

Plano da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré: análise da adaptação frente às mudanças climáticas

Reflexões sobre as mudanças climáticas estão se tornando cada vez mais frequentes e complexas. A interferência deste fenômeno nos recursos hídricos afeta as esferas ambientais, sociais e econômicas, acarretando prejuízos progressivos à sociedade. Desse modo, a formulação de políticas públicas, que considerem as mudanças climáticas, é imprescindível à gestão hídrica. Sendo assim, a pesquisa analisou os aspectos que devem ser considerados na gestão integrada dos recursos hídricos para incorporar medidas de adaptação frente às mudanças climáticas, a partir da análise do Plano da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré. Para tanto, foram realizadas análises documentais do plano com vigência de 2016-2027, além das Deliberações do Comitê da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré 08/2020 e 10/2021. Ainda que a metodologia de elaboração do plano descreve cenários que contemplam as mudanças climáticas, os documentos analisados não estabelecem ações para adaptação às suas consequências. Em contrapartida, foram verificadas ações com potencial de serem aproveitadas para esse fim, tais como programas de recuperação de florestas, monitoramento hidrológico, revitalização de rios e matas ciliares, capacitação de gestores, dentre outras. Com isso, conclui-se que o plano investigado não possui ações específicas para a adequação às mudanças climáticas, mas pode ser ajustado a partir de deliberações e termos de referências que exijam a incorporação das consequências das mudanças climáticas na execução das ações e projetos.

Palavras-chave: Gestão integrada de recursos hídricos; Adaptação às mudanças climáticas; Planejamento ambiental; Legislação ambiental.

Tietê-Jacaré River Basin Management plan: adaptation analysis to climate change

Reflections on climate change are increasingly frequent and complex. This phenomenon consequence of water resources affects the environmental, social, and economic spheres, causing progressive damage to society. Thus, public policy formulation which considers climate change is essential for water management. Therefore, this research analyzed the aspects that should be considered in integrated water resources management to incorporate climate change adaptation measures, based on the analysis of the Tietê-Jacaré River Basin Management Plan. To this end, documental analyzes were carried out in the river basin management plan (effective from 2016 to 2027), and on 08/2020 and 10/2021 Tietê-Jacaré river basin committee's resolutions. Although the plan elaboration methodology describes scenarios that include climate change, the analyzed documents do not establish actions to adapt to its consequences. On the other hand, potential actions for this purpose were verified, such as forest recovery programs, hydrological monitoring, rivers, and riparian forests revitalization, managers training, among others. With this, it was possible to conclude that the investigated plan does not have specific actions to adapt to climate change but can be adjusted by the use of deliberations and reference terms if requested to incorporate climate change consequences in actions and project execution.

Keywords: Integrated water resources management; Adaptation to climate change; Environmental planning; Environmental legislation.

Topic: **Planejamento, Gestão e Políticas Públicas Ambientais**

Received: **12/09/2022**

Reviewed anonymously in the process of blind peer.

Approved: **28/09/2022**

Priscila Marcon 

Universidade Federal de São Carlos, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/9715507409509977>
<http://orcid.org/0000-0003-2398-2476>
priscilam@estudante.ufscar.br

Regina Célia Macedo do Nascimento 

Universidade Federal de São Carlos, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/2339102253217709>
<http://orcid.org/0000-0001-6320-0817>
giinacmn@gmail.com

Maria Cecilia Pereira 

Universidade Federal de São Carlos, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/0467406755868017>
<http://orcid.org/0000-0002-4607-2187>
mcp.cissa@gmail.com

Monise Terra Cerezini 

Universidade Federal de São Carlos, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/3798596447156565>
<http://orcid.org/0000-0002-7724-0470>
mo_terra@yahoo.com.br

Vinicius Perez Dictoro 

Universidade de São Paulo, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/9469471717661914>
<http://orcid.org/0000-0002-7465-3632>
vinicius.dictoro@gmail.com

Frederico Yuri Hanai 

Universidade Federal de São Carlos, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/7651828454575175>
<http://orcid.org/0000-0001-8428-0019>
fredyuri@ufscar.br



DOI: 10.6008/CBPC2179-6858.2022.009.0023

Referencing this:

MARCONI, P.; NASCIMENTO, R. C. M.; PEREIRA, M. C.; CEREZINI, M. T.; DICTORO, V. P.; HANAI, F. Y.. Plano da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré: análise da adaptação frente às mudanças climáticas. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v.13, n.9, p.294-306, 2022. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2022.009.0023>

INTRODUÇÃO

O clima da Terra é formado por uma rede complexa de fatores e pode sofrer impactos quando algum desses elementos é alterado (AMBRIZZI et al., 2014). Um dos fatores que influencia diretamente o clima é o aumento da temperatura, que pode ser causado por atividades antrópicas (RIBEIRO et al., 2016).

