

O CONTRIBUTO DO ORDENAMENTO DO TERRITÓRIO PARA MITIGAÇÃO E ADAPTAÇÃO ÀS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS DOS SISTEMAS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO

Edilson Holanda Costa Filho (*), Liliane Farias Guedes Lira

* SEMACE – Superintendência Estadual do Meio Ambiente / edilson.holanda@semace.ce.gov.br

RESUMO

As consequências das alterações climáticas já são sentidas em diversas partes do mundo e em vários setores da economia, inclusive pelos sistemas de tratamento de efluentes. Considerando a importância sanitária de um sistema de coleta e tratamento de esgoto, o presente artigo objetiva apresentar a relação do saneamento básico com as alterações climáticas e a política de ordenamento do território, mostrando as contribuições desse setor para as modificações antropogênicas do clima e a influência do clima nele e como o planejamento do território pode contribuir para a mitigação e adaptação de uma atividade tão essencial para a vida humana, em termos sanitários e de promoção da saúde pública. Concluiu-se haver uma íntima relação entre as alterações climáticas e os sistemas de esgotamento sanitário, principalmente no que se refere a modificação do regime de chuvas, evidenciando a necessidade de adaptação desse setor, cujo sucesso depende de um bom planejamento territorial. Em termos de disponibilidade hídrica, cuja importância é ainda mais evidenciada em regiões como o Nordeste do Brasil, uma ênfase foi dada ao reuso de água residual tratada como uma medida adaptativa, para a qual os territórios precisam estar preparados em termos de infraestrutura de captação, armazenamento e distribuição de água.

PALAVRAS-CHAVE: Ordenamento do Território, Esgotamento Sanitário, Alterações Climáticas, Adaptação, Reuso de Efluente.

INTRODUÇÃO

Um dos temas mais discutidos atualmente, tanto por leigos quanto pelos cientistas e políticos, é a problemática das alterações climáticas e as suas consequências para a sobrevivência do planeta Terra.

A importância do clima para a vida no planeta Terra está relacionada, principalmente, com a temperatura e a disponibilidade de água, as quais sofrem influência da composição da atmosfera, constituída por gases com a capacidade de absorver a radiação infravermelha emitida pela superfície da Terra aquecida pelo sol (ALCOFORADO, ANDRADE, OLIVEIRA, FESTAS, & ROSA, 2009).

O clima na Terra tem sofrido modificações, quer sejam naturais ou antropogênicas. Nos últimos séculos, entretanto, são as transformações causadas pelas atividades humanas, dentre elas a queima de combustíveis fósseis e de florestas tropicais, que têm causado preocupação. Isso porque a queima de combustíveis fósseis, a pecuária e a atividade microbiana no tratamento de efluentes, por exemplo, liberam para atmosfera gases com efeito de estufa (GEE), e devido à intensidade das emissões e ao tempo de residência desses gases, eles se acumulam, tornando mais espessa a atmosfera que passa a absorver uma quantidade maior de radiação infravermelha. Logo, a Terra fica mais aquecida (FILIPPINI, POSSETTI, WAISS, AMARAL, & FRANCO, 2017; IPCC, 2013; NOBRE, 2011).

Como consequência do aumento da temperatura média global da atmosfera, destaca-se o aumento do nível do mar, o derretimento das geleiras e a modificação no regime de chuvas (IPCC, 2013).

Em relação aos sistemas de tratamento de efluentes, esses tanto contribuem como são influenciados pelas mudanças climáticas. Alterações na temperatura, modificações nos padrões de pluviosidade e a subida do nível médio do mar têm impacto no funcionamento desses sistemas (CARMO, 2013).

Dessa forma, considerando a importância sanitária dos sistemas de tratamento de efluentes, a previsão de aumento populacional mundial e, consequentemente, a elevação da demanda por água e a quantidade de esgoto produzida, e considerando ainda a contribuição desse setor para as alterações climáticas e a influência dessas no bom funcionamento daquele, é premente a realização de um bom planejamento de território para mitigar os efeitos dessa atividade na emissão de GEE e para adaptação da mesma às alterações climáticas, de forma a manter o seu bom funcionamento.

OBJETIVOS

O presente artigo tem por objetivo apresentar a relação do saneamento básico com as alterações climáticas e a política de ordenamento do território, mostrando as contribuições desse setor para as modificações antropogênicas do clima e a influência do clima nele e como o planejamento do território pode contribuir para a mitigação e adaptação de uma atividade tão essencial para a vida humana, em termos sanitários e de promoção da saúde pública.

