

VULNERABILIDADES SÓCIO-ECONÔMICAS

VULNERABILIDADES DA INFRAESTRUTURA DE DRENAGEM URBANA E OS EFEITOS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NA REGIÃO METROPOLITANA DO RIO DE JANEIRO

O SANEAMENTO AMBIENTAL FRENTE AOS CENÁRIOS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS: A APLICAÇÃO DO ESTADO DO CONHECIMENTO SOBRE A REALIDADE DA REGIÃO METROPOLITANA DO RIO DE JANEIRO

RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS: CONSIDERAÇÕES SOBRE A SITUAÇÃO DA REGIÃO METROPOLITANA DO RIO DE JANEIRO FACE ÀS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

VULNERABILIDADES EM MATÉRIA DE SAÚDE PÚBLICA NA REGIÃO METROPOLITANA DO RIO DE JANEIRO NA PERSPECTIVA DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

O SANEAMENTO AMBIENTAL FRENTE AOS CENÁRIOS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS: A APLICAÇÃO DO ESTADO DO CONHECIMENTO SOBRE A REALIDADE DA REGIÃO METROPOLITANA DO RIO DE JANEIRO

Isaac Volschan Jr. | *Depto. de Recursos Hídricos e Meio Ambiente/Escola Politécnica - UFRJ*

Introdução

A discussão do tema que envolve as mudanças climáticas globais e o setor de saneamento ambiental urbano vem sendo induzida e estruturada por meio de fóruns e painéis internacionais de especialistas, dentre os quais se destacam: Resilient Cities – Local Governments for Sustainability (ICLEI); World Water Congress – International Water Association (IWA); World Water Forum – World Water Council (WWC); e World Water Week - Stockholm International Water Institute (SIWI).

Como projetado por estas organizações, o estado do conhecimento acerca do tema estabelece um eixo unânime de discussão centrado nos seguintes quesitos: como marco referencial, as indicações do IPCC em relação às mudanças climáticas e os recursos hídricos; hipóteses quanto aos impactos sobre a estrutura física dos sistemas de águas urbanas e a prestação dos serviços de saneamento; e estratégias para adaptação e mitigação dos efeitos conseqüentes destes impactos.

Complementam o eixo de discussão, dois outros aspectos particulares: as incertezas que cercam a questão em função da grande diferença entre as escalas dos modelos climáticos globais e a das bacias hidrográficas dos sistemas de águas urbanas; e a inserção de novas demandas e valores advindos dos cenários de adaptação em um setor cuja prestação de serviços já é atualmente deficitária em termos quantitativos e qualitativos.

Este texto tem como sentido organizar, para o âmbito da RMRJ, a aplicação do conhecimento até então estabelecido pela comunidade científica à respeito das vulnerabilidades dos sistemas de saneamento ambiental frente aos cenários urbanos decorrentes das mudanças climáticas.

Mudanças climáticas e recursos hídricos - as referências do IPCC

De acordo com 6º. Relatório Técnico do IPCC sobre Mudanças Climáticas e Recursos Hídricos (IPCC, 2008), a observação de registros históricos e a projeção de cenários climáticos tornam evidente a vulnerabilidade dos recursos hídricos quanto à severidade dos impactos das mudanças climáticas.

Apesar de também apontar que as simulações de modelos em escala da bacia hidrográfica indiquem incertezas quanto às modificações de características hidrológicas locais, o relatório destaca que as

simulações de modelos climatológicos globais para o século 21 indicam, de forma consistente, o incremento da variabilidade e dos índices pluviométricos nas regiões tropicais, e conseqüentemente, os riscos de cheias e inundações.

Em relação à qualidade das águas superficiais e subterrâneas, o IPCC observa a tendência de seu comprometimento em função do aumento da temperatura, da modificação do regime de chuvas e da elevação do nível do mar, e que os efeitos hoje conhecidos em função da poluição das águas, poderão ser potencializados em função das conseqüências das mudanças climáticas.

Aponta também que áreas urbanas hoje já estressadas – em função de grande adensamento populacional e de outros fatores não climáticos que as sujeitam a grandes demandas de água potável e à poluição dos recursos hídricos locais por esgotos sanitários não tratados – serão adicionalmente pressionadas em função de efeitos das mudanças climáticas sobre os sistemas de águas urbanas existentes.

Sugere que a adaptação do setor de saneamento às mudanças climáticas dependerá de estratégias integradas que resultem em ações não somente sobre a estrutura física dos sistemas, como também sobre a demanda exercida pelos consumidores, estas expressas pelo conceito da *conservação e do uso racional da água*;

Por fim, o 6º. Relatório Técnico do IPCC sobre Mudanças Climáticas e Recursos Hídricos afirma que o tema carece de maior conhecimento técnico e científico, destacando a atenção especial que deve ser dedicada ao desenvolvimento de sistemas robustos de monitoramento hidrológico e de modelos em escala relevante para a tomada de decisão.

Impactos sobre os sistemas de águas urbanas

Mananciais de águas superficiais e subterrâneas que atendem aos sistemas públicos de abastecimento, assim como os corpos hídricos que servem ao destino final de sistemas de esgotamento sanitário, poderão estar sujeitos aos efeitos decorrentes da modificação da intensidade e da freqüência de chuvas, da elevação do nível do mar, do aumento da temperatura, e da ocorrência de eventos extremos. Por sua vez, conseqüentemente, a vulnerabilidade dos recursos hídricos frente às mudanças climáticas tende a impor riscos sobre a estrutura física dos sistemas de águas urbanas e de prestação dos serviços de saneamento, dentre os quais podem ser prontamente destacados os seguintes (Potsdam Institute for Climate Impact Research, 2007; Ashley e Cashman, 2006):

- as modificações na sazonalidade, na distribuição espacial e nos regimes das chuvas influenciarão a quantidade e a qualidade dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos e, conseqüentemente, conflitos de uso da água poderão ocorrer nos mananciais dos sistemas de abastecimento de água;
- elevadas intensidades de chuvas, particularmente após longos períodos de estiagem – nos quais é reduzida a permeabilidade do solo – induzirão o incremento do *runoff* e à ineficiência da recarga de aquíferos subterrâneos;
- a previsão do incremento da intensidade e da freqüência de chuvas extremas terá repercussão sobre a hidráulica dos elementos componentes dos sistemas de esgotamento sanitário; a capacidade hidráulica será mais recorrentemente excedida e extravasamentos decorrerão em comprometimento da qualidade da água dos corpos hídricos receptores;
- a elevação do nível do mar poderá impor o reassentamento humano, assim como requerer novos mananciais de abastecimento e novas infraestruturas físicas de abastecimento de água e esgotamento sanitário;
- em áreas costeiras, cursos d'água superficiais ou subterrâneos estarão sujeitos à intrusão salina em função da elevação do nível do mar e/ou da elevada extração e conseqüente rebaixamento do nível d'água freático; a tecnologia de membranas para dessalinização da água ainda demanda elevado consumo de energia elétrica e apresenta elevados custos de aquisição;
- a elevação da temperatura encontrará direta e imediata correlação com o consumo *per capita* de água, o que demandará a extração de maiores quantidades de água de mananciais superficiais e subterrâneos;
- a qualidade da água dos corpos d'água poluídos estará sujeita aos efeitos que a temperatura mais elevada exercerá sobre a velocidade das reações de decomposição de poluentes e de solubilidade de gases.