Os impactos das atividades humanas sobre o clima são maiores e mais complexos do que se pensava, pois diz respeito ao que se consome, ao tipo de energia que se produz e que se utiliza, onde se vive, e, até mesmo, tem relação com a igualdade de direitos e oportunidades desfrutadas pelas pessoas. Os efeitos das mudanças climáticas disparam as migrações, destroem lugares e meios de sustento, alteram a dinâmica econômica, debilitam o desenvolvimento de algumas regiões e aumentam as desigualdades entre as pessoas (JACOBI et al., 2011).

A preocupação com as mudanças climáticas deixou de ser exclusiva do meio acadêmico porque, cada vez mais, a sociedade tem sido afetada pelo excesso de chuvas, pela seca e pelo ressurgimento de doenças que estavam controladas (BOLSON et al., 2016). As mudanças climáticas impactam o equilíbrio de todos os biomas brasileiros, além de alterar o regime de precipitações, aumentar o risco de eventos extremos como chuvas intensas e épocas secas (AMBRIZZI et al., 2014; RIBEIRO et al., 2016). A maioria dos países menos desenvolvidos enfrenta períodos incertos e irregulares de chuvas, e as previsões para o futuro indicam que as mudanças climáticas tornam a oferta de água cada vez menos previsível e confiável. Aliado a isso, as tendências atuais de exploração, degradação e poluição dos recursos hídricos têm alcançado proporções alarmantes, podendo afetar ainda mais a oferta de água (MARENGO, 2008).

Nas pesquisas compiladas pelo *Intergovernmental Panel on Climate Change* – IPCC (2014), as projeções para o Brasil indicam incertezas maiores em relação às chuvas, especialmente nas regiões Sudeste e Centro-Oeste. Na escala continental, segundo projeções de clima futuro para 2071-2100, a região Nordeste, especificamente o semiárido nordestino, poderá se transformar em uma região árida, o que afetará a subsistência regional, obrigando as populações a migrarem, em uma onda de “refugiados do clima” (AVILA, 2007; SILVA, 2009).

Segundo Marengo (2008), as incertezas sobre os efeitos das mudanças climáticas representam obstáculos para o planejamento e gestão dos recursos hídricos. Entretanto, mesmo com as dificuldades de previsão do que pode acontecer, ações imediatas são necessárias para amenizar a pressão das mudanças climáticas na dinâmica dos ecossistemas. Dessa forma, o estabelecimento de programas de pesquisas e de monitoramento para avaliar os riscos relativos às mudanças climáticas é fundamental para dar os primeiros passos a fim de compreender e planejar o futuro. Com isto, as instituições e a governança das águas do país devem estar preparadas para responder às consequências das mudanças climáticas (ENGLE et al., 2010).

No Brasil, os Comitês de Bacias Hidrográficas (CBHs) são os órgãos responsáveis, dentro do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos – SINGREH, por propor, consultar e deliberar questões relativas à gestão e ao uso da água (BRASIL, 1997). São nestes colegiados que a sociedade civil, o Estado e os usuários da água podem estar representados e participar da sua gestão. Além disso, os encontros promovidos

pelos CBHs são os principais momentos de discussão sobre a gestão das águas na sociedade (BARBOSA et al., 2017).

Dentre as responsabilidades dos CBHs, encontram-se a aprovação e o acompanhamento da execução do Plano de Bacia Hidrográfica, documento com as diretrizes de gerenciamento hídrico da bacia hidrográfica (BRASIL, 1997). No estado de São Paulo, os CBHs também são responsáveis por acompanhar os indicadores de qualidade e quantidade dos recursos hídricos, a fim de que o gerenciamento das águas considere as diretrizes da Política Estadual de Mudanças Climáticas – PEMC (SÃO PAULO, 2010). Dada a importância dos CBHs para a governança da água, é necessário que suas atividades incorporem questões que preparem a bacia hidrográfica às consequências das mudanças climáticas.

Neste contexto, este artigo apresenta aspectos que devem ser considerados na gestão integrada dos recursos hídricos para incorporar medidas de adaptação às mudanças climáticas, a partir da análise do Plano da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré.

DISCUSSÃO TEÓRICA

Mudanças climáticas e os recursos hídricos

O último relatório do IPCC constatou que as atividades humanas interferem no aquecimento global. Segundo este relatório, o aquecimento global observado na última década, de 2011 a 2020, foi de 1,09°, disso somente 0,2°C provavelmente não teve origem nas atividades humanas (IPCC, 2021). A mudança climática pode ser compreendida como um fenômeno de alcance global, que é atribuído, direta ou indiretamente, às atividades antrópicas que alteram a composição da atmosfera, somada à variabilidade climática natural observada ao longo de períodos comparáveis (UNFCCC, 1992).

A água e o ciclo hidrológico estão inteiramente ligados às exposições de radiação, temperatura, dentre outros fatores relacionados ao aquecimento da atmosfera. Os modelos e cálculos, que simulam esse aquecimento, projetam que as alterações, a nível de intensidade da precipitação pluviométrica, interferem na vazão hídrica, seja ela em relação a sua disponibilidade ou distribuição (ANA, 2010; SANTOS et al., 2010). Estima-se que, até o final do século XXI, a América do Sul aumentará sua média anual de temperatura, bem como sofrerá aumentos e perdas significativas relacionadas à precipitação (IPCC, 2014).