Dentre os exemplos citados no decorrer do artigo, deu-se especial atenção ao reuso de efluentes tratados como uma forma de adaptação em regiões com stress hídrico, como o Nordeste do Brasil, mostrando como o ordenamento do território se insere nesse contexto, permitindo a implementação de tal medida.

METODOLOGIA

Busca na plataforma eletrônica “Web of Science” usando-se palavras-chave tais como: “wastewater reuse”, “spacial planning”, “climate change adaptation and mitigation”, “wastewater treatment plant”, “water urban cycle”, etc. Após essa primeira pesquisa, avaliou-se alguns estudos de caso, em especial o plano de expansão do sistema de esgotamento sanitário de Fortaleza.

RESULTADOS

• Alterações Climáticas e o Ordenamento do Território

Conforme Hurlimann e March (2012), o planejamento do território já era realizado nas civilizações antigas, caracterizado por uma governância consciente que envolvia ganho de produtividade baseado na construção de estradas, em áreas de mercados, produção e agricultura, representação religiosa, em imposição de padrões para ruas, códigos de segurança, estética e provisão de infraestrutura.

Ao longo do tempo, a urbanização e o rápido crescimento após a revolução industrial trouxeram problemas que precisaram ser respondidos por um moderno planejamento cuja base procurava proteger a saúde e o bem-estar, fornecer o serviço de coleta de esgotos, controlar a expansão e a localização das indústrias, criar espaços de lazer com estética agradável e, mais recentemente, proteger o meio ambiente, permitir a participação pública e promover o desenvolvimento sustentável (HURLIMANN & MARCH, 2012).

Como será esclarecido a seguir, a mitigação e a adaptação às alterações climáticas encontra guarita em algumas das características apresentadas nos parágrafos anteriores, no que concerne ao uso do planejamento como forma de minimizar os danos decorrentes das transformações pelas quais o planeta Terra tem sofrido nos últimos séculos.

Um dos setores que mais sofrem com as modificações pelas quais o sistema climático tem passado é o setor da água. À medida que aumenta a concentração de GEE na atmosfera, fica mais energia disponível à superfície do planeta e como consequência, verifica-se uma intensificação do ciclo hidrológico, o que, em um primeiro momento, poder-se-ia pensar que há um aumento da quantidade de água disponível, mas essa intensificação eleva a frequência e intensidade de fenômenos extremos, inclusive situações de seca prolongada (CARMO, 2013).

As chuvas intensas e as secas alteram a disponibilidade dos recursos hídricos e modificam a sua quantidade e qualidade. Os sistemas de drenagem e tratamento de águas residuais também são afetados. As águas residuais afluentes às Estações de Tratamento de Efluentes (ETE) podem variar em termos de caudais e composição, sendo que as ETE's ficam sujeitas a novas condições de afluência, para as quais devem estar previamente preparadas (CARMO, 2013).

É nesse momento que entra o ordenamento do território como política pública, cujo objetivo é regular o uso e a transformação dos espaços e a governança territorial, de forma a superar problemas, salvaguardar o interesse público, melhorar a capacidade adaptativa das estruturas e criar novas oportunidades.

Em relação especificamente a redução da disponibilidade de água em decorrência das alterações climáticas, o ordenamento do território é uma ferramenta que pode ser usada como forma de adaptação a essa realidade na medida em que, dentre outras, define normas para captação e uso da água, através das outorgas, estabelece padrões para lançamento de efluentes em recursos hídricos, de forma a manter uma determinada qualidade da água para os seus mais diversos usos, exige a separação das águas pluviais do esgoto coletado, de forma a não comprometer a eficiência do tratamento dos efluentes e não desperdiçar a água da chuva, implanta estruturas de barreira, de forma a minimizar os eventos de inundação, constrói estruturas para armazenamento de água bruta e transposição de bacias hidrográficas e, mais recentemente, prepara os territórios para reutilizar as águas residuais tratadas.

Ainda no campo da interferência das alterações climáticas no setor da água, a região Nordeste do Brasil merece atenção pelo histórico de seca. Segundo Nobre (2011), observou-se um aumento de 4 °C na temperatura máxima diária no período de 1961 a 2009, e diminuição média de 275 mm (correspondendo a 57%) dos totais pluviométricos anuais no vale do rio Pajeú, no Estado de Pernambuco.

