

| 342 | MUDANÇAS CLIMÁTICAS E POSSÍVEIS IMPACTOS NAS CIDADES COSTEIRAS DO NORDESTE BRASILEIRO

Luiz Priori Junior

Resumo

O objetivo deste artigo é discutir algumas das bases teóricas e reflexões a respeito dos possíveis impactos sobre o meio ambiente urbano, resultantes de mudanças climáticas, buscando formas de contribuir para a redução da vulnerabilidade nas cidades costeiras do nordeste brasileiro. O estudo enfoca diferentes aspectos, abordados na literatura, que explicam as razões para possíveis mudanças no clima estarem ocorrendo e os seus efeitos sobre as áreas litorâneas do Nordeste do Brasil. As mudanças climáticas podem ser consideradas um risco para todos os países e seus habitantes, particularmente grave para os mais pobres. Dentre os diversos fenômenos que podem ocorrer nas cidades litorâneas do Nordeste do Brasil, decorrentes de possíveis mudanças climáticas globais, esse estudo, aborda: aumento da temperatura, chuvas intensas e elevação do nível do mar e seus efeitos sobre o meio ambiente urbano. No nível mundial, estima-se que 634 milhões de pessoas vivam em áreas costeiras com altitude menor que 10m acima do nível do mar. No caso específico do Nordeste do Brasil temos as capitais e maiores cidades, incluindo as três grandes metrópoles regionais – Fortaleza, Recife e Salvador .

Palavras-chaves: Mudanças Climáticas; Meio Ambiente Urbano; Cidades Costeiras.

1 Introdução

Segundo o Painel de Alto Nível do Secretário-Geral das Nações Unidas sobre Sustentabilidade Global, através do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA, 2012), a mudança climática é um risco para todos os países e pessoas, sendo esses riscos particularmente graves para os mais pobres do mundo.

Vários autores (FRIEDMAN, 2006; 2008; SACHS, 2005; 2008; CRAMER & KARABELL, 2010) abordam o crescimento e a urbanização da população mundial, apresentando uma previsão para o ano de 2050, em que 70% da população mundial será urbana e o planeta viverá na era das megacidades – possuindo mais de cem áreas urbanas, com mais de 10 milhões de habitantes. É importante ressaltar que esse incremento se dará

principalmente nas regiões menos desenvolvidas do planeta, em contraste com as regiões mais desenvolvidas, onde o crescimento populacional será praticamente zero.

De acordo com recentes análises de padrões populacionais, estima-se que 634 milhões de pessoas vivam em áreas costeiras com altitude menor que 10m acima do nível do mar (BEATLEY, 2009). Como é o caso da Região Metropolitana do Recife.

A colonização e o desenvolvimento do Brasil deram-se a partir do litoral, pela zona costeira, que ainda acomoda a maioria das cidades mais populosas do país, oito entre as dez maiores regiões metropolitanas do Brasil encontram-se a menos de 100 km da costa. Dos 26 estados brasileiros, 16 têm áreas costeiras, e, em todos eles - com exceção do Estado do Piauí -, as suas capitais (e maiores cidades) localizam-se no litoral, a menos de 100 km do mar.

No caso específico do Nordeste do Brasil, as capitais e maiores cidades incluindo as três grandes metrópoles urbanas - Fortaleza, Recife e Salvador - estão localizadas na costa. Nos nove estados da região, mais da metade das populações vive nas regiões metropolitanas de suas capitais, ou seja, no litoral. Como também, devido à carência das vias para escoamento da produção, os principais centros industriais da região estão localizados em áreas portuárias, como o de Suape, em Pernambuco; Camaçari, na Bahia e Pecém, no Ceará.

2. Entendendo as mudanças climáticas

Segundo IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*), a mudança climática constitui-se em uma alteração no estado do clima que pode ser identificada por alterações na temperatura média e/ou na variabilidade de suas propriedades e que persiste durante um longo período de tempo, tipicamente por décadas ou mais (IPCC, 2012, p. 29).

Numa abordagem simplificada, as mudanças climáticas derivam do fenômeno caracterizado como “aquecimento global”, que tem a causa basilar no acúmulo excessivo de gases que causam o chamado efeito estufa (CO_2 - dióxido de carbono; CO - monóxido de carbono; CH_4 - metano). Esses gases ficam retidos e formam uma camada ao redor do planeta, que age como uma espécie de escudo, impedindo que os raios infravermelhos sejam rebatidos de volta ao espaço, retendo-os assim na atmosfera e elevando a temperatura da terra.

Para Conrado *et al.* (2012), este problema “tem sua origem no ciclo do carbono no planeta, que vem sendo constantemente acelerado pela atividade antrópica, com a extração e

queima de petróleo e carvão, além das queimadas de florestas e das emissões de metano das grandes hidrelétricas, plantações inundadas, como o arroz, e dos grandes rebanhos de gado”.

Entretanto, de acordo com o IPCC (2007), a mudança climática pode ser devida a processos naturais constrangentes internos ou externos, ou alterações antropogênicas persistentes na composição de atmosfera ou no uso da terra. As mudanças climáticas antropogênicas são projetadas para continuar além desse século, conclusão esta que é fortalecida pela grande variedade de cenários de emissões de gases de efeito estufa no futuro.

