index.php/formacao/article/view/455/489>>. Acesso em: jul. 2015.
- BESSE, J. “A fisionomia da paisagem, de Alexander Von Humboldt a Paul Vidal de La Blache”. In: _____. **Ver Terra: seis ensaios sobre a paisagem e a Geografia**. São Paulo (SP): Perspectiva, 2006, p. 61-74.
- BIRGANI, Y.; YAZDANDOOST, F. A framework for evaluating the persistence of urban drainage risk management systems. **Journal of Hydro-environment Research**. 8 (4): 330–342 (2014). Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1570644314000227#>>. Acesso em: ago. 2015.
- BOSELLO, F.; CIAN, E. Climate change, sea level rise, and coastal disasters. A review of modeling practices. **Energy Economics**. 46: 593–605 (2014). Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0140988313001977#>>. Acesso em: jul. 2014.
- BOSKER, M.; BURINGH, E. City Seeds: Geography and the Origins of the European City System. **Social Science Research Network**, CEPR Discussion Paper No. DP8066, 2010.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Secretaria de Biodiversidade e Florestas. Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade: caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI**. Brasília: MMA, 2007. 212 p. (Série Biodiversidade, 26)
- BRETAGNOLLE, A.; PUMAIN, D.; VACCHIANI-MARCUZZO, C. The organisation of urban systems. **Sciences de l'Homme et de la Société**, Complexity perspective in innovation and social change, D. Lane, D. Pumain, S. Van der Leauw, G. West (Ed.): 197-220 (2009). Disponível em:

<<http://halshs.archives-ouvertes.fr/docs/00/45/97/13/PDF/Organization-Bretagnolle-Hal.pdf>>. Acesso em: jun. 2014.

BUENO, E.; XIMENES, D. A importância da infraestrutura verde no desenho ambiental – estudo da área da Cidade Universitária e Instituto Butantã. **Revista LABVERDE**. 1 (3): 127-154 (2011). Disponível em: <<http://www.fau.usp.br/depprojeto/revistalabverde/edicoes/ed03.pdf>>. Acesso em: jul. 2015.

CAMPOS, T. M. et al. "Desastres: redução e gerenciamento de riscos". In: ABREU, A. R.; REGO, L. F (NIMA). **A Ciência na Rio+20: Uma Visão para o Futuro**. Fórum de Ciência, Tecnologia & Inovação para o Desenvolvimento Sustentável. Rio Janeiro: CNPQ, 2013, p. 166-193.

CLIMATE COUNCIL OF AUSTRALIA. In: STEFFEN, W.; HUNTER, J.; HUGHES, L. **Counting The Costs: Climate Change and Coastal Flooding**. Austrália: Climate Council of Australia Limited, 2014. Disponível em: <<http://www.climatecouncil.org.au/uploads/coastalflooding.pdf>>. Acesso em: Jan. 2015.

Connecting Delta Cities (CDC). **Resilient Cities and Climate Change Adaptation Strategies**. VU University Press: Rotterdam, 2013.

CORREÂ, R. L. Discutindo conceitos: posição geográfica de cidades. **Revista Cidades**. 1(2): 317-323 (2004). Disponível em: <<http://revista.fct.unesp.br/>>. Acesso em: jun. 2014.

DAWSON et al. Assessing the effectiveness of non-structural flood management measures in the Thames Estuary under conditions of socio-economic and environmental change. **Global Environmental Change**. 21 (2): 628–646 (2011). Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959378011000148>>. Acesso em: jul. 2014.

DEPARTMENT FOR COMMUNITIES AND LOCAL GOVERNMENT. "The assessment of flood risk". Planning Policy Statement 25: Development and Flood Risk. Practice Guide. London: Crown, 2009, pp. 37-80.

DIEZ, J. et al. Urban Coastal Flooding and Climate Change. **Journal of Coastal Research**. 64: 205-209 (2011). Disponível em: <http://www.ics2011.pl/artic/SP64_205-209_J.%20J.%20Diez.pdf>. Acesso em: jun. 2015.