Para Carmo (2013), as secas prolongadas têm aumentado em frequência e intensidade, em nível global. O aumento da intensidade e duração das situações de seca deve-se à combinação de dois fenômenos: a diminuição da pluviosidade e o aumento da temperatura.

A histórica variabilidade climática intrínseca ao clima semiárido do Nordeste foi, por muito tempo, tomada como fator de desvantagem regional, o que levou aos governos a realizarem planejamentos para tentar mudar essa situação. Foi nessa perspectiva que foram criados órgãos governamentais para fazer o gerenciamento dos recursos hídricos da região. Como exemplo de situação em que esses órgãos se utilizaram da ferramenta da adaptação para superar as dificuldades trazidas pela seca, pode-se citar a construção do “Canal do Trabalhador”, no Estado do Ceará, com 98 km de extensão, interligando o rio Jaguaribe e o açude Orós ao açude Pacajus, que abastece Fortaleza, a capital do estado, com base na previsão de que a região enfrentaria uma grande seca em 1993, o que de fato se confirmou e essa obra evitou que a cidade entrasse em colapso de fornecimento de água (NOBRE, 2011).

A construção de grandes barragens (açudes), a articulação dos comitês de bacias hidrográficas, o programa de construção de cisternas para captação de água pluvial e o forte arcabouço legal envolvendo a matéria ambiental são outros exemplos de como a região Nordeste do Brasil tem usado dos princípios do ordenamento do território para melhorar sua resiliência frente às características naturais adversas e a intensificação de tal realidade frente às mudanças climáticas, aproveitando os riscos e oportunidades inerentes. É possível perceber a presença de algumas características que relacionam o ordenamento do território com as estratégias de adaptação tais como o aumento da resiliência pela regulação, inovação tecnológica, reformas institucionais e pelo planejamento estratégico e do uso da terra, a adaptação pela transição através da mobilização, inclusão e participação, articulação de conhecimentos e experiências e da governança territorial e a adaptação pela transformação através da adoção de uma nova estrutura socioeconômica, política e ecológica e do surgimento de novos discursos, estruturas institucionais e práticas.

Em relação aos riscos e oportunidades, de acordo com Nobre (2011), o aquecimento global contempla essas duas “pernas” do ordenamento do território na medida em que o aquecimento gradual da atmosfera implica na alteração do regime de chuvas, com impacto direto na agricultura. Atividades agrícolas de sequeiro sobre o semiárido, que em condições passadas já representavam uma incidência significativa de perda em virtude da variabilidade interanual do período chuvoso, num estado futuro de aquecimento global deverão tornar-se cada vez menos viáveis, até a total inviabilidade de culturas que dependam exclusivamente da ocorrência de chuvas.

É nesse cenário que as ações de planejamento despontam na tentativa de superar as dificuldades atuais e futuras da região. Além da legislação ambiental que estabelece os limites do que pode ou não ser realizado nos territórios e as obras de infraestrutura já realizadas para o enfrentamento da seca, pode-se citar outros projetos com o mesmo viés.

Em relação à disponibilidade de água, por exemplo, uma ação de planejamento que tem recebido atenção recentemente são os projetos de reuso de efluentes tratados na agricultura e nos centros urbanos. O reuso de efluente nas grandes cidades e regiões metropolitanas pode diminuir a necessidade de captação de água nos açudes que abastecem essas regiões, aumentando a disponibilidade de água para as regiões do interior do Estado, além de contribuir com o paisagismo e diminuição das ilhas de calor.

Assim, pode-se afirmar que o reconhecimento das alterações climáticas enquanto ameaça promove ações de gestão preventiva e adaptativa por parte dos Estados que valorizam, ou podem vir a valorizar, o ordenamento do território como fator de resiliência climática.

Tal como mencionado anteriormente, há algumas cidades que já iniciaram estratégias combinadas de mitigação e adaptação às alterações climáticas, com abordagens integradas que equacionam múltiplos setores, como o planejamento estratégico e a gestão do uso do solo, a regulamentação da construção, o fornecimento de energia, os transportes públicos e a gestão do espaço público, da água e dos resíduos (ALCOFORADO et al., 2009).