Estratégias para adaptação do setor

Os desafios do setor de águas urbanas frente às mudanças climáticas compreenderão a proteção e o uso eficiente dos recursos hídricos; a manutenção dos padrões de prestação dos serviços; a garantia da proteção da saúde pública e do ambiente; e a limitação dos impactos financeiros e econômicos sobre o próprio setor e os seus consumidores (Potsdam Institute for Climate Impact Research, 2007).

O enfrentamento do setor de saneamento em relação aos desafios que impõem as mudanças climáticas deverá estar baseado em estratégias de caráter técnico, político-institucional, econômico e social, tais como as que serão a seguir discutidas. O conjunto destas estratégias tem como objetivos:

identificar aonde as mudanças climáticas mais afetarão os sistemas urbanos de saneamento ambiental; apontar mecanismos que facilitem a transferência do conhecimento para os tomadores de decisão e a sociedade em geral; identificar e priorizar as medidas físicas estruturais e de gerenciamento necessárias; garantir o compromisso financeiro para os investimentos requeridos; e de certa maneira, assegurar que o setor de saneamento tenha seu desenvolvimento motivado e induzido em função de imposições decorrentes das mudanças climáticas (Pageler, 2010)

Participação nas discussões climáticas globais

Entende-se que os diversos setores econômicos da sociedade, nos quais se inclui o setor de saneamento, devam estar diretamente envolvidos no âmbito das discussões climáticas globais, retroalimentando-as com particularidades e especificidades próprias, no sentido da melhor compreensão do problema como um todo e da formulação de estratégias de adaptação cujos resultados sejam potencializados e difundidos por diferentes setores.

Avaliação de vulnerabilidade e gerenciamento das adaptações

Segundo o IPCC, a vulnerabilidade de um sistema pode ser definida pelo seu grau de suscetibilidade, considerando a sensibilidade e a capacidade de adaptação que este apresenta em relação às características, magnitude, velocidade e variabilidade das mudanças climáticas.

Neste sentido, as operadoras e prestadoras de serviços de saneamento podem ser classificadas quanto ao risco de exposição e à capacidade de adaptação. Em melhor situação estariam aquelas sujeitas a reduzidos riscos de exposição e elevada capacidade de adaptação; em geral, estas mantêm boas práticas e sólidas estruturas de planejamento e apresentam capacidade institucional e financeira instalada para eventuais estratégias de adaptação. Ainda que estivessem sujeitas a elevados riscos de exposição, as operadoras com maior capacidade de adaptação tendem a incorporar mais rapidamente as mudanças climáticas em seus processos de planejamento e operação, a desenvolver estratégias de adaptação e/ou mitigação e a divulgar suas ações de forma transparente.

Por outro lado, e em pior situação, estariam as operadoras com menor desenvoltura frente aos cenários das mudanças climáticas; em geral, estas se caracterizam por requererem fortalecimento institucional, financeiro e técnico de longo prazo (Ewans and Webster apud IBRD, 2010). Os custos financeiros para as adaptações necessárias poderão extrapolar a capacidade de investimentos dos prestadores de serviços, principalmente nos sistemas em mal estado de conservação e/ou limitado índice de atendimento ou ainda sujeitos à indisponibilidade quantitativa e/ou qualitativa dos mananciais de abastecimento (Potsdam Institute for Climate Impact Research, 2007).

A avaliação da vulnerabilidade dos sistemas de saneamento ambiental urbano mediante a aplicação de processos metodológicos permite a caracterização do conteúdo, a extensão da exposição e a quantificação da intensidade dos potenciais impactos das mudanças climáticas sobre o desempenho das operadoras e prestadores de serviços. Facilita a identificação e a priorização de medidas de adaptação ou de mitigação, considerando os respectivos custos financeiros e grau de complexidade técnica, institucional e operacional.

Medidas de adaptação e mitigação constituem intervenções sobre a estrutura física dos sistemas de águas urbanas, como também contemplam ações sobre a gestão operacional e sobre procedimentos de planejamento, incluindo a adoção de novos critérios e parâmetros de projeto.

Pensar a respeito do impacto das mudanças climáticas sobre a infraestrutura das cidades passa a ser atividade fundamental na configuração dos programas de investimento das agências internacionais dedicadas ao desenvolvimento urbano e sócio-ambiental das populações. Da mesma forma, governo, planejadores urbanos e operadoras de saneamento devem passar a considerá-las em seus processos de planejamento (IBRD, 2010).

Dois modelos são sugeridos para a avaliação da vulnerabilidade dos sistemas de saneamento ambiental urbano. O modelo *top-down*, baseado na transferência e aplicação local de resultados advindos de modelos climáticos regionais, e o modelo *bottom-up*, que preconiza a aplicação e a avaliação de efeitos pertinentes e já previamente identificados para a realidade e especificidades de outros sistemas de águas urbanas.

Enquanto o primeiro modelo tende a incorporar as incertezas decorrentes da transferência dos resultados dos modelos climáticos regionais para a escala local da bacia hidrográfica, o segundo tem a característica de não depender do envolvimento de outras especialidades técnicas e com as quais o setor de saneamento usualmente não convive, sendo portanto melhor compreendido e mais facilmente conduzido pelos gestores das operadoras de saneamento. Em ambos os casos, a avaliação de riscos aplica-se como uma importante ferramenta de suporte, tanto para a caracterização das vulnerabilidades, como para a indicação de medidas de adaptação e mitigação (ICLEI, 2009).

As medidas de adaptação e/ou mitigação identificadas e hierarquizadas por meio da avaliação de vulnerabilidade de um dado sistema poderão ser exclusivamente justificadas em função do que impõem os cenários de mudanças climáticas, ou não, e nestes casos poderão também ser recomendadas em função de outras demandas usuais advindas do planejamento e da operação do sistema de águas urbanas (IBRD, 2010).

De uma maneira geral, em um plano decisório, as medidas de adaptação e/ou mitigação tendem a sofrer resistências em função das dificuldades de esclarecimento, interpretação e reconhecimento

de sua necessidade e de aceitação da hierarquização sugerida pelo modelo de avaliação de vulnerabilidade.

Já no plano técnico e executivo, são limitações físicas, financeiras, sociais ou político-institucionais que impõem dificuldades para implementação de uma dada medida de adaptação (Berkhout et al., 2006). De qualquer maneira, as estratégias de adaptação do setor de águas urbanas devem ser cientificamente embasadas para atender a longos horizontes de projeto (Levina e Adams, 2006).