Os riscos trazidos pelas mudanças climáticas aos recursos hídricos no Brasil afetam a economia regional e nacional, bem como aspectos políticos e sociais, podendo gerar um custo ainda mais elevado para toda a sociedade (MARENGO, 2008; ANA, 2010). Por isso, é necessário formular políticas públicas voltadas para o planejamento adequado e eficaz dos usos múltiplos dos recursos hídricos (SANTOS et al., 2010), que promovam a gestão integrada da água, uma vez que ela permite relacionar a eficiência na produção de alimento, irrigação agrícola, redução dos riscos à saúde pela qualidade da água e na redução dos riscos de inundações e secas (UNESCO, 2009).

A Política Nacional sobre Mudança do Clima – PNMC, instituída pela Lei nº 12.187/2009, define as “iniciativas e medidas para reduzir a vulnerabilidade dos sistemas naturais e humanos frente aos efeitos

atuais e esperados da mudança do clima” (BRASIL, 2009) como estratégias adaptativas de respostas às mudanças climáticas, enquanto as estratégias mitigadoras tratam de “mudanças e substituições tecnológicas que reduzam o uso de recursos e as emissões por unidade de produção, bem como a implementação de medidas que reduzam as emissões de gases de efeito estufa e aumentem os sumidouros” (BRASIL, 2009).

Como ferramenta para tratar das alterações climáticas, o estado de São Paulo dispõe da PEMC instituída pela Lei Estadual nº 13.798, de 9 de novembro de 2009. Nela a questão hídrica é destacada em seu artigo 17, dispondo que:

A Política Estadual de Recursos Hídricos, o Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos, o Plano Estadual de Recursos Hídricos, os Planos de Bacias Hidrográficas, os Comitês de Bacia Hidrográfica, o Comitê Coordenador do Plano Estadual de Recursos Hídricos e o Conselho Estadual de Recursos Hídricos devem considerar as mudanças climáticas, a definição das áreas de maior vulnerabilidade e as ações de prevenção, mitigação e adaptação estabelecidas nesta lei. (SÃO PAULO, 2009)

Caracterização da área de estudo

A Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos 13 (UGRHI-13) está localizada no centro do estado de São Paulo, Brasil, e engloba três rios principais, o Rio Tietê, o Rio Jacaré-Guaçu e o Rio Jacaré-Pepira. A UGRHI-13 também é denominada “Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré”.

A UGRHI-13 compreende uma área de drenagem de 11.779 km², englobando trinta e quatro municípios, sendo que os maiores em número de habitantes são, em ordem decrescente: Bauru, São Carlos, Araraquara e Jaú (Figura 1). No total, a Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré tem mais de 1,5 milhões de habitantes (CBH-TJ, 2021a).

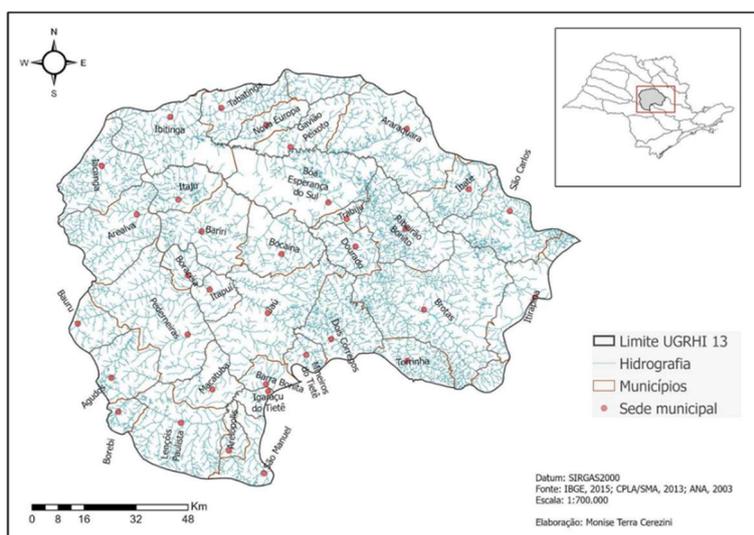


Figura 1: Localização espacial da UGRHI-13, no estado de São Paulo.

Fonte: adaptado de IBGE (2015); CLPA et al. (2013); ANA (2003).

O Comitê da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré (CBH-TJ) foi criado em 1995 e tem como seus objetivos de atuação combater e prevenir condições que prejudicam a qualidade e a quantidade de água disponível, tanto no presente quanto no futuro, visando reduzir os riscos à saúde e às atividades socioeconômicas (CBH-TJ, 1999).