- **As Estações de Tratamento de Efluentes e a sua Relação com o Ordenamento do Território**

Como já comentado anteriormente, o setor do saneamento tanto contribui como é afetado negativamente pelas alterações climáticas e, portanto, precisa sofrer medidas transformadoras no sentido de mitigar os efeitos negativos dele resultante e passar por adaptações que permitam lidar com as modificações ambientais inevitáveis.

Especificamente sobre os sistemas de coleta e tratamento de esgoto, estes contribuem para as emissões de GEE, principalmente gás carbônico (CO₂), metano (CH₄) e óxido nitroso (N₂O), que são liberados durante os processos de tratamento. Além das emissões diretas das ETE's, importa ainda considerar as emissões indiretas de GEE associadas ao consumo de energia, decorrente da queima de combustíveis fósseis e as relacionadas com a produção e transporte dos produtos químicos, transporte e destino final de lamas e dos subprodutos do tratamento (CARMO, 2013; RUTKOWSKI & PEREIRA, 2009).

Nessa ótica, considerando a importância desse setor, principalmente porque envolve um recurso natural indispensável à vida, a água, é imprescindível que a iniciativa privada e o setor público comecem desde já a projetar e implementar as medidas necessárias para transformar esse setor em algo sustentável. No que concerne ao setor público, cabe a ele instituir uma política de ordenamento do território capaz de abranger as atividades de saneamento básico dentro de um contexto futuro com recursos naturais escassos, especialmente no Nordeste do Brasil, conforme apresentado anteriormente.

No que concerne aos sistemas de tratamento de efluentes, considerando tratar-se de água contaminada, a variabilidade da quantidade e da qualidade desse líquido interfere diretamente na eficiência desses sistemas. Para além disso, o próprio processo de coleta e tratamento consome energia, emite GEE e odores, situações essas que obrigam essa atividade a estar presente nas políticas de ordenamento do território de forma a compatibilizá-la com o layout do local de implantação, provocando o mínimo de inconvenientes e cumprindo o seu papel de forma eficiente e sustentável. Existem várias tecnologias de tratamento de esgoto e a escolha do melhor modelo de estação de tratamento depende, dentre outros fatores, da topografia do terreno, da pluviometria local, das características populacionais e do corpo receptor.

Cada tipo de tecnologia disponível possui vantagens e desvantagens e deve-se escolher aquela que mais se adequa a realidade local, gerando menos inconvenientes ambientais e sendo sustentável economicamente. O que é comum entre elas, no entanto, é a geração de resíduos e as emissões gasosas, necessitando passarem por processos de mitigação. Para além da mitigação, o setor do saneamento tem grande potencial na vertente da adaptação, devendo-se preparar as infraestruturas para um novo regime climático, diminuindo os impactos econômicos, sociais e ambientais das alterações climáticas.

- **A ETE e a Mitigação às Alterações Climáticas**

Embora as águas residuais não sejam a principal fonte de GEE, Carmo (2013) considera importante o controle de emissões desse setor tendo em vista a crescente preocupação com as alterações climáticas, aos tratados internacionais e à maior exigência na regulação das emissões.

Em Portugal, por exemplo, no ano de 2010, as águas residuais representaram cerca de 3,7% do total das emissões de GEE consideradas no país, correspondentes a 2.599.050 tCO₂eq (CARMO, 2013).

No Brasil, o setor de resíduos, responsável pelas emissões de GEE oriundas da disposição de resíduos sólidos e do tratamento de esgoto, é responsável por 4% das emissões brasileiras. Com a universalização dos serviços de saneamento prevista no Plano Nacional de Saneamento Básico, há uma perspectiva de aumento das emissões de GEE nesse setor (FILIPPINI et al., 2017).

No trabalho realizado por Bilotta e Ross (2016), concluiu-se que a recuperação do biogás gerado na ETE estudada resultaria em benefícios econômicos e ambientais, pois a produção de metano foi de 1.427,2 m³/dia, gerando energia elétrica disponível em torno de 65.280,3 kWh/mês (59% da demanda média mensal de energia da estação) e uma emissão real evitada de 946,3 kgCH₄/dia e 17.192,6 kgCO₂eq/dia.

As emissões de GEE das águas residuais não constituem uma das principais contribuições para as alterações climáticas, mas os seus efeitos, através dos impactos das mudanças no clima, afetam o desempenho dos sistemas de drenagem e tratamento de águas residuais, acentuando a importância da adaptação.