Cabe observar esforços para sistematização de estratégias de ação que vêm empreendendo a *Water Utility Climate Alliance (WUCA/USA)* e a *Water Supply Association (WSA-Australia)* no sentido de apoiar suas operadoras afiliadas, muito embora medidas difusas de adaptação, principalmente de curto prazo, venham sendo adotadas pelas mesmas a partir de consultas *ad hoc*.

Governança e gestão integrada

Apesar da interdependência entre, por um lado, as coleções de águas urbanas e regionais e, por outro, os sistemas de saneamento ambiental, a gestão dos recursos hídricos é usualmente distinta daquela empreendida pelas operadoras dos sistemas de águas urbanas e residem sob diferentes arcabouços políticos, legais e institucionais.

Notadamente nas regiões urbanas de maior adensamento populacional é que se destaca a necessidade quanto a *governança das águas urbanas*. É na perspectiva da indisponibilidade quantitativa da água, da poluição dos corpos d'água e, conseqüentemente, de conflitos emergentes em relação aos usos da água que sua necessidade se mostra mais evidente.

A aplicação do conceito da *gestão integrada de águas urbanas* e a conseqüente garantia de disponibilidade dos corpos d'água locais para atendimento ao que requerem os diferentes usos urbanos da água passam pelo envolvimento dos diferentes setores usuários – com destaque para o setor de saneamento ambiental – e pelo planejamento do uso do solo. A *gestão integrada* envolve mecanismos técnicos, políticos, sociais e administrativos, tendo como objetivo garantir a proteção, a conservação, o aproveitamento e a recuperação dos recursos hídricos locais (Britto e Formiga-Johnsson, 2009).

No contexto da vulnerabilidade dos sistemas de saneamento ambiental frente aos cenários das variações e mudanças climáticas, o emprego do conceito da *gestão integrada* é ainda mais adequado, uma vez que permite considerar outros fatores externos aos procedimentos de planejamento e operação tradicionalmente empreendidos. Quando implementado de forma eficaz, pode induzir e até mesmo acelerar o enfrentamento do setor frente ao déficit que este hoje já apresenta em relação aos índices de atendimento e à qualidade dos serviços prestados, independentemente das mudanças climáticas (IBRD, 2010).

Por fim, o modelo de *gestão integrada* deve também incorporar o planejamento organizado de ações em situações de risco, emergenciais e de contingenciamento do consumo de água potável, por meio da elaboração de Plano de Segurança da Água, de acordo com as recomendações para a qualidade da água de consumo humano da Organização Mundial de Saúde (Guidelines for Drinking Water Quality, 2004).

Capacitação institucional

O corpo de profissionais envolvidos no processo de *gestão integrada das águas urbanas* deve possuir formação multidisciplinar e especializada, e capacidade técnica competente para o enfrentamento dos desafios das mudanças climáticas. Governos locais necessitam dedicar-se ao treinamento e à capacitação de seu corpo técnico no sentido da avaliação das vulnerabilidades de seus sistemas de águas urbanas, a qual inclui a interpretação dos cenários de mudanças climáticas, a modelagem de incertezas, assim como uso de ferramentas de análise de riscos e de decisão probabilística (ICLEI, 2009).

Além de tecnicamente embasados e aptos para a condução do processo decisório quanto à adoção de medidas de adaptação e/ou mitigação, os governos locais devem também estar isentos de interferências externas que atendam outros interesses políticos ou econômicos não considerados na avaliação prévia de vulnerabilidades.

Transparência e envolvimento social

Estratégias de comunicação que permitam a informação transparente e a participação pública são requerimentos necessários aos processos de tomada de decisão sobre as adaptações necessárias (Levina e Adams, 2006; Potsdam Institute for Climate Impact Research, 2007).

As atividades de comunicação sobre um empreendimento são tão importantes quanto aquelas de natureza técnica e econômica que viabilizam o seu planejamento e implantação. A ineficácia quanto a prestação adequada da informação e do esclarecimento público sobre o conteúdo e a justificativa de adoção de medidas de adaptação ou mitigação pode inviabilizar a sua implementação, ainda que esta seja justificada e tecnicamente aceita e apoiada.

Conservação e uso racional da água

Ações de natureza educacional que visem à maior conscientização da sociedade, bem como mecanismos de natureza técnica, legal e econômica que encaminhem a implementação de procedimentos de *conservação e uso racional da água* são estratégias que o setor de saneamento vem gradualmente incorporando à sua realidade e com as quais estará fortalecido para o

enfrentamento dos cenários de mudanças climáticas. Dentre estas é importante destacar as seguintes:

- alteração dos atuais costumes e padrões de consumo doméstico, de forma a reduzir o consumo *per capita* de água o que inclui a criação de modelos de certificação de consumo eficiente da água e, da mesma forma, a adaptação de processos e produtos no sentido de diminuir a demanda exercida pelo setor industrial;
- redução dos índices de perdas dos sistemas de abastecimento de água, expressos pela quantidade de água não contabilizada, em função de deficiências da estrutura física e dos modelos de gestão operacional e comercial das operadoras;
- aumento da eficiência energética e hidráulica dos sistemas de abastecimento de água, por meio da especificação e manutenção adequada de sua estrutura física e da otimização de procedimentos operacionais, o que inclui estratégias de reequilíbrio de pressões;
- elevação do índice de micromedição dos sistemas de abastecimento de água, inibindo o consumo não sustentável que usualmente exercem as economias que têm suas tarifas baseadas em estimativa de consumo, o que inclui a ênfase sobre a micromedição individualizada para o caso de unidades multifamiliares;
- remodelagem da estrutura tarifária como um instrumento de inibição do consumo e gerenciamento da demanda;
- diversificação dos mananciais e fontes de água bruta que servem aos sistemas públicos de abastecimento, incluindo a opção quanto a dessalinização da água salgada; e
- intensificação de projetos descentralizados que visem o aproveitamento de águas pluviais e de segregação e uso de esgotos sanitários e efluentes industriais tratados.

Incertezas em função das escalas dos modelos de previsão

Apesar das indicações do IPCC quanto à previsão de severos impactos sobre os recursos hídricos urbanos e regionais, da interdependência entre estes e a infraestrutura de saneamento ambiental das cidades, bem como da mobilização do setor de saneamento no sentido de salvaguardar sua estrutura física e seu padrão de atendimento vigente, é notório que a problemática esteja ainda permeada por um importante grau de incerteza.

Enquanto modelos climáticos globais geram dados segundo periodicidade mensal e de acordo com extensa área territorial, modelos hidrológicos aplicáveis para escalas menores (a realidade da

infraestrutura urbana, por exemplo) requerem dados diários e de acordo com menor área de abrangência.