Segundo o UNISDR – *United Nations International Strategy for Disaster Reduction* –, os efeitos locais das mudanças climáticas são incertos. Resultados de recentes projetos de avaliação na alteração da frequência, intensidade, extensão espacial ou duração (no tempo e no clima) de eventos climáticos extremos – incluindo condições climáticas e eventos hidrometeorológicos como: ondas de calor, eventuais chuvas pesadas, secas e ciclones tropicais –, demonstram que as mudanças climáticas, num contexto de crescente vulnerabilidade, suscitarão uma propensão para efeitos adversos graves, que gerará maiores esforços nos sistemas humanos e naturais, em muitos lugares ao redor do mundo (UNISDR, 2012).

Apesar da preocupação das Nações Unidas – evidenciadas através das ações do PNUMA e do Protocolo de Quioto – com as mudanças climáticas, as emissões anuais globais de dióxido de carbono (advindas da combustão de combustíveis fósseis), entre 1990 e 2009, aumentaram, aproximadamente, 38%. Também foi constatada uma evolução na taxa de crescimento das emissões, sendo mais rápida após o ano 2000 do que na década de 1990. Dessa forma, pode-se concluir que as ações concebidas não são suficientes para gerar uma redução nas emissões e que o mundo ainda enfrenta desafios para limitar o aumento global da temperatura a 2°C em relação aos tempos pré-industriais (PNUMA, 2012).

O próprio PNUMA, em seu relatório editado em 2011, sobre os caminhos para o desenvolvimento sustentável e a redução da pobreza, afirma que o mundo ainda não está tomando medidas agressivas em relação às mudanças climáticas, uma vez que o nível global de CO₂ chegou a 389 ppm (partes por milhão) em 2010 e que, na ausência de mudanças significativas nas políticas, está a caminho de ultrapassar 450 ppm, nas próximas décadas. Segundo esse relatório, os níveis de emissão atuais se coadunam com trajetórias que levariam a uma provável elevação da temperatura na Terra de 2,5 a 5°C, até o final do século XXI. Essa situação colocará milhões de vidas em risco devido ao aumento da desnutrição; do número de doenças ou lesões causadas por ondas de calor; do número de desastres

meteorológicos e das mudanças no âmbito geográfico de alguns vetores de doenças infecciosas (PNUMA, 2011).

3. Fenômenos decorrentes das mudanças climáticas

Diversos fenômenos decorrentes de possíveis mudanças climáticas globais podem ser enumerados (RIBEIRO, 2008; SATTERTHWAITTE, 2007; GASPER, 2011; IPCC 2007; 2012; MACHADO, 2008; MOLION, 2012; CONRADO *et al.*, 2012; PILKEY & YOUNG, 2009; BAETLEY, 2009), entretanto, para esse estudo, dar-se-á prioridade àqueles que podem ocorrer nas cidades litorâneas da costa do Nordeste do Brasil: aumento da temperatura, chuvas intensas e elevação do nível do mar, e seus efeitos sobre o meio ambiente urbano.

3.1 Aumento da Temperatura

A temperatura média na superfície da Terra é um indicador chave para as mudanças climáticas. De acordo com o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), a temperatura média da superfície global (incluindo terra e oceanos) aumentou $0,64^{\circ} \pm 0,13^{\circ}$ C entre 1956-2005. O IPCC não forneceu uma revisão semelhante às temperaturas médias apenas da terra, entretanto, os grupos NOAA - *National Oceanic and Atmospheric Administration* - e a NASA - *National Aeronautics and Space Administration* - estimaram o aumento da temperatura da Terra durante a década de 2000, em relação à década 1950, entre $0,81^{\circ}$ e $0,93^{\circ}$ C (ROHDE *et al.*, 2012).

É importante ressaltar que mesmo pequenos aumentos na temperatura média podem resultar em grandes alterações na frequência de extremos. Para as cidades com maior densidade populacional, as temperaturas no centro das "ilhas de calor" podem ser vários graus mais elevadas do que nas áreas circundantes; nas cidades tropicais, a diferença de temperatura pode chegar a 10 graus no final da noite. A maioria das cidades da África, da Ásia, da América Latina e do Caribe vão experimentar ondas de calor. Além disso, muitas cidades terão de enfrentar mais problemas com determinados poluentes atmosféricos, visto que a concentração de poluentes no ar é uma resposta às mudanças climáticas e que, em parte, a formação desses poluentes depende da temperatura e da umidade. Isto tem uma importância especial para a Ásia e para a América Latina, onde estão situadas a maioria das cidades com altos níveis de poluição do ar (SATTERTHWAITTE, 2007).

3.2 Chuvas Intensas

Nas áreas urbanas, as falhas no enfrentamento dos impactos das mudanças climáticas sobre os recursos hídricos podem deixar seus habitantes vulneráveis a uma série de desastres, que podem ser pontuais e imediatos ou se processarem de forma lenta e contínua. São exemplos os danos causados pelas inundações aos assentamentos urbanos: as falhas no fornecimento de água e eletricidade – com reflexo na saúde pública –, a queda no desempenho econômico e a ameaça à sustentabilidade das comunidades urbanas. (MULLER, 2007; VALENCIO, 2005).