O Relatório de Situação da Bacia Hidrográfica Tietê-Jacaré de 2020 apresenta que a demanda de água

superficial e subterrânea tem aumentado, tanto pelo crescimento urbano, quanto pelas atividades industriais e agrícolas da bacia, requerendo uma maior atenção para o planejamento e gestão da bacia hidrográfica. Outro aspecto evidenciado neste documento é que a bacia hidrográfica ainda não atingiu índices ótimos de esgotamento sanitário, especialmente em relação ao indicador de remoção de carga orgânica (CBH-TJ, 2020).

Este relatório apontou que é necessário que sejam desenvolvidos projetos que provenham mais informações sobre a disponibilidade, bem como a qualidade da água, inclusive para auxiliar na decisão sobre conflitos pelo uso da água no Rio Jacaré-Pepira (CBH-TJ, 2020).

METODOLOGIA

O presente trabalho foi realizado a partir de pesquisa documental, por meio da consulta ao PBH-TJ, com vigência de 2016 a 2027 (CBH-TJ, 2016; CBH-TJ, 2018). Além disso, foram analisadas as atualizações deste plano, aprovadas pelas Deliberações CBH-TJ 08/2020 e 10/2021 (CBH-TJ, 2020; CBH-TJ, 2021b), que buscaram atender às novas demandas da bacia hidrográfica, revisando o plano de ação e o programa de investimento do PBH-TJ para os anos de 2020 a 2023.

De modo a avaliar se esses documentos traziam ações e medidas voltadas à adaptação às mudanças climáticas, analisaram-se seus conteúdos com base no documento da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico – ANA (2010) “Os efeitos das mudanças climáticas sobre os recursos hídricos: desafios para a gestão”, que traz propostas de respostas adaptativas em cinco temáticas principais, sendo elas: Planejamento de recursos hídricos; Monitoramento hidrológico; Gestão dos usos múltiplos da água (mediação de conflitos, monitoramento, previsão e alerta de eventos críticos); Regulação dos usos (análise e concessão de outorgas, implementação da cobrança); Comunicação social, capacitação de atores e fortalecimento institucional dos entes do SINGREH.

Assim, a leitura e a análise reflexiva de tais documentos foram realizadas buscando identificar se consideravam e traziam propostas de medidas de adaptação às mudanças climáticas, no contexto da UGRHI-13. Dessa forma, trata-se de uma pesquisa exploratória, cuja finalidade se baseia em investigar um campo do conhecimento e analisar os problemas e desafios relacionados, a fim de indicar possíveis diretrizes de melhoria (GIL, 2012).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O PBH-TJ contém um plano de ação e um programa de investimento para os anos de 2016 a 2027. Neste documento está definido que, no máximo 25% dos recursos financeiros disponíveis seriam investidos em projetos sobre “bases técnicas para os recursos hídricos” e “gerenciamento de recursos hídricos”. No mínimo, 60% seriam aplicados em empreendimentos de “melhoria e recuperação da qualidade das águas”, “proteção dos corpos d’água” e “gestão da demanda de água”. Os recursos remanescentes poderiam ser aplicados em outras áreas, desde que atendessem as ações indicadas no PBH-TJ (CBH-TJ, 2018).

O plano de ação e o programa de investimento foram elaborados a partir do diagnóstico e prognóstico apresentados no PBH-TJ. O Relatório I, publicado em 2016, introduziu o CBH-TJ juntamente com

os aspectos institucionais do colegiado. Além disso, expôs o processo de elaboração do PBH-TJ em relação às atividades de mobilização e de articulação institucional. Neste documento, é descrita a situação dos recursos hídricos na bacia hidrográfica e são apontados os aspectos legais e normativos que influenciam o estabelecimento do prognóstico (CBH-TJ, 2016). No Relatório I do PBH-TJ não há menção às mudanças climáticas, nem às suas consequências.

Em 2018, o Relatório II do PBH-TJ foi aprovado. Neste documento, partindo de uma síntese do diagnóstico, o prognóstico foi apresentado visando estabelecer as áreas críticas da gestão das águas. Estas, por sua vez, foram utilizadas para determinar as prioridades de atuação e, conseqüentemente, o plano de ação e o programa de investimento para a gestão dos recursos hídricos (CBH-TJ, 2018).

O prognóstico do PBH-TJ foi baseado na elaboração de cenários, a partir de processos indutivos. Dentre os fatores considerados na concepção dos cenários, as mudanças climáticas foram consideradas causadoras de impactos negativos significativos nos recursos hídricos mundial, que exigem investimento para adaptação e mitigação. No entanto, foram atribuídas incertezas às suas consequências no Brasil, bem como às políticas que devem ser adotadas a fim de viabilizar a adaptação (CBH-TJ, 2018).

Apesar de o PBH-TJ ter indicado que as mudanças climáticas estavam inseridas na construção de três cenários (tendencial, normativo e crítico), como “invariantes e tendências consolidadas” (CBH-TJ, 2018), não foram apresentadas simulações dos seus efeitos sobre a disponibilidade da água, nem sobre sua demanda, ou qualidade. Além disso, o cenário selecionado para a delimitação das áreas críticas, bem como para o estabelecimento de prioridades para a gestão hídrica, não foi mencionado no PBH-TJ. Assim, o documento não explicitou as consequências das mudanças climáticas na UGRHI-13.