A limitação de estruturas de monitoramento meteorológico e hidrológico das bacias hidrográficas urbanas e regionais (em relação à espacialização geográfica, variáveis de controle e frequência de medição) também muito compromete a compreensão da realidade física dos corpos d'água que servem aos sistemas de saneamento ambiental urbano e, mais importante ainda, que estarão sujeitos aos efeitos decorrentes das mudanças climáticas. O monitoramento consistente e continuado de variáveis ambientais das bacias hidrográficas é essencial para a detecção e caracterização de mudanças climáticas locais, mensuração de impactos e adoção de medidas de adaptação e mitigação.

Neste sentido, a incerteza que ainda cerca o tema das mudanças climáticas impõe desafios às operadoras do setor de saneamento e agrega dúvidas sobre a incorporação de futuros cenários em seus planos de longo prazo e nos projetos de engenharia de seus sistemas de abastecimento de água e de esgotamento sanitário. Planos estratégicos convencionais do setor, mesmo os de mais de longa duração, elaborados para períodos de até 20 anos de duração, usualmente ainda não consideram as mudanças climáticas de longo prazo (Potsdam Institute for Climate Impact Research, 2007; Levina e Adams, 2006).

A RMRJ e os desafios do setor do saneamento

A infraestrutura de saneamento ambiental da grande maioria das cidades brasileiras, incluindo aquelas que perfazem a RMRJ, não foi capaz de acompanhar as demandas exercidas tanto pelo crescimento populacional como pela própria expansão do território urbano. Em decorrência, são cada vez mais distantes os mananciais cuja disponibilidade hídrica garanta a demanda exercida pelas populações, como também é notória a evolução temporal do processo de degradação da qualidade ambiental das bacias hidrográficas urbanas.

Por outro lado, a importância sanitária e ambiental da infraestrutura urbana de saneamento desperta na sociedade uma preocupação muito intensa e pungente, principalmente pelos efeitos diretos e imediatos que sua ineficiência é capaz de causar: problemas de saúde pública têm a água como o veículo transmissor de agentes infecciosos, e o próprio desenvolvimento econômico e social depende da garantia da qualidade ambiental requerida pelos diferentes usos praticados nos cursos d'água.

Independente dos cenários das mudanças climáticas, o setor de saneamento ambiental já encontra enormes desafios no sentido da universalização da prestação de serviços e da manutenção de

padrões aceitáveis de qualidade, incluindo o atendimento das Metas do Milênio da ONU em relação ao abastecimento de água e ao esgotamento sanitário - até 2015, reduzir em 50% o déficit existente em 2000.

Medidas de adaptação impostas pelos cenários das mudanças climáticas serão definidas e implementadas num contexto que hoje já requer vultosos investimentos no sentido de satisfazer à demanda por água potável e exercer o controle da poluição por esgotos sanitários. Portanto, a gestão do setor de saneamento conviverá com novas demandas, com características e complexidade próprias, ao mesmo tempo que deverá responder pela garantia de acesso aos serviços básicos e essenciais de abastecimento de água e de esgotamento sanitário.

Abastecimento de água - abrangência e limitações

O abastecimento de água da RMRJ é majoritariamente realizado através de dois sistemas públicos distintos: os sistemas Guandú, Ribeirão das Lajes e Acari que atendem ao município do Rio de Janeiro, municípios da Baixada Fluminense, estendendo-se até Itaguaí, contemplando a porção oeste da bacia da Baía de Guanabara e a bacia de Sepetiba; e o sistema Imunana-Laranjal, que atende aos municípios de Itaboraí, São Gonçalo, e Niterói e a ilha de Paquetá.

O sistema Guandú responde pela grande maior parte da água que demanda a RMRJ, apresentando capacidade de produção de água tratada da ordem de 40 m³/s. De acordo com o sistema de aproveitamento hidrelétrico da Light, cerca de 80% da vazão regularizada do rio Guandú é oriunda de transposição de águas do rio Paraíba do Sul, sendo os outros 20% providos pelos reservatórios de Lajes e de Tocos. Já o sistema Imunana-Laranjal conta com as águas captadas no canal Imunana, provenientes das bacias dos rios Macacu/Guapi-Açu e com a ETA Laranjal, com capacidade de tratamento da ordem de 5,5 m³/s.

Três diferentes bases de dados consolidam informações e indicadores do setor de saneamento no país: a Pesquisa Nacional de Amostragem Domiciliar – PNAD (IBGE), a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico – PNSB (IBGE) e o Sistema Nacional de Informações em Saneamento – SNIS (Ministério das Cidades). Considerando os resultados do Censo Demográfico de 2010 (IBGE), a Tabela 1 seguinte consolida informações quanto ao grau de cobertura dos sistemas de abastecimento de água e índices de atendimento aos municípios da RMRJ. Já a Tabela 2, destaca indicadores operacionais relevantes para a sustentabilidade dos sistemas de abastecimento de água e que constam da última base publicada do SNIS, correspondente ao ano de 2008.

Os resultados municipais obtidos a partir da conjugação entre dados primários da PNSB de 2008 e do censo IBGE 2010 (considerada a taxa de ocupação de 3,5 habitantes por domicílio) mostram-se ligeiramente discrepantes daqueles que informa o SNIS 2008. Contudo, por ambas as bases é

possível verificar que vários dos municípios que compõem a RMRJ ainda apresentam índices de atendimento muito limitados em relação à prestação de serviços públicos e coletivos de abastecimento de água. Excetuando os municípios do Rio de Janeiro e Niterói nota-se que, independente das bases de dados utilizadas, todos os outros municípios da RMRJ ainda requererão importantes investimentos no sentido da ampliação do grau de cobertura e de atendimento de suas populações.

Por outro lado, uma vez que os municípios do Rio de Janeiro e Niterói concentram 6,8 milhões de habitantes, equivalentes a 62% da população da RMRJ, o índice de atendimento global da RMRJ pela prestação de serviços de abastecimento de água alcança valor superior a 85%, condizente ao índice de 90,7% que informa a Pesquisa Nacional de Amostragem Domiciliar de 2009.

Na Tabela 2 constam indicadores operacionais relevantes para a caracterização da sustentabilidade de sistemas de abastecimento de água. Excetuando aqueles indicadores cujos valores indicados são reconhecidamente inconsistentes (valores negativos ou considerados incompatíveis com a realidade), pode-se perceber que os sistemas que servem a grande maioria dos municípios da RMRJ apresentam deficiências que já os levam a um grau de insustentabilidade operacional e financeira.