As questões mais difíceis no gerenciamento de fontes de água estão relacionadas aos impactos das mudanças de temperatura e da precipitação pluvial na disponibilidade de água. Para entender completamente os impactos das mudanças climáticas sobre as comunidades urbanas, é necessário ser capaz de prever o volume de precipitação média e os fluxos das correntes, como também, os fluxos extremos para poder projetar a infraestrutura capaz de suportá-los (MULLER, 2007).

Segundo Ribeiro (2008), fazem parte do cotidiano de algumas cidades brasileiras, dois graves efeitos do aumento das chuvas intensas em certas estações do ano: os alagamentos e os escorregamentos de encostas. Essa situação é mais grave nas metrópoles de São Paulo, Rio de Janeiro, Belo Horizonte, Salvador e Recife, onde as condições geográficas das encostas e barreiras são agravadas pela concentração populacional em vertentes com mais de 70 graus de declividade.

O IPCC observou os impactos dramáticos sobre o abastecimento de água que poderiam surgir das mudanças climáticas, provavelmente sob condições extremas, como as obras de captação, abastecimento e tratamento d'água, que geralmente estão localizadas ao lado de rios e, muitas vezes, são os primeiros itens de infraestrutura a serem afetados pelas inundações (SATTERTHWAITE, 2007).

Todavia, a falta de chuvas também traz um efeito nefasto sobre o abastecimento de água e de outros importantes recursos naturais. Durante o século passado, a média de precipitação nas quatro estações do ano tendeu a diminuir em todas as principais regiões áridas e semiáridas do mundo: no Norte do Chile, no Nordeste brasileiro, no Norte do México, na África Ocidental e na Etiópia, nas partes mais secas do Sul da África e no Oeste da China (RHODE, 2012).

3.3 Elevação do Nível do mar

Durante os últimos 2,5 milhões de anos, no planeta Terra, o nível dos oceanos variou em intervalo de mais de 150 m e os limites das áreas costeiras moveram-se, vários

quilômetros, avançando para o interior ou retraindo-se para o litoral. De fato, esse movimento do nível do mar tem sido uma constante desde a origem dos oceanos. Dentro dessa lógica, não haveria necessidade de tanta preocupação com um efeito natural da evolução do planeta. A grande diferença, porém, entre um aumento no nível do mar no passado e na atualidade, está no efeito que esse fenômeno poderá causar em uma área hoje densamente povoada, com grandes cidades, indústrias e portos aglomerados nas zonas costeiras, formado uma infraestrutura maciça e virtualmente imóvel, ou muito difícil de ser deslocada (PILKEY & YOUNG, 2009).

Em termos gerais, existem dois tipos de mudanças no nível do mar, uma local (isostática) e uma global (eustática), ambas devendo ser consideradas. As mudanças isostáticas resultam de fatores que estão causando oscilações na litosfera local e a elevação eustática do nível do mar é simplesmente a medida do aumento do volume de água nos oceanos, expressa pelo aumento no nível do mar.

Atualmente o nível estático no mar está se elevando na ordem de aproximadamente 2mm/ano pela média dos últimos cem anos e em torno de 3mm/anos pela média dos últimos quinze anos, sendo que a taxa de aumento eustático no nível do mar está se acelerando, em resposta ao aquecimento global. A variação eustática do nível do mar pode ocorrer de duas maneiras: através da variação na área das bacias ou através da mudança no volume de água contido nos oceanos. A variação atual é uma decorrência do segundo fenômeno (PILKEY & YOUNG, 2009).

O volume de água nos oceanos pode aumentar por duas maneiras, a primeira através da adição de mais água e a segunda pelo aumento da temperatura da água. Através do aquecimento da temperatura, os oceanos absorvem um grande montante de calor. A mais recente previsão para o aumento no nível do mar, feito pelo Painel Intergovernamental para Mudanças Climáticas das Nações Unidas (IPCC), é baseado primordialmente na expansão térmica.

O relatório do IPCC (2007) estimou que no período de 1961-2003, aproximadamente 60% do aumento no nível do mar foi resultante da adição de mais água aos oceanos, proveniente do derretimento de geleiras, enquanto os 40% restantes foram por expansão térmica. Entretanto, para o período de 1993-2003, essa relação se inverteu, com a expansão térmica sendo responsável por 60% desse aumento.