DOOCY S, DANIELS A, MURRAY S, KIRSCH T. D. The Human Impact of Floods: a Historical Review of Events 1980-2009 and Systematic Literature Review. **PLOS Currents Disasters**. (2013). Disponível em: <<http://currents.plos.org/disasters/article/the-human-impact-of-floods-a-historical-review-of-events-1980-2009-and-systematic-literature-review/>>. Acesso em: jul. 2014.

FEDERAL EMERGENCY MANAGEMENT AGENCY (FEMA). Base Flood Elevation. Disponível em: < <http://www.fema.gov/base-flood-elevation>>. Acesso em: mai. 2015.

FERREIRA, L. C.; GARUANA, L.; SEIXAS, C. S. Arcabouço de Análise de Vulnerabilidade de Ecossistemas Costeiros frente às Mudanças Ambientais Globais. In.: V ENCONTRO NACIONAL DA ANPPAS, Florianópolis, 2010.

FOLKE, C. et al. A Handful of Heuristics and Some Propositions for Understanding Resilience in Social-Ecological Systems. **Ecology and Society**.

- 11 (1): 1-15 (2006b). Disponível em: <<http://www.ecologyandsociety.org/vol11/iss1/art13/>>. Acesso em: jul. 2015.
- FOLKE, C. et al. Resilience Thinking: Integrating Resilience, Adaptability and Transformability. **Ecology and Society**. 15 (4): 1-9 (2010). Disponível em: <<http://www.ecologyandsociety.org/vol15/iss4/art20/>>. Acesso em: jul. 2015.
- FOLKE, C. Resilience: The emergence of a perspective for social-ecological systems analyses. **Global Environmental Change**. 16 (3): 253-267 (2006a). Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959378006000379>>. Acesso em: jul. 2015.
- FREITAS, C. M. et al. Vulnerabilidade socioambiental, redução de riscos de desastres e construção da resiliência - lições do terremoto no Haiti e das chuvas fortes na Região Serrana, Brasil. **SciELO**. 17(6): 1577-1586 (2012). Disponível em: <<http://www.scielo.br/>>. Acesso em: ago. 2014.
- GOERL, R. F.; KOBAYAMA M. Redução dos desastres naturais: desafio dos geógrafos. **Revista Ambiência - UNICENTRO**. 9(1): 145-172 (2013). Disponível em: <<http://revistas.unicentro.br/index.php/ambiencia/index>>. Acesso em: ago. 2014.
- GONZÁLEZ, J. et al. Rethinking the Galapagos Islands as a Complex Social-Ecological System: Implications for Conservation and Management. **Ecology and Society**. 13 (2): 1-26 (2008). Disponível em: <<http://www.ecologyandsociety.org/vol13/iss2/art13/>>. Acesso em: abr. 2015.
- HAMIN, E.; GURRAN, N. Urban form and climate change: Balancing adaptation and mitigation in the U.S. and Australia. **Habitat International**. 33 (3): 238-245 (2009). Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0197397508000659>>. Acesso em: ago. 2015.
- HARLEY, C. et al. The impacts of climate change in coastal marine systems. **Ecol Lett**. 9 (2): 228-241 (2006). Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16958887>>. Acesso em: jul. 2015.
- HASSAN, A.; LEA, H. The paradox of the sustainable city: definitions and examples. **Environment, Development and Sustainability**. DOI 10.1007 (2014). Disponível em: <<http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10668-014-9604-z>>. Acesso em: jul. 2015.
- HERZOG, I. Águas urbanas: da degradação à renaturalização. In.: VI Encontro Nacional e IV Encontro Latino-americano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis (ELECS), Vitória, 2011.
- HOLLING, C. "Engineering Resilience versus Ecological Resilience". In: SCHULZE, P. **Engineering With in Ecological Constraints**. Washington: National Academy Press, 1996, p. 31-43.
- HOLLING, C. "Resilience". In: MOONEY, H; CANADELL, J. **Encyclopedia of Global Environmental Change, Volume 2, The Earth System**: Biological and Ecological Dimensions of Global Environmental Change. SCOPE: 2002, p. 530-531.
- HOLLING, C.; WALKER, B. Resilience Defined. **Internet Encyclopedia of Ecological Economics**. (2013). Disponível em: <<http://isecoeco.org/pdf/resilience.pdf>>. Acesso em: jul. 2015.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISA ESPACIAL (INPE). **Desastres Naturais e Geotecnologias**: conceitos básicos, 2007. Versão preliminar.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **Climate change 1990**: The IPCC Response Strategies. Contribution of Working Group III to the First Assessment Report (FAR). Cambridge: Cambridge University Press, 1990.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **Climate change 2007: impacts, adaptation and vulnerability**. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press, 2007.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **Climate Change 2013: The Physical Science Basis**. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report: Climate Change 2013 (AR5). Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2013a.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability**. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report: Climate Change 2013 (AR5). Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2013b.