O PBH-TJ é um instrumento de planejamento regional que contribui para a gestão das águas na bacia hidrográfica (PERES et al., 2013). No entanto, este documento não indica as ações e medidas relevantes para a mitigação do aquecimento global, a nível local, nem formas de se adaptar às consequências das mudanças climáticas em seus recursos hídricos.

Mesmo que não haja clareza sobre os impactos das mudanças climáticas em determinado local, é importante que os governos e a sociedade civil ajam de modo a incrementar a adaptação e, com isso, reduzir vulnerabilidades e aumentar a resiliência (PEREIRA et al., 2009).

Análise do plano de ação do PBH-TJ

Ao analisar as ações do PBH-TJ, e das suas atualizações, em relação às temáticas estabelecidas pela ANA (2010), não foram identificadas propostas que se referem diretamente às mudanças climáticas. No entanto, existem ações com potencial de incorporar medidas de adequação às mudanças climáticas (Quadro 1).

O primeiro ponto analisado refere-se à consideração de ações direcionadas às consequências das mudanças climáticas na elaboração e na revisão de planos e outros documentos de planejamento. De forma geral, as atividades com este viés tratam da elaboração, atualização e revisão dos planos diretores da bacia hidrográfica, como o PDEA-TJ e o próprio PBH-TJ. Além destes, o plano de ação contempla projetos de gestão

integrada de recursos hídricos em municípios, planos de controle de perda e planos de saneamento. Também há indicação de projetos de elaboração de indicadores para monitoramento de ações de educação ambiental, qualidade ambiental e disponibilidade de água subterrânea. Ainda relativo ao planejamento, são indicadas ações de diagnóstico de contaminação por agrotóxico e elaboração do balanço hídrico para o Rio Jacaré-Pepira e seus afluentes.

Quadro 1: Ações do PBH-TJ que podem considerar as mudanças climáticas em sua execução.

Respostas adaptativas (ANA, 2010)	Ações do PBH-TJ que podem incorporar adaptação frente às mudanças climáticas
Planejamento de recursos hídricos	<p>Elaboração de Plano de Gestão Integrada no Sistema de Recursos Hídricos no Município;</p> <p>Elaboração de Plano Municipal de Saneamento Básico;</p> <p>Elaboração de planos de controle e redução de perdas;</p> <p>Elaboração de programa de drenagem sustentável e revitalização de rios urbanos;</p> <p>Elaboração de programas de restauração florestal;</p> <p>Elaboração e acompanhamento de indicadores de educação ambiental para a UGRHI-13;</p> <p>Proposição de indicadores de qualidade ambiental, inclusive para as zonas rurais da UGRHI-13;</p> <p>Proposição de um indicador de disponibilidade de águas subterrâneas;</p> <p>Elaborar, revisar e atualizar o PBH-TJ;</p> <p>Elaborar estudos que subsidiem a revisão do Plano Diretor de Educação Ambiental da Bacia Hidrográfica do Tietê Jacaré (PDEA-TJ);</p> <p>Monitorar a execução do PDEA-TJ;</p> <p>Revisar o PDEA-TJ.</p>
Monitoramento hidrológico	<p>Identificação de áreas com viabilidade ambiental de implantação de aterros sanitários na UGRHI-13;</p> <p>Sistematização e integração de dados dos corpos hídricos;</p> <p>Monitoramento meteorológico e agro meteorológico do CBH-TJ;</p> <p>Estudo de exploração agrícola com ênfase no uso de agrotóxicos e fertilizantes químicos;</p> <p>Avaliação, manutenção e implantação de novos pontos de monitoramento hidrológico de águas superficiais na área de atuação do CBH-TJ;</p> <p>Estudo hidrogeológico em áreas de superexploração de águas subterrâneas.</p>
Gestão dos usos múltiplos da água	<p>Programas de restauração florestal;</p> <p>Programa de drenagem sustentável e revitalização de rios urbanos.</p>
Comunicação social, capacitação de atores e fortalecimento institucional dos entes do SINGREH	<p>Formação em gestão de recursos hídricos de membros da CBH-TJ;</p> <p>Capacitação de educadores;</p> <p>Elaboração e acompanhamento de indicadores de educação ambiental para a UGRHI-13;</p> <p>Projetos e ações de prioridades 1, 2 e 3 do PDEA-TJ;</p> <p>Programa de educação ambiental;</p> <p>Projetos e ações de comunicação e divulgação da atuação do CBH-TJ;</p> <p>Acompanhamento da execução do PDEA-TJ;</p> <p>Elaboração do diagnóstico para subsidiar a revisão do PDEA-TJ;</p> <p>Revisão do PDEA-TJ.</p>

Não há apontamento sobre a necessidade de incorporar as consequências das mudanças climáticas na execução das ações de “planejamento de recursos hídricos” exibidas no Quadro 1. No entanto, se for solicitado, os documentos de planejamento indicarão as áreas de maior vulnerabilidade e as ações de prevenção, mitigação e adaptação às mudanças climáticas que devem ser implantadas. Afinal, a estrutura da gestão hídrica é adequada para trazer respostas à crise climática (ENGLE et al., 2010).