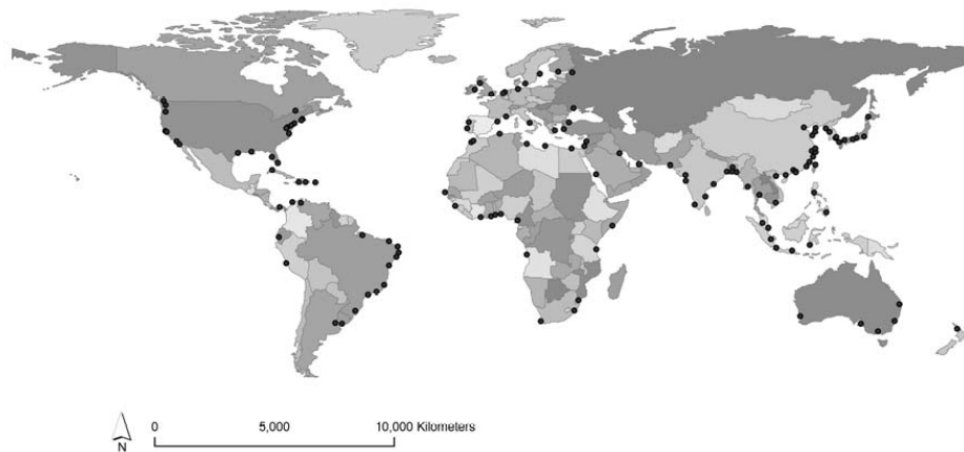
De acordo com o relatório *AR4 Report Summary* IPCC (2007), o nível do mar se elevará entre 18 e 58 cm até o final do século, devido principalmente à expansão do volume e adição de mais água proveniente do degelo. A expansão térmica dos oceanos continuará por

muitos anos, mesmo depois de cessar a emissão de gases do efeito estufa. O nível do mar se elevará de 0,2 a 0,6m, como consequência da expansão térmica, por cada grau Celsius de aquecimento médio global.

4. Reflexos nas áreas costeiras

As zonas costeiras concentram grande parte da população na maior parte dos países, sendo áreas especialmente vulneráveis a perturbações naturais ou humanas (SANTOS, 2009). Segundo dados apresentados no relatório da OCDE - *Organisation for Economic Co-operation and Development* (NICHOLLS *et al.*, 2008), sobre as “Cidades Portuárias com maior Exposição e Vulnerabilidade às Mudanças Extremas do Clima”, das 136 cidades do mundo com mais de 1.000.000 de habitantes (em sua área metropolitana) mais vulneráveis ao aumento do nível do mar, dez estão no Brasil, sendo cinco na região Nordeste (figura 1).

Figura 1 - Cidades com mais de 1.000.000 de habitantes, em sua área metropolitana, mais vulneráveis ao aumento do nível do mar.



Fonte: Nicholls *et al.* (2008).

A grande população que reside em áreas costeiras ao redor o mundo é, em maior ou menor escala, mais vulnerável a perigos relacionados ao clima. Alguns fenômenos podem afetar toda a paisagem terrestre, como as secas, as inundações e as cheias de rios, e a má qualidade do ar, enquanto alguns perigos, relacionados ao clima, são mais específicos para locais costeiros, dentre eles, os mais impactantes são: a erosão da costa, as tempestades e danos provocados pelo vento e as inundações pelo aumento no nível do mar (KLEINA *et al.*, 2003).

Segundo o IPCC, é muito provável que o incremento da temperatura média global seja devido ao aumento da concentração dos gases de efeito estufa, pelas atividades humanas, que supostamente elevaram a concentração de CO₂ a 379 ppm em 2005, ultrapassando seu limite natural, que seria de 300 ppm. E, ainda, é possível que o aumento médio de temperatura para a concentração de CO₂ dobrada estaria entre 2 e 4,5°C e que uma das consequências seria o aumento do nível do mar até 0,6 metros. (MOLION, 2012).

A largura da faixa de avanço do mar sobre as zonas costeiras pode ser medida pela relação: $R = S/\tan\theta$, sendo R a distância que a costa retraiu, S a elevação do nível do mar e θ a declividade da costa. Todavia, uma previsão da elevação no nível do mar deve envolver outras variáveis como frequência, duração e intensidades de tempestades nas próximas décadas e a quantidade de areia que será trazida pelo mar à praia ou que virá de outras praias, ou, ainda, pela erosão de estuários e rios (PILKEY & YOUNG, 2009, p. 56). Entretanto, uma coisa é certa, quanto mais plana e arenosa a costa, mais rápido é o avanço do mar, como acontece com as praias do Nordeste do Brasil. No plano nacional, os principais efeitos causados pela elevação do nível do mar seriam:

- Perda de áreas agrícolas.
- Inundações.
- Aumento da vulnerabilidade a tempestades.
- Aumento da salinização superficial e das águas subterrâneas.
- Aumento das cheias dos rios pela elevação da maré.
- Perdas na biodiversidade.
- Perdas na piscicultura.
- Declínio do turismo com a erosão das praias e ameaça aos *resorts*.

Entre os países com maiores problemas estão aqueles com grandes extensões de áreas costeiras desenvolvidas e fortemente povoadas como os Estados Unidos, a China e o Brasil.

5. Impactos no meio ambiente urbano

Centenas de milhões de habitantes urbanos, nos países de renda média, estão sob risco direto e/ou indiretos de sofrer impactos com as mudanças climáticas. Como o número de pessoas que vivem em cidades e vilas cresceu – mais da metade da população mundial, agora vive em áreas urbanas – também cresceu o número de residentes urbanos vulneráveis às mudanças do clima. (BARTLETT *et al.*, 2012).

As zonas urbanas têm características únicas que tornam os seus moradores e ativos particularmente vulneráveis às alterações climáticas. Diversos centros urbanos de grandes proporções estão localizados ao longo das costas ou em áreas baixas, em torno de estuários de rios importantes, colocando o capital econômico e as populações situação de riscos relacionados ao clima, incluindo o aumento no nível do mar e inundações resultantes de precipitações severas (GASPER *et al.*, 2011).