JHA, A.; T. MINER; STANTON-GEDDES, Z. **Building Urban Resilience Principles**: Tools, and Practice. Washington: Banco Mundial, 2013.

JHAN, K. A.; BLOCH, R.; LAMOND, J. "Understanding Flood Hazard". In: _____. **Cities and Flooding**: A Guide to Integrated Urban Flood Risk Management for the 21st Century. Washington: Banco Mundial, 2012. p. 54-122.

_____. "Understanding Flood Impacts". In: _____. **Cities and Flooding**: A Guide to Integrated Urban Flood Risk Management for the 21st Century. Washington: Banco Mundial, 2012. p. 134-183.

_____. "Integrated Flood Risk Management: Structural Measures". In: _____. **Cities and Flooding**: A Guide to Integrated Urban Flood Risk Management for the 21st Century. Washington: Banco Mundial, 2012. p. 190-281.

KLEIN, R. et al. "The resilience of Coastal Megacities to weather-related hazards". In: KREIMER, A.; ARNOLD, M. & CARLIN, A. **Building Safer Cities**: the future of disaster risk. Washington: Banco Mundial, 2003. (Disaster Risk Management Series, 3). p. 101-120.

KLEIN, R.; NICHOLLS, R.; MIMURA, N. Coastal Adaptation to Climate Change: Can the IPCC Technical Guidelines be applied? **Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change**. 4 (3-4): 239-252 (1999). Disponível em: <<http://link.springer.com/article/10.1023%2FA%3A1009681207419>>. Acesso em: jul. 2014.

LEICHENKO, R. Climate change and urban resilience. **Environmental Sustainability**. 3 (3): 164-168 (2011). Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877343510001533#>>. Acesso em: jul. 2015.

LEITE, M. Um sistema de espaços livres para São Paulo. **Estudos Avançados**. 25 (71): 159-174 (2011). Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ea/v25n71/11.pdf>>. Acesso em: jul. 2015.

LEMONS, Maria Fernanda R. Campos. **Adaptação de Cidades para Mudança Climática: uma metodologia de análise para os planos diretores municipais**. Tese (Doutorado em Urbanismo), Programa de Pós-Graduação em

Urbanismo (PROURB), Faculdade de Arquitetura e Urbanismo (FAU), Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro, 2010.

_____. Adaptação de Cidades para a Mudança climática: a construção de cidades sustentáveis e resilientes. Aula ministrada na disciplina Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável, Graduação em Arquitetura PUC-Rio, Rio de Janeiro, março 2012.

LLOYD, M.; PEEL, D.; DUCK, R. Towards a social–ecological resilience framework for coastal planning. **Land Use Policy**. 30 (1): 925–933 (2013). Disponível em:

<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0264837712001172>>. Acesso em: jul. 2015.

LOBODA, C.; ANGELIS, B. Áreas verdes públicas urbanas: conceitos, usos e funções. **Ambiência**. 1 (1): 125-139 (2005). Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/210328312/Areas-Verdes-Publicas-Urbanas-Conceitos-Usos-e-Funcoes#scribd>>. Acesso em: jul. 2015.

MAGNOLI, M. O parque no desenho urbano. **Paisagem Ambiente**. 21: 199-214 (2006). Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/paam/article/view/40250>>. Acesso em: ago. 2015.

McCOOL, S. F.; CLARK, R. N.; STANKEY, G. H. "Chapter 1: Water, Recreation, and Society: Shifting Demands, Rising Concerns, Growing Complexity". In.:____. **Water and people: challenges at the interface of symbolic and utilitarian values**. Portland, OR: U.S. Dept. of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station, 2008, p. 1-18.