As ações de monitoramento propostas pelo PBH-TJ têm por objetivo acompanhar a qualidade e quantidade das águas superficiais e subterrâneas. Para alcançar tais metas, o plano propõe como uma de

suas ferramentas a avaliação, manutenção e implantação de pontos de monitoramento hidrológico. Outro instrumento apresentado pelo plano é a sistematização e integração de dados sobre os corpos hídricos. Embora o PBH-TJ não relacione estas ações com a temática das mudanças do clima, as propostas apresentam o potencial (Quadro 1) para promover as adaptações necessárias ao enfrentamento de tais desafios, uma vez que um diagnóstico mais preciso da bacia hidrográfica pode auxiliar no planejamento dos usos múltiplos de suas águas.

Estabelecer programas de pesquisas e monitoramento devem ser os primeiros passos a serem tomado por gestores, dado que as informações provenientes destes sistemas são essenciais para implementar a gestão adaptativa dos recursos hídricos, resiliência e capacidade de adaptação (MARENGO, 2008; LEMOS et al., 2010; KIRCHHOFF et al., 2013).

Quanto às ações voltadas à gestão com enfoque na redução das vulnerabilidades, não foram identificadas ações que abordavam a questão das mudanças climáticas. As mesmas estão voltadas à fiscalização e implementação de ferramentas e instrumentos que podem estabelecer melhorias quanto à disponibilidade de água e processos erosivos da região. Porém, algumas propostas apresentam potenciais de utilização para essa frente, caso haja incentivo e interesse por parte do CBH-TJ, sendo elas: Programas de restauração florestal e Programa de drenagem sustentável e revitalização de rios urbanos (Quadro 1).

Os programas supracitados atendem indiretamente a necessidade de ações visando à adaptação e mitigação das mudanças climáticas, tendo em vista que propõem a recuperação de uma área de vegetação nativa com mais de 150 hectares, o que corrobora com a necessidade eminente de controlar a temperatura e diminuição dos gases de efeito estufa. Este quantitativo é acrescido com a recomposição das matas ciliares, caso prevista como técnica para promoção de drenagem sustentável e revitalização de rios urbanos. No caso de as ações serem implementadas em conjunto, visando adaptação às mudanças climáticas, as mesmas poderão potencializar a redução de danos, bem como estimular práticas que visem à conservação em ambiente urbano e rural, assim como sugerido pela ANA (2010).

Dispondo-se da temática de regulação, no plano de ação do PBH-TJ há a previsão de projetos de atualização do cadastro de usuários de água para os anos de 2020 e 2021. No entanto, na Deliberação CBH-TJ nº 10/2021, esta indicação foi suprimida, não havendo mais a previsão da execução de ações voltadas ao cadastro de usuários, concessão de outorgas e cobrança pelo uso da água. A falta de ações de regulação do uso da água pode resultar em menores valores arrecadados para investimentos na própria bacia hidrográfica, prejudicando a qualidade e quantidade de suas águas superficiais e subterrâneas.

Com relação às ações para fomentar a comunicação social, a capacitação dos atores e o fortalecimento institucional dos entes do SINGREH, o PBH-TJ contempla diversas ações. Algumas das ações estão voltadas à capacitação dos próprios membros do CBH-TJ e de demais educadores nas temáticas de gestão de recursos hídricos, boas práticas agrícolas e saneamento rural. Outras ações visam à elaboração e ao acompanhamento de indicadores de educação ambiental para a UGRHI-13 e o desenvolvimento de programas ambientais na bacia hidrográfica. Outras ainda, preveem projetos e ações de comunicação e divulgação da atuação do CBH-TJ.

Tais ações são relevantes, pois a capacidade adaptativa é reforçada também por elementos como maior participação e representação social, interações e negociações entre instituições e partes interessadas em vários níveis. Engle et al. (2010) teorizam que projetos de governança mais democráticos e participativos têm o potencial de aumentar a capacidade adaptativa de um sistema, pois quando as partes interessadas estão representadas e possuem a oportunidade de participar ativamente, ficam mais propensas a concordar e responder efetivamente às mudanças climáticas, considerando interesses mais amplos, como aqueles de organismos não-humanos e das gerações futuras.

Os caminhos na abordagem do fenômeno climático do ponto de vista das respostas educativas para a transformação deste problema são múltiplos, visto a complexidade dos desafios climáticos (LIMA, 2013). Dessa forma, ações e projetos educativos possuem o potencial para equacionar a crise climática, já que tratam de um processo de transformação social. Porém, é preciso que se reflita sobre qual é a educação necessária nesse contexto. Em complemento, Lima (2013) discorre sobre a necessidade de se pensar e elaborar respostas e pedagogias complexas, transformadoras e orientadas por valores de responsabilidade e solidariedade com a vida, que reflitam as relações entre sociedade e ambiente e os valores que as orientam.