A literatura recente ilustra os desafios socioeconômicos enfrentados pelas cidades ao redor do mundo, como resultado das mudanças climáticas (BEATLEY, 2009; GASPER *et al.*, 2011), incluindo escassez de energia, danos na infraestrutura, perdas crescentes na indústria relacionadas com o calor, mortalidade e doença, escassez de comida e água. Estes desafios estão interligados. As perdas econômicas tornam difícil para os moradores manter os seus meios de subsistência e podem, portanto, exacerbar problemas sociais como a pobreza e a fome. Ao mesmo tempo, algumas características demográficas e socioeconômicas das cidades podem torná-las mais vulneráveis aos impactos das mudanças climáticas.

5.1 Impactos causados pelo aumento da temperatura

As cidades devem ter dias e noites mais quentes, e em maior quantidade que o verificado até o momento. O conforto térmico das edificações deverá ser diretamente afetado com o aumento da temperatura e, para tal, soluções arquitetônicas poderão minimizar ou maximizar esse efeito. Para Ribeiro (2008), as fachadas envidraçadas, que ele chama de “as absurdas torres de vidro”, poderiam ser indicadas para países de clima temperado, todavia, não são adequadas para países tropicais. Segundo esse pesquisador, no médio prazo, a construção de novos edifícios envidraçados deveria ser desestimulada. Uma vez que, além dos sistemas de refrigeração consumirem grande quantidade de energia, eles lançam fora o ar quente que retiram do interior dos prédios situados no entorno, o que contribui para a formação das chamadas “ilhas de calor”, nas cidades.

As temperaturas mais elevadas ocorrem em áreas urbanas por causa de ciclos diurnos de absorção e, mais tarde, de rerradiação da energia solar e (em menor grau) da geração de calor a partir de edifícios e estruturas físicas pavimentadas, formando as ilhas de calor. Essa situação aumenta a frequência e a gravidade de eventos de calor-*stress* nas cidades e pode afetar a saúde, a produtividade no trabalho e as atividades de lazer da população urbana. Existem também os efeitos econômicos, como o custo adicional do controle do clima dentro de edifícios, e os efeitos ambientais, como a poluição nas cidades e a degradação dos espaços verdes, que aumentam a emissão de gases de efeito estufa, se a

demanda adicional para o arrefecimento é atendida pela eletricidade, gerada a partir da queima de combustíveis fósseis (ARUP, 2011; LOMBORG, 2007; MOLION, 2012).

Outra consequência das mudanças climáticas será a maior frequência de chuvas de alta intensidade. A explicação para isso seria a elevada temperatura da superfície da metrópole, que aumenta pelo aquecimento global, mas também, devido à presença de veículos que irradiam o calor produzido pelos motores e de sistemas de refrigeração que lançam para fora dos edifícios o ar quente que retiram de seu interior (LOMBARDO, 1985). Como resultado, as massas de ar frio precipitam-se com mais intensidade e em pontos localizados, o que resulta em intensos transtornos locais, como alagamentos de vias, congestionamentos, perda de moradia de população de baixa renda, prejuízos materiais e, o mais grave, mortes, em geral de moradores de áreas de risco que não têm alternativas senão a de ocupar a beira de rios ou encostas íngremes, que acabam escorregando com a saturação do solo na presença intensa das águas pluviais.

Outro efeito do aquecimento global será a incidência, com maior frequência, das chamadas pragas urbanas. As temperaturas mais elevadas propiciarão o aparecimento em maior escala, de insetos como cupins e pernilongos, entre outros, que afetam a qualidade de vida dos habitantes. (RIBEIRO, 2008).

5.2 Impactos causados pelas chuvas intensas

As áreas urbanas sempre apresentam risco de inundações quando ocorrem chuvas intensas, pesadas e/ou prolongadas, que produzem grandes volumes de água na superfície. Edifícios, estradas, infraestrutura e outras áreas pavimentadas evitam que a água das chuvas se infiltre no solo, reduzindo, assim, a drenagem natural e aumentando o escoamento. Como consequência, sobrecarregam os sistemas de drenagem urbanos (SATTERTHWAITE, 2007).

Além do problema dos alagamentos, outro fator de risco que deve aumentar com as mudanças climáticas é a erosão nas vertentes. Como as chuvas devem ser mais intensas em algumas regiões, a água terá mais velocidade e força para gerar sulcos e transportar sedimentos, causando e/ou acelerando processos erosivos. A erosão pode colocar em risco habitações, ou pior, ocorrer em meio a uma chuva forte, levando o que estiver na superfície, inclusive pessoas e suas moradias. Além disso, uma erosão mais intensa contribui ainda mais para o assoreamento dos corpos d'água, o que aumenta a possibilidade de alagamentos nos fundos de vale.