_____. "Chapter 2: Symbolic Aspects of Water". In.: STOKOWSKI, P. **Water and people: challenges at the interface of symbolic and utilitarian values**. Portland, OR: U.S. Dept. of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station, 2008, p. 19-53.

MENDES, H. C. Histórico da Expansão Urbana e Incidência de Inundações: O Caso da Bacia do Gregório, São Carlos - SP. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos (RBRH)**. 12(1): 17-27 (2007). Disponível em: <<http://www.abrh.org.br/sgcv3/index.php>>. Acesso em: jul. 2014.

MENDONÇA, E. Apropriações do espaço público: alguns conceitos. **Estudos e Pesquisas em Psicologia**. 7 (2): 296-306 (2007). Disponível em: <<http://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/revispsi/article/view/10926/8628>>. Acesso em: jul. 2015.

METZGER, J. O que é ecologia de paisagens? **Biota Neotropica**, Campinas, SP, v. 1, n. 1/2, p. 1-9, 2001.

MINDA, J.; BARCELLOS, V. **Os Espaços Livres Públicos e o Contexto Local: O caso da Praça Príncial de Pitalito, Huila, Colômbia**. Brasília, 2009. 106p. Dissertação de Mestrado – Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília.

MOKHTAR, B. Urban System and Primate City in Oman. **British Journal of Arts and Social Sciences**. 13(1): 84-95 (2013). Disponível em: <<http://www.bjournal.co.uk/bjass.aspx>>. Acesso em: mai. 2014.

MOOR, M.; ROWLAND, J. (Ed.). **Urban Design Futures**. Lodon: Routledge, 2006, p. 173-190.

MUGUME, S. et al. A global analysis approach for investigating structural resilience in urban drainage systems. **Water Research**. 81: 15–26 (2015).

Disponível em:
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0043135415300142#>.
 Acesso em: ago. 2015.

NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION (NOAA). DigitalCoast. Understanding Coastal Inundation. Disponível em: <http://coast.noaa.gov/digitalcoast/inundation/understand>. Acesso em: mai. 2015.

NEW YORK CITY PLANNING (NYC). In: BURDEN, A. **Coastal Climate Resilience: Urban Waterfront Adaptive Strategies**. NY: 2013.

NICHOLLS, R. J. Coastal Megacities and Climate Change. **Springer**. 37(3): 369-379 (1995). Disponível em: <http://link.springer.com/>. Acesso em: jul. 2014.

NICHOLLS, R; KEBEDE, A. Exposure and vulnerability to climate extremes: population and asset exposure to coastal flooding in Dar es Salaam, Tanzania. **Regional Environmental Change**. 12 (1): 81-94 (2011). Disponível em: <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10113-011-0239-4>. Acesso em: jul. 2015.

NOGUEIRA, J. **La Ordenation urbanística: conceptos, herramientas y prácticas**. Barcelo: Electra, 2003.

OFFICE OF EMERGENCY MANAGEMENT (OEM). NEW YORK CITY. NYC Hazard: Coastal Flooding. Disponível em: http://www.nyc.gov/html/oem/html/hazards/storms_coastalflooding.shtml. Acesso em: mai. 2015.

OLIVEIRA, L. A.; MASCARÓ, J. J. Análise da Qualidade de Vida Urbana Sob a Ótica dos Espaços Públicos de Lazer. **Ambiente Construído**. 7 (2): 59-69 (2007). Disponível em: <http://www.seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/view/3737/2090>. Acesso em: jul. 2015.

ORGANIZATION OF AMERICAN STATES. DEPT. OF REGIONAL DEVELOPMENT AND ENVIRONMENT (OAS). "Chapter 8 - Floodplain Definition and Flood Hazard Assessment". In: _____. **Primer on Natural Hazard Management in Integrated Regional Development Planning**. Washington: 1991, p. 244-291.

PANERAI, P. "Os Tecidos Urbanos". In: _____. **Análise Urbana**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2006, p. 77-108.

PELLING, M. "Understanding adaptation" In: _____. **Adaptation to Climate Change: From Resilience to Transformation**. USA: Routledge, 2011, p.20-53.

RÉMY, J.; VOYÉ, L. **A Cidade: Rumo a Uma Nova Definição?** Porto: Afrontamento, 1997.