- **A ETE e a Adaptação às Alterações Climáticas**

A adaptação consiste numa abordagem diversa em que, uma vez identificados os problemas originados pelas alterações climáticas, se opta por agir em função das suas consequências, isto é, propondo mudanças nas localizações das infraestruturas, alterações na concepção e na operação dos sistemas e intervenções que permitam vir aumentar a viabilidade de funcionamento e a resiliência dos sistemas (FERREIRA et al., 2017).

Situações de chuvas intensas, especialmente quando o sistema de coleta de esgoto não é completamente separado do sistema de drenagem de águas pluviais, alteram a quantidade e a qualidade dos efluentes. Nessas ocasiões, pode ocorrer

o extravasamento do efluente bruto, diluição das águas residuais, afetando a eficiência do processo, e escapamento dos microrganismos responsáveis pelo tratamento (CARMO, 2013).

Já nos períodos de estiagem, os sistemas de drenagem de águas residuais recebem um caudal menos volumoso, e em muitos casos, a gestão destas infraestruturas, para caudais muito inferiores aos do projeto, não permite assegurar um desempenho adequado, pois a carga orgânica fica elevada (CARMO, 2013).

Outro fator que deve ser levado em conta nos projetos é a influência do aumento do nível do mar nas zonas costeiras, pois as instalações são geralmente construídas a cotas menos elevadas, para aproveitarem situações de drenagem por gravidade. Nestes casos, a subida do nível do mar promove situações de cheias e inundações e em algumas situações resulta na entrada de água do mar salina nas redes e nas ETE's, prejudicando o tratamento (CARMO, 2013).

Durante as fases do tratamento são produzidos resíduos e emitidos gases, muitos deles odoríferos. Em relação aos gases, de acordo com Victoretti (1973), quando o tratamento dos esgotos é feito por lagoas de estabilização, por exemplo, o afastamento adequado entre as áreas das lagoas e as zonas urbanas deve ser de 1000 a 1600 metros, para núcleos habitados, e de 400 a 500 metros, para residências isoladas.

Outra adaptação pela qual as ETE's devem passar para garantir a sua sustentabilidade ambiental e energética, é a descentralização dos sistemas de tratamento, como forma de evitar grandes investimentos com custos muito elevados associados ao bombeamento e ao tratamento das águas residuais e a concentração da descarga num único ponto (CARMO, 2013).

Resumidamente, as medidas de adaptação nos sistemas de águas residuais podem ser a montante da ETE ou na própria instalação. A montante, nas redes de drenagem, destacam-se o controle de afluições indevidas, o controle dos odores, a separação dos efluentes em função da sua origem, a instalação de sistemas de armazenamento, reserva e amortecimento de caudais e de equipamentos que permitam controlar a entrada de água do mar (CARMO, 2013).

Das medidas de adaptação destacam-se as etapas adicionais com novas operações e processos unitários de tratamento, aumento da capacidade e eficiência do tratamento primário melhorando a produção de lamas e consequentemente a cogeração e a eficiência energética, reduzindo consumos e aumentando a produção de biogás (CARMO, 2013).

Além de mudanças nas infraestruturas, o setor do saneamento também pode contribuir para a adaptação de outros setores como a agricultura, as florestas, a energia, a produção industrial, os ecossistemas, a biodiversidade e as zonas costeiras.

O reuso de efluentes tratados é um exemplo de como o setor de esgotamento sanitário pode contribuir para a adaptação da agricultura, diminuindo a demanda por água "bruta" e aumentando a oferta de água para consumo humano. O lodo produzido nas estações de tratamento também pode ser usado como adubo.

Nas florestas, a reutilização de águas residuais pode ser usada no combate a incêndios. Na indústria, pode ser utilizada em processos que não requeiram água com elevado grau de pureza. Nas cidades, pode ser usada para paisagismo e atenuação dos efeitos das ilhas de calor.

Os investimentos em reuso de águas residuais já estão previstos na agenda 2030 do Brasil para atendimento aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, mas a realidade atual mostra que ainda são poucas as iniciativas decorrentes de políticas públicas para fomentar o reuso de efluente como parte de estratégia e instrumentos de saneamento ambiental e gestão sustentável de águas. A escassez hídrica em algumas regiões do país proporcionou algumas oportunidades para iniciativas isoladas para reuso de águas pluviais, mas ainda há que se avançar na promoção do reuso seguro de águas residuais domésticas, industriais e agrícolas (GTagenda2030, 2018; IPEA, 2018).