As inundações urbanas podem ser classificadas em dois tipos: cheias como consequência de chuvas fortes locais, que causam transbordamento da calha do rio – ocorrem quando o nível do rio sobe acima das suas margens – e inundações em virtude das marés altas ou de tempestades. No primeiro caso, as enchentes devido a chuvas fortes locais são causadas por drenagens deficientes ou insuficientes, e, no segundo caso, as inundações são causadas pelo fluxo excessivo de água à montante do rio, que causa o efeito de enxurrada, que pode ser agravado pela maré alta à jusante – marés na foz do rio. Construção de cidades nas planícies aluviais reduz o escoamento dos cursos d’água pela redução das calhas dos rios e o armazenamento da água em excesso nas chamadas planícies de inundação, causando danos ainda piores. Cidades em áreas costeiras estão normalmente localizadas em áreas baixas onde a drenagem é difícil sem bombeamento. Marés altas ou tempestades podem dificultar a drenagem das águas para o mar e causar o prolongamento de cheias, com a água poluída de inundações, e agravar os problemas de saúde nas cidades. Efeitos das mudanças climáticas tendem a aumentar a ocorrência de chuvas mais pesadas e inundações frequentes e graves, que são mais difíceis de prever (TINGSANCHALI, 2012).

5.3 Impactos causados pela elevação do nível do mar

A antevisão do nível de elevação do mar, nos próximos anos, é muito difícil. Para Pilkey & Young (2009), trata-se de um fenômeno imprevisível, estes autores, porém, aconselham que as cidades costeiras comecem a planejar novos sistemas de drenagem para tempestades, e desencorajem o desenvolvimento de novos projetos em áreas baixas e até comecem a pensar na mudança, abandono ou proteção de certas áreas dessas cidades. Uma conduta extremamente perigosa, para não dizer catastrófica, em termos econômicos, para as cidades litorâneas brasileiras que têm nas suas áreas costeiras os imóveis e terrenos de maior valor imobiliário, como é o caso da Região Metropolitana do Recife.

Uma elevação de apenas um metro no nível dos oceanos já poderia ser suficiente para impedir a circulação de carros em grande parte das vias construídas em “aterros” da faixa de praia. A interiorização dessas vias não é simples, uma vez que implicaria em desapropriações onerosas, já que são áreas muito valorizadas pelo mercado imobiliário, como foi citado anteriormente. Outra dificuldade a ser enfrentada por algumas cidades costeiras seria com esgoto que é coletado, transportado e lançado ao mar através de emissários submarinos, sem tratamento prévio, uma vez que a vazão desse material é calculada para ser realizada com níveis do mar mais baixos que os projetados pelas mudanças climáticas. Caso esses dutos não sejam redimensionados, corre-se o risco de

refluxo desse material para a cidade, o que agravaria a poluição das praias e a aumentaria o risco de ocorrência de doenças na população (RIBEIRO, 2008).

Sistemas de contenção das águas do mar serão fundamentais para solucionar as dificuldades citadas acima. É de se registrar que muitos países pobres já possuem planos nacionais de adaptação às mudanças climáticas globais, como é o caso de São Tomé e Príncipe. Nesses casos, com maior enfoque na contenção das águas do mar, que pode servir como orientação para problemas comuns a serem enfrentados no Brasil.

A primeira análise detalhada sobre o número e a proporção de habitantes urbanos que vivem na zona costeira de baixa elevação foi publicada recentemente (MCGRANAHAN, BALK & ANDERSON, 2007, *apud* SATTERTHWAITE, 2007). Esta zona contínua ao longo da costa que está a menos de 10 metros acima do nível do mar representa 2% da área terrestre do mundo, mas contém 10% de sua população total (ou seja, mais de 600 milhões de pessoas) e 13% de sua população urbana (cerca de 360 milhões de pessoas). Quase dois terços das cidades do mundo com mais de cinco milhões de habitantes cai nesta zona, pelo menos em parte. Os países menos desenvolvidos, em média, têm quase duas vezes a proporção de sua população urbana nesta área, em comparação com nações de alta renda (SATTERTHWAITE, 2007).

Obviamente, apenas uma proporção dos que habitam esta zona estão em risco em virtude do aumento do nível do mar, nos próximos 30-50 anos. As estimativas para aumento do nível do mar variam de 18 centímetros a 59 centímetros até o final do século XXI. Uma estimativa sugere que 10 milhões de pessoas são afetadas a cada ano por inundações costeiras (Nicholls, 2004, *apud* SATTERTHWAITE, *op. cit.*).

Os problemas com inundações costeiras serão, obviamente, muito mais graves, se determinados eventos potencialmente catastróficos – cuja probabilidade é incerta – vierem a acontecer. Por exemplo, o derretimento acelerado da cobertura de gelo da Groenlândia ou o colapso da cobertura oeste de gelo da Antártida (Adger, Aggarwal, Agrawala *et al.*, 2007, *apud* SATTERTHWAITE, *op. cit.*).

O quadro 1 apresenta um resumo dos riscos e impactos decorrentes de mudanças climáticas nas Áreas Urbanas, segundo Bartlett *et al.* (2012).

Quadro 1 – Impactos decorrentes de mudanças climáticas nas Áreas Urbanas.