Assim, caso as ações de formação destinadas à comunidade e aos demais atores sociais contemplem as mudanças climáticas, poderão ajudar a prevenir, mitigar e adaptar às consequências das mudanças climáticas na UGRHI-13.

A maioria das ações contempladas nessa frente temática estão relacionadas ao PDEA-TJ, instrumento aprovado em 2017, cujo principal objetivo é orientar o CBH-TJ a selecionar as propostas de projetos e ações de educação ambiental que são prioritárias de acordo com a realidade da bacia hidrográfica. Nesse sentido, as prioridades de ações de educação ambiental foram estabelecidas para os seguintes temas: Prioridade 1 - Controle da poluição; Prioridade 2 - Formação cidadã, Aspectos institucionais, Preservação e conservação da biodiversidade; e Prioridade 3 - Uso e ocupação do solo.

Na tentativa de atingir essas diretrizes, as ações contempladas no PBH-TJ estão voltadas à elaboração de iniciativas que contemplem as prioridades 1, 2 e 3 do PDEA-TJ. No entanto, as propostas de projetos de educação ambiental não mencionam as mudanças climáticas, abordando outras questões como a água, reciclagem, meio ambiente, conservação, preservação, mata ciliar, recursos hídricos, resíduos sólidos, bacia hidrográfica e consumo consciente (OLIVEIRA et al., 2017). Como as mudanças climáticas podem ser trabalhadas de forma transversal aos temas propostos, é possível incorporar este importante assunto no escopo das ações previstas no PDEA-TJ.

A necessidade de adaptação às mudanças climáticas demandará novas capacitações e maior esforço de pesquisa, de forma que o sistema de educação mundial deverá adaptar-se para atender a estas novas demandas. No Brasil, há um crescente interesse em qualificar o sistema educacional nesta temática por meio da organização de conferências e a produção de materiais didáticos. Porém, o alcance de tais iniciativas ainda ocorre de forma desigual no território nacional, havendo uma defasagem de dados locais e regionais sobre os projetos e a implementação dos programas, impossibilitando sua análise (JACOBI et al., 2011; JACOBI, 2014).

Os principais desafios ao se adaptar e desenvolver programas educativos voltados para as mudanças climáticas são a inclusão de temas da diversidade regional, reconhecendo a complexidade de cada ecossistemas, assim como os impactos negativos da urbanização, da sociedade de consumo e da lógica de um sistema econômico insustentável (JACOBI, 2014).

Dessa forma, é importante que o CBH-TJ atue em conjunto com escolas e outras instituições educativas e em espaços não-formais de ensino, de forma a contribuir com a capacitação de profissionais e demais atores no contexto das mudanças climáticas.

Silva (2019), ao refletir sobre as concepções, desafios e perspectivas da educação ambiental nas ações de combate às mudanças climáticas, conclui que por meio dessa ferramenta é possível enfrentar os riscos oriundos do aquecimento global, aprender novos meios de prevenção e adaptação, rever e propor ações voltadas às políticas ambientais, buscando instituir políticas públicas de enfrentamento a esse fenômeno.

As demais ações, que se referem à comunicação e divulgação da atuação do CBH-TJ, são fundamentais no processo de adaptação e mitigação às mudanças climáticas, no contexto da gestão de recursos hídricos, visto que contribuem para a construção do conhecimento e da percepção social sobre a questões que envolvem a bacia hidrográfica. Segundo Sternberg (2008), a construção da percepção passa pelo processo de reconhecer, organizar e entender os fenômenos naturais. Assim, para que a gestão dos recursos hídricos aconteça de forma participativa e descentralizada, institucionalizada por meio dos comitês de bacias hidrográficas, incorporando as respostas adaptativas às mudanças climáticas, é fundamental que seja construída a percepção sobre esta questão pelos tomadores de decisão e demais atores envolvidos com a gestão da água.

CONCLUSÕES

As mudanças climáticas têm afetado a situação hídrica das bacias hidrográficas, visto que o ciclo da água está diretamente relacionado ao clima. Alterações neste sistema podem impactar o regime de chuvas e provocar a ocorrência de eventos hidrológicos extremos, como as chuvas intensas e as secas, afetando a disponibilidade de água e a segurança hídrica.

Nesse cenário cada vez mais tangível, medidas devem ser tomadas para que o planejamento e o gerenciamento das águas considerem o contexto das mudanças climáticas. Os planos de bacias hidrográficas, como instrumentos que estabelecem as diretrizes da gestão hídrica, devem incorporar este fenômeno, a fim de estabelecer estratégias para reduzir as vulnerabilidades e riscos a que a bacia hidrográfica está sujeita. Assim, estes planos devem sinalizar como as mudanças climáticas podem alterar a disponibilidade hídrica, impactar nas demandas de água, bem como determinar as diretrizes de atuação nesses possíveis cenários.