Seja qual for a mudança pela qual o setor de saneamento passe para se adaptar ou contribuir para a adaptação de outros setores, é preciso que esteja em comunhão com o planejamento territorial para que se consiga tirar o máximo proveito das oportunidades dessa atividade, causando o mínimo de impacto ambiental, social e econômico.

- **A ETE e o Planejamento Urbano**

Como pode ser observado, as alterações climáticas sofrem e exercem forte influência no setor do saneamento e esse, pelas suas características, precisa ser bem projetado para cumprir com eficiência e de forma sustentável a sua função, em harmonia com a paisagem e com os seus usuários.

Considerando os princípios de um sistema de coleta e tratamento de esgotos (garantir a distância das descargas aos núcleos urbanos, afastamento do lançamento em zonas balneares ou meios receptores para consumo público, dispersão

dos efluentes em locais com boas condições de diluição e descarga de efluente tratado próximo de locais onde o recurso possa ser aproveitado), é fácil perceber, ainda mais quando se considera a influência das alterações climáticas, que o saneamento precisa ser considerado nas políticas de ordenamento do território, em busca de um meio ambiente equilibrado.

Como já comentado anteriormente, o setor do saneamento sofre influência do aumento da população e da urbanização dos territórios. Assim, conforme Mota (1980), o crescimento populacional e a consequente ampliação das cidades deveriam ser sempre acompanhados de um crescimento da infraestrutura urbana necessária para proporcionar aos habitantes uma mínima condição de vida e menores impactos negativos ao meio ambiente.

Uma das medidas de adaptação às alterações climáticas propostas para os sistemas de esgotamento sanitário é a descentralização do setor. Resumidamente, ao invés de concentrar o tratamento e o lançamento do efluente tratado em um único ponto, propõe-se a construção de várias estações de tratamento ou investimento em serviços, como estações de coleta e tratamento móveis, para garantir o atendimento em regiões de difícil acesso. Fica claro aqui que, para implementação dessa medida, o território precisa ser planejado.

A solução de controle na origem de águas pluviais também necessita passar pelo crivo do planejamento territorial, uma vez que um eficiente sistema de drenagem precisa ser construído. Ainda nessa esfera, o ordenamento do território, na vertente da regulação, quando taxa os volumes pluviais descarregados na rede de drenagem pluvial, pode ter um papel importante para promover um controle mais efetivo das aflúências pluviais, como já acontece atualmente em países como a Alemanha (CARMO, 2013).

Quanto ao reuso de efluentes na agricultura, por exemplo, somente deve ser feito em áreas determinadas, sob controle. É uma prática que vem sendo usada com sucesso, mas cuja potencialidade precisa ser melhor estudada e deve ser acompanhada de medidas de controle, para não causar danos ao meio ambiente (MOTA, 1980).

A construção de bacias de contenção para acumular efluente em dias de chuvas volumosas, é outra forma de adaptação que precisa estar presente no ordenamento do território, de forma a escolher o melhor local ou, ainda mais eficiente, planejar o território já com esses espaços previstos.

Na vertente da regulação, o planejamento urbano para o setor de saneamento já possui uma robusta coletânea, como já comentado anteriormente. No Brasil, por exemplo, o aumento dos investimentos para o setor e o ordenamento jurídico proporcionado pelas Leis federais 11.445/2007 e 11.107/2005, ao estabelecer novas condições para a universalização dos serviços no país, buscam consolidar um novo ciclo para o saneamento, com alternativas de gestão que viabilizem a auto-sustentação econômica e financeira dos serviços de saneamento básico (RUTKOWSKI & PEREIRA, 2009).

Os projetos de mitigação e adaptação do setor de saneamento, se analisados em uma perspectiva integradora de processos de usos de recursos naturais com otimização energética, podem se transformar de fonte de custo e despesa em fonte de investimento, por meio da geração de Reduções Certificadas de Emissões (RCE) ou créditos de carbono, produção de energia limpa, reutilização de efluentes, além da possibilidade de produção de biofertilizantes (RUTKOWSKI & PEREIRA, 2009).