Impactos das Mudanças Climáticas nas Áreas Urbanas		
Mudanças climáticas	Impactos	
Mudanças médias	Temperatura	Aumento na demanda de energia para refrigeração e calefação
		Piora na qualidade do ar
		Aumento nos impactos das altas temperaturas devido às zonas de calor nos centros urbanos
	Precipitações	Aumento do risco de enchentes
		Aumento do risco de deslizamentos de terra
		Migração de populações aflitas das áreas rurais
		Interrupção nas redes de abastecimento de suprimentos
	Aumento no nível do mar	Enchentes costeiras
		Redução da renda da agricultura e turismo
Salinização das fontes de água		
Mudanças extremas	Chuvas extremas / ciclones tropicais	Enchentes mais intensas
		Alto risco de deslizamentos de terra
		Interrupção dos meios de sobrevivência e da economia das cidades
		Estragos nas residências, infraestrutura e comércio
	Secas	Falta d'água
		Aumento nos preços dos alimentos
		Interrupção nos sistemas hidroelétricos
		Migração de populações aflitas das áreas rurais
	Ondas de frio ou calor	Incremento em curto prazo na demanda por energia para refrigeração e calefação
		Impactos na saúde das populações mais vulneráveis
	Mudanças climáticas bruscas	Possibilidade de impactos significantes de rápidos e extremos dos aumentos do nível do mar
		Possibilidade de impactos significantes de rápidos e extremos mudanças na temperatura
Mudanças na exposição	Movimentação populacional	Movimentação de estressadas populações rurais
	Mudanças biológicas	Vetor para o habitat de doenças prolongadas

6. Considerações finais

Diretamente relacionadas às mudanças climáticas, as emissões anuais globais de dióxido de carbono entre 1990 e 2009, aumentaram em aproximadamente 38%. Além disso, foi constatada uma evolução no crescimento dessa taxa após o ano 2000. É preocupante observar que na ausência de mudanças significativas – políticas e econômicas – será difícil limitar o aumento global da temperatura a 2°C e que uma provável elevação da temperatura na Terra de 2,5 a 5°C, até o final do século XXI, colocará milhões de vidas em risco.

Com o aumento da temperatura média da superfície global a maioria das cidades da África, Ásia e América Latina e do Caribe vão experimentar ondas de calor. Para as cidades com maior densidade populacional as temperaturas no centro das "ilhas de calor"

podem ser vários graus mais elevadas do que nas áreas circundantes; nas cidades tropicais, a diferença de temperatura pode chegar a 10 graus no final da noite.

Importante ressaltar a contribuição de soluções arquitetônicas para amenizar ou acrescer o desconforto térmico nas edificações, que deverá ser diretamente afetado com o aumento da temperatura. Modelos e materiais construtivos desenvolvidos para diferentes realidades climáticas podem não ser uma solução ideal à nível local, como as fachadas envidraçadas presentes nas inúmeras torres de vidro expostas nas cidades Nordestinas, inadequadas para países tropicais.

Com relação aos impactos das mudanças climáticas sobre os recursos hídricos, nas áreas urbanas, falhas no enfrentamento do problema podem deixar seus habitantes vulneráveis a uma série de desastres, que convergem para três eixos: danos aos assentamentos urbanos, falhas no abastecimento de água e no fornecimento de eletricidade. Nas cidades brasileiras, dois graves efeitos decorrem do aumento das chuvas intensas: os alagamentos e os escorregamentos de encostas, sendo a situação mais grave nas metrópoles de São Paulo, Rio de Janeiro, Belo Horizonte, Salvador e Recife.

Um motivo de preocupação para as populações das cidades litorâneas do Nordeste do Brasil é com a elevação do nível do mar, uma vez que, atualmente, o nível estático no mar está aumentando na ordem de aproximadamente 2mm/ano (pela média dos últimos cem anos) e em torno de 3mm/anos (pela média dos últimos quinze anos), em resposta ao aquecimento global. A previsão é de que o nível do mar se elevará entre 18 e 58 cm até o final do século.

Mesmo com a forte evidência do aquecimento global e do conseqüente aumento do nível do mar, ainda existe uma despreocupação por parte das comunidades e governos com os efeitos de um inevitável elevação do nível do mar e com a conseqüente erosão das áreas costeiras. Uma das explicações pode estar no fato de que – como o aumento do nível do mar é de apenas 0,3 cm por ano – é um fenômeno imperceptível ao observador casual e, como não é visível, ele não impressiona.

Nesse sentido, outro aspecto diz respeito ao fator econômico. Como se trata de um fenômeno imprevisível, o ensejo de desencorajar o desenvolvimento de novos projetos em áreas litorâneas baixas, bem como, a mudança, abandono ou proteção dessas áreas, nas cidades, são questões com graves desdobramentos econômicos para as metrópoles litorâneas brasileiras que apresentam nas suas áreas costeiras os imóveis e terrenos de maior valor imobiliário, como ocorre na Região Metropolitana do Recife.

Cidades e regiões metropolitanas contribuem para as alterações climáticas e, ao mesmo tempo, são vulneráveis aos impactos de potenciais mudanças climáticas. Impactos climáticos vão resultar de tendências de mudanças no mundo do clima, mas afetarão indivíduos e regiões de forma diferente. Alguns efeitos das mudanças climáticas são de mais fácil previsão de que outros. Muitos impactos – incluindo os resultantes do aumento do nível do mar, das ondas de calor, de inundações e secas – variam de acordo com o grau de destruição e a resposta local. As cidades são mais vulneráveis pela sua natureza complexa, situação que pode ser agravada pelas condições de infraestrutura urbana e pela concentrações de moradores pobres em situação de risco.