Tabela 1: Grau de cobertura e índices de atendimento quanto ao abastecimento de água da RMRJ

Municípios	População Censo 2010	PNSB (2008) – Abastecimento de Água			SNIS (2008)	PNAD (2009) – RMRJ ⁵		
		Economias abastecidas (un)	População abastecida (hab.) ¹	Índice de Atendimento (%)	Índice de Atendimento (%)	Domicílios existentes	Ligados à “rede geral”	Índice de Atendimen to (%)
Belford Roxo	469.261	53.355	186.743	39,8	65,8	3.946.000	3.582.000	90,7
Duque de Caxias	855.046	73.205	256.218	30,0	68,9			
Guapimirim	51.487	6.647	23.265	45,2	62,1			
Itaboraí	218.090	20.067	70.235	32,2	27,2	Observações: ¹ adotada a taxa de ocupação de 3,5 habitantes por economia ² inconsistência nos resultados em função da taxa de ocupação adotada; melhor entender como 100% de atendimento ³ ND: informação não disponível ⁴ exclui a população de Nova Iguaçu, em função da indisponibilidade de dados na PNSB (2008) ⁵ dados referentes somente ao conjunto da RMRJ (2008)		
Itaguaí	109.163	23.655	82.793	75,8	78,0			
Japeri	95.391	8.260	28.910	30,3	19,3			
Magé	228.150	18.530	64.855	28,4	23,5			
Maricá	127.519	9.252	32.382	25,4	25,0			
Mesquita	168.403	38.818	135.863	80,7	N.D			
Nilópolis	157.483	32.306	113.071	71,8	97,3			
Niterói	487.327	180.355	631.243	129,5 ²	100,0			
Nova Iguaçu	795.212	N.D ³	-	-	76,7 ⁵			
Paracambi	47.074	6.871	24.049	51,1	52,4			
Queimados	137.938	17.786	62.251	45,1	81,9			
Rio de Janeiro	6.323.037	1.894.440	6.630.540	104,9 ²	99,4			
São Gonçalo	999.901	197.970	692.895	69,3	77,0			
São João de Meriti	459.356	111.244	389.354	84,8	90,9			
Seropédica	78.183	10.407	36.425	46,6	54,4			
Tanguá	30.731	1.211	4.239	13,8	14,8			
Total	11.043.540	2.704.379	9.465.327	85,7 ⁴	-			

Tabela 2: Informações e indicadores operacionais do abastecimento de água da RMRJ

Municípios	Índice de perdas (%)	Volume disponibilizado (m ³ /mês/econ.)	Consumo micromedido (m ³ /mês/econ.)	Índice de hidrometração (%)
Belford Roxo	65,4	58,9	20,0	57,8
Duque de Caxias	70,9	66,2	17,8	60,7
Guapimirim	-	14,1	12,0	100,0
Itaboraí	55,7	42,0	14,3	43,2
Itaguaí	53,5	49,6	21,2	46,5
Japeri	12,5	56,2	5,0	52,1
Magé	31,9	32,5	20,8	8,9
Maricá	21,5	21,5	16,1	94,3
Mesquita	75,5	89,9	17,5	72,2
Nilópolis	31,2	26,7	16,9	85,2
Niterói	26,9	25,2	16,6	87,6
Nova Iguaçu	43,8	50,8	18,2	66,9
Paracambi	53,5	43,0	18,2	81,2
Queimados	69,2	53,2	16,4	47,4
Rio de Janeiro	57,7	47,9	20,2	64,9
São Gonçalo	-	37,1	17,9	53,8
São João de Meriti	50,5	39,7	17,3	76,6
Seropédica	61,3	55,4	19,5	51,1
Tanguá	64,1	61,4	17,9	28,5

Em grande parte dos municípios, o volume específico de água (por economia) disponibilizado pelo sistema de abastecimento de água alcança valores três vezes superiores aos que efetivamente consomem aquelas economias que nos mesmos municípios têm o seu consumo micromedido. Esta indicação vai ao encontro do elevado índice de perdas de água que os mesmos municípios da RMRJ apresentam e que alcançam valores superiores até 60% de água não contabilizada. O limitado índice de hidrometração da maioria destes municípios expõe outra importante deficiência e que compromete o exercício de um dos principais mecanismos previstos para o gerenciamento da demanda de água frente aos cenários das mudanças climáticas.

Assim, medidas para ampliação dos índices de atendimento por sistemas públicos e coletivos de abastecimento de água, como também para melhoria e maior eficiência das atuais condições de prestação destes serviços, deverão ser continuamente implementadas. Essas medidas serão concomitantes a outras que venham responder a demandas exclusivamente justificadas em função de adaptações aos cenários das mudanças climáticas. Neste contexto, vale resgatar as seguintes hipóteses de impacto sobre os sistemas de abastecimento de água da cidade do Rio de Janeiro já apontadas por Volschan Jr. (2008):

- é sabida a correlação entre clima e consumo de água, de forma que para a nossa realidade tropical, o consumo diário de água nos meses mais quentes do ano pode resultar em aumento de até 20% em relação à média de consumo diário ao longo do ano. Assim, considerando a eventual elevação da temperatura, é também previsível o aumento da demanda (de água) a ser exercida sobre os sistemas públicos de abastecimento;
- sistemas de abastecimento perdem fisicamente água, sendo a evaporação em reservatórios uma dessas formas de perda. A elevação da temperatura pode incrementar o mecanismo da evaporação e desequilibrar a relação entre a oferta e a demanda de água de setores de distribuição de água;
- sob o ponto de vista quantitativo, períodos prolongados de estiagem tenderão a comprometer a disponibilidade de água para o exercício dos diferentes usos dos recursos hídricos. É sabido que a maior parte da RMRJ depende dos macro-sistemas de produção e distribuição de água do Guandú, Ribeirão das Lajes, Acari e ainda de outros micro-sistemas que utilizam mananciais locais superficiais. Em todos os casos, a indisponibilidade hídrica dos mananciais afetará a operacionalidade dos sistemas de abastecimento de água;
- observa-se que o macro-sistema do Guandú, responsável pelo atendimento da maior parcela da população da RMRJ, depende da transposição de águas do Rio Paraíba do Sul, e conseqüentemente da gestão integrada e consorciada desta bacia hidrográfica. Assim, no caso da RMRJ, a maior preocupação frente à possibilidade de maior frequência e duração de períodos de estiagem também

extrapola as bacias hidrográficas dos mananciais de captação dos sistemas de abastecimento de água;