RESILIENT CITY. Resilience. Disponível em: <http://www.resilientcity.org/index.cfm?id=11449>. Acesso em: jul. 2015.

ROCHETTE, J. UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME (UNEP). **Coastal zone definition and geographic coverage of the ICZM Protocol**. Disponível em: http://www.unep.org/NairobiConvention/docs/Coastal_zone_definition_and_geographic_coverage_of_the_ICZM_Protocol-Julien_Rochette.pdf. Acesso em: jun. 2015.

ROYAL INSTITUTE OF BRITISH ARCHITECTS (RIBA). **Designing for Flood Risk**. London: RIBA, 2009.

ROYAL INSTITUTE OF BRITISH ARCHITECTS (RIBA) E INSTITUTION OF CIVIL ENGINEERS (ICE). **Facing Up To Rising Sea-Levels: Retreat? Defend? Attack?**. London: RIBA e ICE, 2009.

SAPKOTA, M. et al. An Overview of Hybrid Water Supply Systems in the Context of Urban Water Management: Challenges and Opportunities. **Water**. 7 (1): 153-174 (2015). Disponível em: <<http://www.mdpi.com/2073-4441/7/1/153>>. Acesso em: ago. 2015.

SEÇKİN, Y. Ç. Understanding the relationship between human needs and the use of water in landscape design. **AJZ ITU Journal of the Faculty of Architecture**. 7(1): 1-17 (2010). Disponível em: <<http://www.az.itu.edu.tr/>>. Acesso em: ago. 2014.

SECRETARIA DA ESTRATÉGIA INTERNACIONAL PARA REDUÇÃO DE DESASTRES (EIRD). **Glossário da Estratégia Internacional para Redução de Desastres (EIRD/ONU)**. FIOCRUZ (EPA). Disponível em: <<http://www.fiocruz.br/omsambiental/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?infoid=293&sid=15>>. Acesso em: jun. 2014.

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO - INSTITUTO GEOLÓGICO. **Desastres Naturais: conhecer para prevenir**. São Paulo: 2009. Disponível em: <http://www.ambiente.sp.gov.br/wp-content/uploads/publicacoes/instituto_geologico/DesastresNaturais.pdf>. Acesso em: jun. 2010.

SEMADENI-DAVEIS et al. The impacts of climate change and urbanization on drainage in Helsingborg, Sweden: Combined sewer system. **Journal of Hydrology**. 350 (1-2): 100–113 (2008). Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022169407002910>>. Acesso em: ago. 2015.

SILVA, G.; LOPES, W.; LOPES, J. Evolução, mudanças de uso e apropriação de espaços públicos em áreas centrais urbanas. **Ambiente Construído**. 11 (3): 1-16 (2011). Disponível em: <<http://www.seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/view/13193>>. Acesso em: mai. 2014.

SITZENFREI, R.; MODERL, M.; RAUCH, W. Assessing the impact of transitions from centralised to decentralised water solutions on existing infrastructures. **Water Research**. 47 (20): 7251–7263 (2013). Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0043135413008221>>. Acesso em: ago. 2015.

SMIT, B.; PILIFOSOVA, O. “From Adaptation to Adaptive Capacity and Vulnerability Reduction”. In: SMITH, J.; KLEIN, R. & HUQ, S. (Eds.). **Climate Change: adaptive capacity and development**. London: Imperial College Press, 2003. p. 9-28.

SMIT, B.; WANDEL, J. Adaptation, adaptive capacity and vulnerability. **ScienceDirect**. 16 (3): 282-292 (2006). Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959378006000410>>. Acesso em: mai. 2014.

SMIT, B.; BURTON, I.; KLEIN, R.; WANDEL, J. An Anatomy of Adaptation to Climate Change and Variability. **Springer**. 45: 223-251 (2000). Disponível em: <<http://link.springer.com/article/10.1023%2FA%3A1005661622966>>. Acesso em: mai. 2014.