7. Referências

ARUP C40 Baseline Report. 2011, *Climate Action in Megacities: 40 cities Baseline and Opportunities*. Version 1.0.

BEATLEY, Tomothy. 2009, *Planning for coastal resilience: best practices for calamitous times*, Island Press, Washington.

CONRADO, Daniel; MUNHOZ, Débora Eliane Andrade; SANTOS, Magna C. dos; MELLO, Reynaldo F. L de; BRAGA e SILVA, Valmira. 2012. *Vulnerabilidade às mudanças climáticas*. Disponível em: <http://ibcperu.org/doc/isis/8379.pdf> [Consult. 03 outubro 2012].

CRAMER, Aron; KARABELL, Zachary. 2010. *Sustainable excellence: the future of business in a fast-changing world*, Rodale, New York.

FRIEDMAN, Thomas L. 2006. *The world is flat: the globalized world in the twenty-first century*, Penguin Books, Londres.

_____. 2008. *Hot, flat and Crowded: why we need a green revolution and how it can renew America*, Farrar, Straus and Giroux, Nova York.

GASPER, Rebecca; BLOHM, Andrew; RUTH, Matthias. 2011. *Social and economic impacts of climate change on the urban environment*. Elsevier. Disponível em: www.sciencedirect.com [Consult. 19 janeiro 2011].

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. 2007. *Climate change 2007: synthesis report*.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. 2012. *Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation*. Special Report, 2012.

KLEINA, Richard J.T.; NICHOLLS, Robert J.; THOMALLA, Frank. 2003. *Resilience to natural hazards: how useful is this concept?* Elsevier. *Environmental Hazards*, 5, 35 – 45.

LOMBORG, BJORN. 2007. *Perspectives on climate change*, Copenhagen Concensus Center, Copenhagen.

MACHADO, A. Jaschke. 2008. *Climatologia urbana e implicações locais: as mudanças climáticas globais e suas implicações atuais* (roteiro para palestra).

MOLION, L. C. Baldicero. 2012. *Considerações sobre o aquecimento global antropogênico*. Instituto de Ciências Atmosféricas, Universidade Federal de Alagoas. Disponível em: http://www.luisbuarque.com.br/wp-content/files_mf/1340202776SiteArtigoLuizCarlosMolion2.pdf [Consult. 02 outubro 2012].

MULLER, Mike. 2007. *Adapting to climate change: winter management for urban resilience*. Environment and Urbanization, 19, 99.

NICHOLLS, R. J. et al. (2008). *Ranking port cities with high exposure and vulnerability to climate extremes: exposure estimates*, OECD Environment Working Papers, No. 1, OECD. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1787/011766488208> [Consult. 8 setembro 2012].

PILKEY, Orrin H.; YOUNG, Rob. 2009. *The rising sea*, Island Press, Washington.

PNUMA – Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. 2011. *Economia verde – caminhos para o desenvolvimento sustentável e a redução da pobreza*, Nova York.

_____. 2012. *Povos Resilientes Planeta Resiliente – Um Futuro Digno De Escolha*, Nova York.

RIBEIRO, Wagner Costa. 2008. *Impactos das mudanças climáticas em cidades no Brasil*, Parcerias Estratégicas, N.27, Brasília.

ROHDE, Robert; MULLER, Richard A.; JACOBSEN, Robert; MULLER, Elizabeth; PERLMUTTER, Saul; ROSENFELD, Arthur; WURTELE, Jonathan; GROOM, Donald; WICKHAM, Charlotte. 2011. *A new estimate of the average earth surface 1 land temperature*, The Third Santa Fe Conference on Global and Regional Climate Change, Santa Fe.

SANTOS, Fernando Teigão. 2009. *Territórios resilientes enquanto orientação de planeamento*, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, Prospectiva e Planeamento, vol. 16, Lisboa.

SACHS, Jeffrey. 2005. *The end of poverty – how we can make it happen in our lifetime*, Penguin books, Londres.

_____. 2008. *Common wealth – economics for a crowded planet*, Penguin books, Londres.

SATTERTHWAITE, David. 2007. *Climate change and urbanization: effects and implications for urban governance*. United Nations Expert Group Meeting on Population

Distribution, Urbanization, Internal Migration and Development. UN/POP/EGM-URB/2008/16, 27, Nova York.

TINGSANCHALI, T. 2012. *Urban flood disaster management*, Elsevier, *Procedia Engineering*, 32, 25 - 37.

UNISRD - United Nations International Strategy for Disaster Reduction. 2012. *How to Make Cities More Resilient*. A contribution to the global campaign 2010 - 2015.

VALENCIO, Norma Felicidade L. S.; Marchezini, Victor; Siena, Mariana; Cristofani, Guilherme. 2005. *Chuvas no Brasil: representações e práticas sociais*. *Revista Política & Sociedade*, vol. 7.