- deve-se ainda salientar que os mesmos efeitos poderão ocorrer nos mananciais superficiais e subterrâneos que servem sistemas individuais e particulares de abastecimento de água (ilegais ou não) existentes na RMRJ em áreas sujeitas às deficiências da cobertura e do regime de abastecimento dos macro-sistemas públicos e coletivos;
- prolongadas e freqüentes estiagens também poderão comprometer a disponibilidade hídrica dos mananciais superficiais e subterrâneos sob o ponto de vista qualitativo, em função do menor efeito a ser obtido pela diluição de poluentes provenientes de esgotos sanitários e efluentes industriais não tratados;
- após chuvas intensas e demasiado incremento do escoamento superficial, as águas dos mananciais superficiais tendem a apresentar sobre-elevação da Turbidez, da contaminação fecal e de outros parâmetros físico-químicos correlatos, requerendo intenso trabalho nas ETA's para produção de água tratada que atenda ao padrão de potabilidade (aplicação maior de coagulantes químicos, maior freqüência de retrolavagem, etc...) o que tende a elevar os custos dos serviços e, conseqüentemente, as tarifas cobradas aos usuários dos sistemas;
- a segurança estrutural das barragens de nível que servem aos sistemas de abastecimento de água é também motivo de preocupação, principalmente em função dos efeitos de inundação devidos ao escoamento instantâneo do volume de água represado;
- em geral, em função do desnível geométrico, as captações nos mananciais superficiais dos sistemas de Ribeirão das Lajes e Acari, além dos sistemas locais que atendem ao abastecimento público da cidade do Rio de Janeiro, não estarão sujeitas à intrusão salina da água do mar. Nem mesmo a tomada d'água do sistema Guandú, no caso impedida pela barragem de controle de nível junto a tomada d'água;
- áreas da cidade do Rio de Janeiro estão hoje sujeitas ao abastecimento público intermitente e, portanto, contam com sistemas individuais e particulares de extração de água subterrânea. No caso da elevação do nível do mar, a intrusão salina poderá comprometer a qualidade da água subterrânea extraída em planícies costeiras. Da mesma forma, redes de distribuição constantemente despressurizadas poderão também estar sujeitas à infiltração da água subterrânea salinizada;
- atenção deverá ser dedicada às manobras de descarga de fundo dos desarenadores a montante da ETA Guandú, que poderão estar sujeitas à influência de eventual salinidade do rio Guandú. Da mesma forma, poderão estar sujeitas as indústrias localizadas mais próximas à foz e que fazem uso de sistemas próprios e particulares de abastecimento de água por meio de captações diretas no rio.

Esgotamento sanitário - abrangência e limitações

Esgotos sanitários são gerados em decorrência do uso urbano das águas de abastecimento. Os domicílios e as atividades comerciais, público-institucionais e industriais inseridas no meio urbano utilizam a água provida por sistemas públicos de abastecimento e a ela agregam matéria de diversificada composição física, química e biológica.

Sistemas de esgotamento sanitário públicos e coletivos são responsáveis pela coleta, o transporte, o tratamento e a destinação final dos esgotos gerados nas cidades. Em regiões tropicais, como é o caso da RMRJ, chuvas intensas e não frequentemente recorrentes justificam o uso de sistemas do tipo “separador absoluto”, nos quais os esgotos sanitários são coletados separadamente das águas pluviais.

As soluções públicas e coletivas de esgotamento sanitário não cobrem toda a extensão do espaço territorial urbano da grande maioria das cidades brasileiras, incluindo a RMRJ, e soluções individualizadas, do tipo localizadas ou estáticas, distribuídas de forma difusa, perfazem o que se denomina “sistemas descentralizados” de esgotamento sanitário. Contam usualmente com um tanque séptico, ou com a combinação deste a um filtro anaeróbio, ou com uma estação compacta para o tratamento localizado dos esgotos. Soluções descentralizadas e muito difusas em áreas de elevada concentração populacional tendem a ser deficientes (Jordão e Volschan Jr., 2009).

Por outro lado, mediante o enorme déficit que o país apresenta em relação ao atendimento por sistemas públicos e coletivos de esgotamento sanitário – segundo dados do SNIS (2008) menos de 20% dos domicílios brasileiros contam com estes serviços - é também usual o uso das galerias de águas pluviais para o afastamento dos esgotos. Esta solução perfaz o que coloquialmente passou a se denominar como sistema misto, embora não satisfaça ao arranjo sistêmico e aos critérios e parâmetros de dimensionamento de um sistema unitário convencional. Como solução de caráter temporário esta somente permite o afastamento dos esgotos, tendo-se o lançamento difuso dos mesmos nos corpos d’água superficiais que compõem os sistemas de meso e macro-drenagem urbana e, portanto, a poluição das águas.

Por outro lado, sistemas de esgotamento sanitário do tipo separador absoluto tendem a apresentar deficiências estruturais e operacionais que acabam resultando na veiculação de esgotos pelo sistema de drenagem urbana, tais como: ligações “clandestinas”, extravasores da rede e elevatórias de esgotos, instalações prediais cruzadas, e contribuições de esgotos de loteamentos irregulares e favelas.

Para esta realidade específica, de deficiência inerente ao próprio sistema separador absoluto, é que se destaca o emprego das “captações em tempo seco”. Trata-se de dispositivos implantados no

sistema de micro, meso e macro drenagem urbana e que visam durante os períodos de estiagem de chuva, a captação e a transferência das águas que neles se encontram - basicamente águas de escoamento subsuperficial associadas a esgotos sanitários “clandestinos” – para o sistema de esgotamento sanitário. A função destes dispositivos é a de incrementar a eficiência do sistema de esgotamento sanitário, auxiliando-o no controle da poluição por esgotos sanitários.

Por outro lado, áreas urbanas não dotadas de sistemas de esgotamento sanitário do tipo separador absoluto, e que temporariamente utilizam as galerias de águas pluviais para a coleta e o transporte de esgotos sanitários, podem também ser beneficiadas com o emprego de estruturas similares; neste caso, entende-se que deva ser otimizada a concepção de uma solução que permita a captação, o transporte e o tratamento das vazões de tempo seco por meio de elementos e estruturas que venham futuramente exercer a mesma função, quando implantada a rede coletora de esgotos; no caso, pode-se entender que o sistema de esgotamento sanitário estaria sendo construído gradualmente e em etapas, que em um primeiro momento contaria com os elementos e estruturas de transporte e tratamento, para posteriormente contar com a rede coletora convencional do sistema separador absoluto.

Contrariamente, entende-se que em áreas urbanas desprovidas de sistemas de esgotamento sanitário, não seja tecnicamente coerente o emprego de soluções e a realização de investimentos em estruturas físicas que não configurem, desde um primeiro momento, a implantação, ainda que parcial, do futuro sistema de esgotamento sanitário do tipo separador absoluto.

Entende-se também que áreas urbanas cujos sistemas de esgotamento sanitário não estejam integralmente implantados (o que também inclui a execução das ligações domiciliares a rede coletora de esgotos, a reversão dos extravasores de esgotos eventualmente existentes, e a interceptação de esgotos de ocupações irregulares) devam ser primeiramente beneficiadas com investimentos que levem a integralização do sistema. Neste caso, não faz sentido realizar investimentos para captar vazões em tempo seco em detrimento de investimentos para interligações de domicílios e entre outros elementos de uma dada bacia de esgotamento sanitário.

Todas estas particularidades ocorrem no âmbito do planejamento e da infraestrutura existente para o esgotamento sanitário da RMRJ. A Tabela 3 indica a capacidade nominal instalada e o grau de tratamento das estações de tratamento que compõem os sistemas de esgotamento sanitário já implantados na RMRJ, bem como os respectivos municípios atendidos e prestador de serviço.