Quando se analisa a sustentabilidade das ETE's, estudando as emissões de GEE, a pegada de carbono, a eficiência energética e a análise do ciclo de vida dos produtos, conclui-se que o caminho a seguir no futuro deverá ser diferente. As ETE's do futuro deverão ser diferentes, mais adaptadas e ajustadas às necessidades de reutilização da água, nutrientes e energia, e mais capazes de enfrentar os novos desafios colocados pelas alterações climáticas ou por outras vulnerabilidades emergentes (CARMO, 2013).

- **Projetos Concebidos em Atenção à Mitigação e Adaptação às Alterações Climáticas**

Vários são os exemplos de projetos concebidos levando em conta a temática das alterações climáticas, disponibilidade hídrica e planejamento territorial.

A cidade de Fortaleza, por exemplo, pretende expandir a sua rede de coleta e tratamento de esgoto com a construção de mais 3 estações de tratamento de efluentes. Observa-se, portanto, que já há uma preocupação com a qualidade do corpo receptor, mas também em preparar o território para um possível reuso. Segundo Caixeta (2010), Fortaleza possui um grande potencial para o aproveitamento de água reciclada na rega das áreas verdes, além da lavagem de ruas e até mesmo na indústria e na aquicultura na Região Metropolitana.

As cidades européias de Londres e Freiburg são exemplos já concretizados de projetos realizados visando o aumento da resiliência frente às perspectivas de redução da disponibilidade hídrica, utilizando o ordenamento do território para conseguir os resultados esperados. Aumentou-se, por exemplo, a capacidade de reservatórios de água, implementou-se a

transferência de água entre cursos d'água, realiza-se a dessalinização, recarga artificial de aquíferos e reutilização de águas residuais tratadas, implementou-se um sistema de infiltração de água pluvial e aproveita-se o biogás gerado nas ETE's para geração de energia (ALCOFORADO et al., 2009).

No estudo realizado por Ferreira et al. (2017), os autores concluíram que para enfrentar os problemas decorrentes das alterações climáticas, o sistema de esgotamento sanitário da cidade de Xai-Xai, em Moçambique, deveria contar com quatro estações de transferência e uma estação de tratamento de lamas fecais, numa zona alta, não inundável, aproveitando a disponibilidade de topografia, os acessos e o circuito dos caminhos.

Essa solução enquadra-se na adaptação dos serviços de saneamento urbano às alterações climáticas em Moçambique e apresenta, como mais-valia, a criação de uma cadeia de valor (com o tratamento e higienização de lamas e possível valorização na agricultura, aliada à eventual reutilização dos efluentes tratados para irrigação agrícola). Deve estar, portanto, alinhada com a Lei de Uso e Ocupação do Solo do município, de forma a causar o mínimo de inconvenientes e fornecer as condições necessárias para o aproveitamento das oportunidades, como o reuso dos efluentes e das lamas tratadas na agricultura.

O planejamento urbano futuro dessa cidade também deve ter em conta tais medidas, disponibilizando espaços para implementá-las e controlando a migração da população do meio rural para o meio urbano (FERREIRA et al., 2017).

CONCLUSÕES

Pelo exposto, percebe-se uma íntima relação entre as alterações climáticas e os sistemas de coleta e tratamento de efluentes, bem como a importância do ordenamento do território nas ações de mitigação e adaptação desse setor, na busca da sua sobrevivência e sustentabilidade.

Os estudos realizados até o momento no que concerne a contribuição do saneamento para as emissões de GEE concluem que, apesar do percentual pequeno, deve-se sim implementar medidas de mitigação visando não só a redução das emissões, mas, principalmente, o aproveitamento energético com a geração do biogás.

É na vertente da adaptação, entretanto, que os sistemas de esgotamento sanitário ganham especial atenção, tendo em vista a influência que as alterações climáticas exercem nesse setor, seja pelo excesso ou falta de chuvas, ou pelo aumento da demanda ocasionado pelas previsões de crescimento populacional.

É nesse momento que o planejamento territorial pode contribuir mais expressivamente para implementação dessas medidas. Para reutilização de águas residuais, por exemplo, os territórios precisam estar preparados em termos de infraestrutura de captação, armazenamento e distribuição dessa água, e garantir a segurança e a informação da população.