THRIFT, N. "Space, the Fundamental Stuff of Geography". In: HOLLOWAY, L.; RICE, P.; VALENTINE, G. (eds.). **Key Concepts in Geography**. 6 ed. London: Sage, 2007, p. 95-108.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME (UNEP). In: CHRISTIANSEN, L.; OLHOFF, A.; TRAERUP, S. **Technologies for Adaptation: Perspectives and Practical Experiences**. Denmark: Risø Centre, 2010.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME (UNEP). In: LINHAM, M.; NICHOLLS, R. **Technologies for Climate Change Adaptation: Coastal Erosion and Flooding**. University of Southampton: 2010.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME (UNEP). In: GROSSMAN. Et al. **Ecosystem-based Adaptation to Climate Change: a cost benefit analysis**. Bren School of Environmental Science & Management University of California at Santa Barbara: 2010.

UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE (UNFCCC). **Technologies for adaptation to climate change under the UNFCCC process**. Seminar on the development and transfer of environmentally sound technologies for adaptation to climate change. Disponível em: <http://unfccc.int/ttclear/templates/ttclear/templates/render cms_page?s=events_workshops_WshpTobago>. Acesso em: mai. 2014.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). Climate Change: science. **Future Climate Change**. Disponível em: <<http://www.epa.gov/climatechange/science/future.html>>. Acesso em: out. 2014.

WILBANKS T. J.; FERNANDEZ, S. J. Chapter 2: Background. In: _____. **Climate Change and infrastructure, urban systems, and Vulnerabilities: Technical Report for the U.S. Department of Energy in Support of the National Climate Assessment**. Washington, DC: Island Press, 2013, p. 3-16.

YUAN, L. et al. Ecosystem-based coastal zone management: a comprehensive assessment of coastal ecosystems in the Yangtze Estuary coastal zone. **Ocean & Coastal Management**. 95: 63-71 (2014). Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0964569114000994>>. Acesso em: jun. 2015.

ZHOU, Q. A Review of Sustainable Urban Drainage Systems Considering the Climate Change and Urbanization Impacts. **Water**. 6 (4): 976-992 (2014). Disponível em: <<http://www.mdpi.com/2073-4441/6/4/976>>. Acesso em: ago. 2015.

ZHOU, Q. et al. Adaption to Extreme Rainfall with Open Urban Drainage System: An Integrated Hydrological Cost-Benefit Analysis. **Environmental Management**. 51 (3): 586-601 (2013). Disponível em: <<http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00267-012-0010-8>>. Acesso em: ago. 2015.

Apêndice

Referências	Abordagens	Estratégias de adaptação			
		Proteger	Acomodar	Recuar	Atacar
NYC (2013)	Elevação de terra e vias	1			
	Paredes	1			
	Parques beira-mar	1	1		
	Recuo estratégico			1	
	Anteparas	1			
	Revestimentos	1			
	Praia nutritiva	1	1		
	Praias e dunas	1	1		
	Diques	1			
	Dique multiuso	1			
	Quebra-mar	1			1
	Alagado construído	1	1		
	Molhes	1			1
	Recifes artificiais	1			1
	Ilhas flutuantes	1			1
	Ilhas quebra-construídos	1			1
	Barreiras de ondas	1			1
RIBA (009)	Alteração morfológica da costa		1		
	Polders	1	1		1
	Armazenamento da inundação em domínio público		1		
	☑ Integrar caminhos de fluxo em projeto da paisagem		1		
	Sistema urbano de drenagem sustentável para águas urbanas		1		
	Superfícies permeáveis		1		
	Lagoas de retenção		1		
	Rotas de fuga seguras		1		
TOTAL	Áreas de fuga seguras		1		
	Áreas para retenção da água		1		
		17	14	1	7

Tabela 3 - Tabela Comparativa de Adaptações - Relação Abordagens e Estratégias de Adaptação de acordo com diferentes autores

Referências	Abordagens	Tecnologia de adaptação		
		Medida estrutural	Medida não estrutural	Baseado no ecossistema
NYC (2013)	Elevação de terra e vias	1		
	Paredes	1		
	Parques beira-mar	1		1
	Recuo estratégico		1	1
	Anteparas	1		
	Revestimentos			
	Praia nutritiva			1
	Praias e dunas			1
	Diques	1		
	Dique multiuso	1		1
	Quebra-mar	1		
	Alagado construído			1
	Molhes	1		
	Recifes artificiais	1		1
	Ilhas flutuantes			1
	Ilhas quebra-construídos			1
	Barreiras de ondas	1		
	Alteração morfológica da costa			1
	Polders	1		1
RIBA (009)	Armazenamento da inundação em domínio público	1		1
	☐ Integrar caminhos de fluxo em projeto da paisagem	1		1
	Sistema urbano de drenagem sustentável para águas urbanas	1		1
	Superfícies permeáveis	1		
	Lagoas de retenção	1		1
	Rotas de fuga seguras	1	1	
	Áreas de fuga seguras	1		
	Áreas para retenção da água	1		1
TOTAL		31	2	16