Tabela 3: Capacidade nominal e grau de tratamento dos sistemas de esgotamento sanitário

Sistema	Município(s)	Operador	ETE	
			Grau	Capacidade (L/s)
Icaraí	Niterói	Águas de Niterói	Primário Avançado	975
Toque-Toque			Secundário	400
Itaipu			Terciário	110
Camboinhas			Terciário	110
Jurujuba			Secundário	30
Barreto			Secundário	80
Mocanguê			Secundário	30
Barra da Tijuca	Rio de Janeiro	CEDAE	Primário ³	3.500
Zona Sul			Preliminar	12.000 ⁶
Alegria			Secundário	5.000
Penha			Secundário	1.600
Acari Deodoro	Rio de Janeiro	PCRJ	Secundário ⁴	210
Realengo			Secundário ⁵	80
Pavuna-Meriti	Rio de Janeiro ¹	CEDAE	Secundário	1.500
Gramacho	Rio de Janeiro ¹		Secundário	N.D
Sarapuí	Rio de Janeiro ²		Secundário	1.500
São Gonçalo	São Gonçalo		Secundário	750

Observações:

¹ e parte de Duque de Caxias

² e parte de Duque de Caxias, S. J. de Meriti, Nilópolis, Mesquita, Belford Roxo e parte de Nova Iguaçu

³ precede o emissário submarino da Barra da Tijuca

⁴ parcialmente ativada

⁵ desativada

⁶ vazão atual estimada em 8.000 L/s

Não são disponíveis informações e indicadores mais adequados para a melhor caracterização dos sistemas de esgotamento sanitário da RMRJ, tais como a extensão de rede coletora, taxas média de infiltração, carga orgânica afluyente às ETE's, cadastro de usuários, entre outros. Até mesmo informações elementares sobre ETE's de médio porte recentemente implantadas na Baixada

Fluminense como, por exemplo, as ETEs Orquídea e Joinville, não são conhecidas. Por sensibilidade do autor, a realidade existente talvez aponte para a coleta e o tratamento dos esgotos de 50% dos domicílios da RMRJ, o que conseqüentemente ainda acarreta em severos problemas de poluição dos corpos d'água locais e confere condições insalubres a muitos núcleos urbanos

Para que os investimentos necessários no sentido da universalização do esgotamento sanitário sejam rigorosamente planejados, para que as soluções concebidas sejam técnica e economicamente adequadas e as soluções precipitadas e inadequadas sejam de pronto descartadas, é sempre urgente a atualização dos planos diretores de esgotamento sanitário, de forma a ajustar o planejamento do sistema urbano em função de investimentos realizados no passado recente e em função do próprio desenvolvimento tecnológico do setor. Neste contexto, inserem-se nas recentes décadas passadas, por exemplo, os programas Reconstrução Rio, Ambiente Rio, Despoluição da Baía da Guanabara, Baixada Viva, Nova Baixada, entre outros, e se inserirão os investimentos que serão induzidos por força da Copa do Mundo de Futebol de 2014 e das Olimpíadas de 2016.

Da mesma forma, medidas para ampliação dos índices de atendimento e para melhoria das atuais condições de prestação dos serviços deverão ser continuamente implementadas, e eventualmente, ocorrerão conjuntamente com as medidas que se justificarão exclusivamente em função de adaptações aos cenários das mudanças climáticas, como já apontadas por Volschan Jr. (2008):

- dentre outros problemas operacionais inerentes ao sistema separador absoluto, destacam-se as contribuições indesejadas de águas pluviais provenientes de instalações prediais - ditas contribuições parasitárias. O aumento da intensidade e da freqüência de chuvas tenderá a aumentar as vazões atribuíveis a estas contribuições indevidas. A eventual elevação do nível freático subterrâneo também induzirá a uma maior infiltração de águas subterrâneas para o interior da rede coletora de esgotos, a qual é tecnicamente admitida até o limite máximo de 1,0 L/s.km;
- em ambos os casos, com o incremento das respectivas contribuições, a capacidade hidráulica dos elementos componentes do sistema de esgotamento sanitário poderá ser comprometida e eventuais extravasamentos para o sistema de drenagem urbana poderão ocorrer, levando a deterioração da qualidade da água dos corpos d'água receptores.;
- mesmo que extravasamentos não ocorram, critérios de operação hidráulica-sanitária de todos os elementos que compõem os sistemas de esgotamento sanitário poderão ser violados, podendo ainda resultar: (i) o refluxo interno dos esgotos em instalações domiciliares, (ii) pressões internas elevadas nos coletores de esgotos, (iii) trabalho eletro-mecânico excessivo das estações elevatórias, (iv) sobrecarga hidráulica de unidades da ETE.

- a elevação do nível do mar poderá impedir o escoamento hidráulico em superfície livre que usualmente rege o lançamento de efluentes tratados de estações de tratamento de esgotos em corpos d'água receptores, assim como, conseqüentemente, o perfil hidráulico estabelecido em projeto e a performance de todo o processo de tratamento;
- sempre que ocorrerem inundações de áreas urbanas impostas também em função da elevação do nível do mar, as ETE's poderão ser fisicamente afetadas pelo fato de usualmente serem localizadas próximas aos corpos d'água receptores – neste caso, atenção deve ser dedicada ao caso da ETE Pavuna, cuja área de localização já for apontada como sujeita aos efeitos da elevação do nível do mar;
- o escoamento hidráulico do efluente de sistemas privados de tratamento de esgotos - do tipo fossa-filtro e/ou ETE's compactas - localizados em áreas urbanas desprovidas de sistemas públicos e coletivos de esgotamento sanitário (notadamente na Zona Oeste da Cidade do Rio de Janeiro), poderá ser comprometido pela ineficiência do escoamento hidráulico do sistema urbano de drenagem pluvial, causada tanto pela elevação da intensidade pluviométrica como pela elevação do nível do mar;
- o incremento da frequência e da intensidade de chuvas também tenderá a promover a elevação do lençol freático subterrâneo e a saturação do solo, o que conseqüentemente comprometerá o funcionamento de poços absorventes de esgotos tratados – do tipo “sumidouros”;
- áreas urbanas desprovidas de rede coletora de esgotos e de galerias de águas pluviais – notadamente em áreas mais carentes de municípios da Baixada Fluminense - e que hoje em dia ainda contam com valas negras para o escoamento conjunto de águas pluviais e esgotos sanitários, estarão em situação sanitária-ambiental ainda mais adversa no caso de chuvas mais intensas e freqüentes.
- no caso de emissários submarinos, a densidade da pluma de esgotos tem influência sobre os mecanismos de dispersão de poluentes e contaminantes no oceano, os quais poderão ser alterados em função da elevação da temperatura da água;
- o perfil hidráulico do escoamento nos emissários submarinos de esgotos depende da variação do nível do mar, de forma que a elevação deste decorrerá em elevação de todo o seu nível piezométrico, influenciando a operação das estruturas complementares de equilíbrio hidráulico;

Conclusões e recomendações

Em consonância com as grandes orientações do IPCC, o presente texto aponta hipóteses de eventuais impactos das mudanças climáticas sobre a infraestrutura de saneamento da RMRJ, cujas

medidas de enfrentamento se conjugarão àquelas outras necessárias no sentido da universalização e da melhoria da eficiência da prestação dos serviços de saneamento.