Nessa perspectiva, o ordenamento do território, entendido na ótica de planejamento, gestão e governança territorial, pode contribuir para aumentar a capacidade adaptativa desse setor da economia e, conseqüentemente, de diferentes territórios às alterações climáticas, especialmente no Nordeste do Brasil, que historicamente sofre com a seca.

Embora o principal objetivo dos processos de adaptação seja assegurar a robustez dos ambientes face às alterações inevitáveis do clima, as soluções de adaptação também podem contribuir para torná-los mais atrativos e competitivos, pela melhoria da qualidade de vida que oferecem. As respostas aos impactos das alterações climáticas devem estar ajustadas à realidade local, adotando ações concretas de gestão e ordenamento ao nível municipal.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Alcoforado, M., Andrade, H., Oliveira, S., Festas, M., & Rosa, F. (2009). Alterações climáticas e desenvolvimento urbano - série política de cidades 4. Lisboa: Direcção-Geral do Ordenamento do Território e Desenvolvimento Urbano.
2. Bilotta, P., & Ross, B. Z. (2016). Estimativa de geração de energia e emissão evitada de gás de efeito estufa na recuperação de biogás produzido em estação de tratamento de esgotos. Engenharia Sanitária e Ambiental, 275-282.
3. Caixeta, C. E. T. (2010). Avaliação do atual potencial de reuso de água no estado do Ceará e propostas para um sistema de gestão. Tese de doutorado em Engenharia Civil. Fortaleza: Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental/Universidade Federal do Ceará.
4. Carmo, J. M. (2013). Estratégia de adaptação da ETAR às alterações climáticas com suporte na simulação dinâmica. Tese de Doutorado em Engenharia do Ambiente. Lisboa: Instituto Superior Técnico - Universidade de Lisboa.

5. Ferreira, F., Matos, J. S., Monteiro, A., Marta, J. S., Antunes, R., Óscar, P., . . . Sousa, O. (2017). Adaptação dos serviços de saneamento urbano a alterações climáticas em Moçambique. In J. F. Silva Gomes et al (Eds), 8º Congresso Luso-Moçambicano de Engenharia / V Congresso de Engenharia de Moçambique, INEGI/FEUP, Maputo, 4-8 de setembro de 2017, pp. 919-920.
6. Filippini, R. M., Possetti, G. R., Waiss, T. C., Amaral, K. J., & Franco, P. L. (2017). Perspectivas de redução de emissões de gases de efeito estufa no tratamento de esgoto no Estado do Paraná até o ano de 2030. In Congresso ABES/FENASAN 2017, ABES/AESabesp, São Paulo, 2 a 6 de outubro de 2017.
7. Grupo de Trabalho da Sociedade Civil para Agenda 2030. (2018). Relatório luz da Agenda 2030 de desenvolvimento sustentável: síntese II. GESTOS (Soropositividade, Comunicação e Gênero).
8. Hurlimann, A. C., & March, A. P. (2012). The role of spatial planning in adapting to climate change. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, 3, 477-488.
9. Intergovernmental Panel on Climate Change. (2013). *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Working Group I Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. New York: Cambridge University Press.
10. Ipea. (2018). *Agenda 2030 - ODS: metas nacionais dos objetivos de desenvolvimento sustentável*. Brasília: Ipea.
11. (s.d.). Lei Nº 11.445 de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a . Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. Câmara dos Deputados. Brasília.
12. Mota, F. S. (1980). *Disciplinamento do uso e ocupação do solo urbano visando a preservação do meio ambiente. Tese de Doutorado em Saúde Pública*. São Paulo: Faculdade de Saúde Pública - Universidade de São Paulo.
13. Nobre, P. (2011). *Mudanças climáticas e desertificação: os desafios para o Estado brasileiro*. Em R. d. Correia Lima, A. d. Cavalcante, & A. M. Marin, *Desertificação e mudanças climáticas no semiárido brasileiro* (p. 211). Campina Grande: Instituto Nacional do Semiárido.
14. Rutkowski, E. W., & Pereira, A. S. (2009). *Emissões de todos: mudanças no saneamento pelo clima*. Em B. S. Cordeiro, *Lei nacional de saneamento básico : perspectivas para as políticas e gestão dos serviços públicos* (Vol. 2, pp. 377-389). Brasília: PNSS/MCid.
15. Victorette, B. (1973). *Contribuição ao emprego de lagoas de estabilização como processo para depuração de esgotos domésticos*. São Paulo: CETESB.