Tabela 4 - Tabela Comparativa de Adaptações - Relação Abordagens e Estratégias de Adaptação de acordo com diferentes autores

	Diagnóstico			Complementaridade							
	Risco de Inundação			Adaptação							
	Diagnóstico	Tipo de Inundação		Tipo de adaptação				Tecnologia de adaptação			
		terrestre	Costeiro	Reativa	Antecipatória	Autônoma	Planejada	Medida estrutural	Medida não-estrutural	Baseado no ecossistema	
Projetos											
Londres		1	1	1			1	1		1	
Nova Orlenas	1	1		1			1	1	1	1	
Nova Iorque	1	1	1	1			1	1	1	1	
Rotterdam		1		1		1		1	1		
Ho Chi Minh	1	1	1	1			1	1		1	
Jakarta	1		1	1			1	1	1	1	
Melbourne		1			1	1		1		1	

Tabela 5 - Relação dos Projetos e Critérios para Análise

	Complementaridade					Conectividade						
	Adaptação					Adaptação por ELP						
	Estratégias de adaptação					Componentes do ELP						
Projetos	Proteger	Acomodar	Recuar	Atacar	Vias	Passeio	Canteiro	Parque	Praça	Margens e corpos hídricos		
Londres	1	1		1				1		1		
Nova Orlenas		1							1			
Nova Iorque	1	1			1	1	1	1	1	1		
Rotterdam		1							1			
Ho Chi Minh	1	1		1	1			1		1		
Jakarta	1		1	1				1		1		
Melbourne		1							1			

Tabela 6 - Relação dos Projetos e Critérios para Análise

	Conectividade				Hibridização			
	Adaptação por ELP				Adaptação Infra-estrutura			
	Áreas verdes	Áreas verdes	Funções		Sistema centralizado e descentralizado			
Projetos	Vegetação	Permeabilidade	Ecológica	Paisagística	Social	Drenagem	Saneamento	Abastecimento
Londres	1	1	1	1	1	1	1	1
Nova Orlenas	1	1	1	1	1	1	1	
Nova Iorque	1	1	1	1	1	1	1	
Rotterdam	1			1	1	1	1	
Ho Chi Minh	1	1	1	1	1	1	1	
Jakarta	1		1	1	1	1	1	
Melbourne	1	1	1	1	1	1	1	1

Tabela 6 - Relação dos Projetos e Critérios para Análise

	Hibridização				Abrangência				Abordagens	
	Adaptação Infra-estrutura		Redução da Vulnerabilidade							
	Sistemas de drenagem		Componentes da Vulnerabilidade							
	Menor	Maior	Redundância	Flexibilidade	Exposição	Sensibilidade	Capacidade Adaptativa	Dique		Parque beira-mar
Projetos										
Londres		1	1	1	1	1				1
Nova Orlenas	1	1		1		1	1			
Nova Iorque		1	1	1	1	1	1			1
Rotterdam	1	1	1	1		1	1			
Ho Chi Minh	1	1			1	1		1		
Jakarta	1	1	1	1	1	1		1		1
Melbourne	1	1		1		1				

Tabela 6 - Relação dos Projetos e Critérios para Análise

Abordagens							
Projetos	Praia nutritiva	Paredes	Alagado construído	Áreas para retenção da água	Gestão de águas pluviais	Superfícies permeáveis	Integrar caminhos de fluxo em projeto da paisagem
Londres	1	1	1	1			
Nova Orlenas		1	1	1	1	1	1
Nova Iorque		1				1	
Rotterdam				1	1		
Ho Chi Minh			1	1	1	1	
Jakarta				1	1		
Melbourne			1	1	1	1	

Tabela 7 - Relação dos Projetos e Critérios para Análise