De fato, a RMRJ é claramente um caso exemplar onde as medidas de adaptação impostas pelos cenários das mudanças climáticas terão de ser definidas e implementadas em um contexto que já requer vultosos investimentos no sentido de satisfazer a demanda por água potável e o controle da poluição por esgotos sanitários. Neste sentido, devem os governos (sobretudo estadual e municipais) que atuam no âmbito da RMRJ pensar sobre a aplicação de conceitos e ferramentas já consolidadas sobre o tema, dentre os quais se destaca a *avaliação sistêmica das vulnerabilidades do setor de saneamento da RMRJ*.

Os conceitos da *gestão integrada de águas urbanas* e da *governança das águas urbanas* devem encontrar no Conselho Estadual de Recursos Hídricos e nos Comitês do rio Guandu e da Baía de Guanabara os fóruns ideais para a sua aplicação e desenvolvimento.

O melhor enfrentamento dos desafios e dificuldades ocorrerá a partir do desempenho técnico do modelo de *governança das águas urbanas*. Neste sentido é essencial a capacitação institucional das operadoras de saneamento da RMRJ (notadamente a Companhia Estadual de Águas e Esgotos (CEDAE), o Grupo Águas do Brasil – Águas de Niterói e a Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro – Rio Águas), dos entes reguladores do setor (com destaque para a Agência Reguladora de Energia e Saneamento Básico do Estado do Rio de Janeiro – AGENERSA), dos organismos municipais responsáveis pela gestão ambiental urbana dos seus respectivos territórios e, principalmente, do Instituto Estadual do Ambiente – INEA.

É também fundamental que os governos locais sejam criteriosos e tecnicamente aptos para a condução do processo decisório de adaptação, e principalmente isentos de interferências externas que atendam a outros interesses políticos ou econômicos não previstos na avaliação prévia de vulnerabilidades. Neste contexto, atenção deve também ser dedicada para que o processo de adaptação seja conduzido de forma transparente, mediante comunicação competente e envolvimento social.

Mecanismos de natureza educacional, técnica, legal e econômica que encaminhem a implementação de procedimentos de *conservação e uso racional da água* devem ser incentivados e ser gradualmente incorporados ao setor de saneamento no sentido de complementarem as estratégias de adaptação.

Por fim, destaca-se como questão essencial a necessidade de implantação e operação de bases de monitoramento de variáveis ambientais das bacias hidrográficas. Somente mediante rotinas com consistência e continuidade operacional permitirão a detecção e a caracterização precisa de

mudanças climáticas locais, assim como a mensuração de impactos e o planejamento detalhado de medidas de adaptação e mitigação.

Referências bibliográficas

Ashley, R.; Cashman, A. (2006). Infrastructure to 2030: Telecom, Land Transport, Water and Electricity. OECD.

Batchelor, C. et al. (2009). Climate change and WASH services delivery – Is improved WASH governance the key to effective mitigation and adaptation? Perspectives on water and climate change adaptation. International Reference Centre – IRC. Disponível online, <http://www.waterandclimate.org/index.php?id=5thWorldWaterForumpublications810>.

Berkhout, F., Hertin, J. & Gann, D. (2006) Learning to adapt: organisational adaptation to climate change impacts. *Climatic Change* 78, 135-156.

Britto, A.L.N.P. e Formiga-Johnsson, R.M. Water governance and climate change in Rio de Janeiro Metropolitan Area: discussing the reduction of urban water supply vulnerability. City Futures '09: An International Conference on Globalism and Urban Change, Madrid, 4-6 June 2009.

CCSG/IWA (2009). Climate change and the water industry – practical responses and actions. Perspectives on water and climate change adaptation. International Water Association – IWA. Disponível online, <http://www.waterandclimate.org/index.php?id=5thWorldWaterForumpublications810>.

IBRB (2010). Climate change and urban water utilities: challenges and opportunities. Water Working Notes. World Bank. Disponível on line, <http://www.worldbank.org/water>

IPCC (2008). IPCC's Sixth Technical Report on Climate Change and Water.

Jordão, E.P e Volschan Jr. I. (2009). Tratamento de esgotos sanitários em empreendimentos habitacionais. Brasília: CAIXA, 2009

Levina, E. (2006). Domestic Policy Frameworks for Adaptation to Climate Change in the Water Sector - Part II: Non-Annex I Countries. OECD.

Levina, E.; Adams, H. (2006). Domestic Policy Frameworks for Adaptation to Climate Change in the Water Sector - Part I: Annex I Countries. OECD.

Major, D.C et al. (2006). Managing Risk by Adapting to Climate Change: Planning for New York City's Water Supply, Sewer and Wastewater Treatment Systems. AWRA 2006 Annual Water Resources Conference. Baltimore

Pageler, M. (2009). Local government perspective on adapting water management to climate change. Perspectives on water and climate change adaptation. Local Government for Sustainability – ICLEI. Disponível online, <http://www.waterandclimate.org/index.php?id=5thWorldWaterForumpublications810>.

PMSS (2008). Sistema Nacional de Informações em Saneamento – SNIS/2008. Programa de Modernização do Setor de Saneamento. Ministério das Cidades. 2009.

Potsdam Institute for Climate Impact Research (2007). Water Supply and Sanitation Discussion Paper. Conference “Time to Adapt - Climate Change and the European Water Dimension: Vulnerability - Impacts – Adaptation”. Berlin.

Sadoff, C.W and Muller, M. (2009). Better water resources management - Greater resilience today, more effective adaptation tomorrow. Perspectives on water and climate change adaptation. Global Water Partnership – GWP. Disponível online, <http://www.waterandclimate.org/index.php?id=5thWorldWaterForumpublications810>.

Stakhiv, E.Z. and Pietrowsky, R.A. (2009). Adapting to climate change in water resources and water services. Perspectives on water and climate change adaptation. Institute for Water Resources – IWR. Disponível online, <http://www.waterandclimate.org/index.php?id=5thWorldWaterForumpublications810>.

USGCRP (2003). US National Assessment of the Potential Consequences of Climate Variability and Change – Draft Summary of the Water Sector Workshop

Volschan Jr, I. Sistema de abastecimento de água e esgotamento sanitário. In: Gusmão, P.P., Carmo, P.S.e Vianna, S.B (Orgs). Rio Próximos 100 anos. Rio de Janeiro: Instituto Pereira Passos, 2008