O PBH-TJ vigente de 2016 a 2027, avaliado neste trabalho, não apresenta as vulnerabilidades da UGRHI-13, frente às consequências das mudanças climáticas. Embora tenha sido apontado que a questão foi considerada no estabelecimento dos cenários do prognóstico, não são especificados sob quais riscos a bacia hidrográfica está sujeita, nem formas de superar este desafio. Mesmo com estas deficiências, o documento

apresenta potencial para auxiliar na adaptação aos efeitos adversos das mudanças climáticas. Uma das formas de incorporar este fenômeno na implementação do PBH-TJ é com a adoção de critérios de pontuação específicos sobre o tema, na seleção de projetos para financiamento pelo CBH-TJ. Assim, aquelas propostas que explicitam de que forma as consequências das mudanças climáticas serão consideradas em sua execução e como contribuem para reduzir seus riscos à bacia hidrográfica, seriam priorizadas para receber recursos. Desta forma, os proponentes seriam incentivados a incluir esta questão no escopo de suas propostas.

Outra possibilidade é a elaboração de termos de referências para as ações previstas no PBH-TJ, exigindo que medidas de adaptação e mitigação sejam incorporadas na proposta a ser avaliada pelo CBH-TJ. Assim, a inclusão de uma abordagem orientada à adaptação às mudanças climáticas se tornaria um requisito para aprovação do financiamento dos projetos. Destaca-se, no entanto, que é fundamental que as futuras revisões do PBH-TJ tragam especificações concernentes às mudanças climáticas.

O CBH-TJ também poderá desenvolver um plano diretor específico para a mitigação e adaptação dos sistemas hídricos em relação à crise climática, orientando as ações dos diferentes atores envolvidos, assim como o PDEA-TJ direciona as ações de educação ambiental da bacia.

Como observado, os planos de bacia hidrográfica, aqui tratando especificamente dos planos no nível da bacia hidrográfica, podem ser instrumentos de caráter integrado, ao incorporar a questão climática. Com isso, seu objetivo se amplia para avaliar e reduzir a vulnerabilidade aos impactos das mudanças climáticas, por meio da construção de capacidade adaptativa e do aumento da resiliência.

Dessa forma, reforça-se a necessidade de estabelecer ações de planejamento que envolvam a definição de medidas, tanto estruturais, quanto não estruturais, e de diretrizes estratégicas de mitigação e adaptação às mudanças climáticas para a bacia hidrográfica. Destaca-se que, embora as reflexões deste trabalho tratem da realidade da UGRHI-13, elas podem ser aplicadas a outras bacias hidrográficas, com experiências semelhantes ao caso estudado.

REFERÊNCIAS

ANA. Agência Nacional de Águas. **Regiões Hidrográficas**. Brasília: ANA, 2003.

ANA. Agência Nacional de Águas. **Os efeitos das mudanças climáticas sobre os recursos hídricos: desafios para gestão**. Brasília: ANA, 2010.

AMBRIZZI, T.; ARAÚJO, M.. **PBMC, 2014**: Base científica das mudanças climáticas. Contribuição do Grupo de Trabalho 1 do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas ao Primeiro Relatório da Avaliação Nacional sobre Mudanças Climáticas. Rio de Janeiro: COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2014. DOI: <http://doi.org/10.13140/RG.2.1.1641.6883>

AVILA, A. M. H.. Uma Síntese do Quarto Relatório do IPCC. **Revista Multiciência**, Campinas, v.8, p.163–168, 2007.

BARBOSA, M. C.; MUSHTAQ, S.; ALAM, K.. Integrated water resources management: Are River basin committees in Brazil enabling effective stakeholder interaction? **Environmental Science & Policy**, v.76, p.1–11, 2017. DOI:

<http://doi.org/10.1016/j.envsci.2017.06.002>

BOLSON, S. H.; HAONAT, Â. I.. A governança da água, a vulnerabilidade hídrica e os impactos das mudanças climáticas no Brasil. **Veredas do Direito**, Belo Horizonte, v.13, n.25, p.223–248, 2016.

BRASIL. **Lei Federal nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. DOU: Brasília, 1997.

BRASIL. **Lei Federal nº 12.187 de 29 de dezembro de 2009**. Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC e dá outras providências. DOU: Brasília, 2009.

CBH-TJ. COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA TIETÊ - JACARÉ. **Estatuto**. Araraquara: CBH-TJ, 1999.

CBH-TJ. COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA TIETÊ - JACARÉ. **Deliberação CBH - TJ 8/2020, de 11/12/2020.** Aprova adequações na Revisão do Plano de Ação e Programa de Investimento da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré para 2020-2023. Araraquara: CBH-TJ, 2012.

CBH-TJ. COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA TIETÊ - JACARÉ. **Plano da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré - Relatório I.** Araraquara: CBH-TJ, 2016.

CBH-TJ. COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA TIETÊ - JACARÉ. **Plano da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré - Relatório II.** Araraquara: CBH-TJ, 2018.

CBH-TJ. COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA TIETÊ - JACARÉ. **Relatório de Situação:** ano base 2019. Araraquara: CBH-TJ, 2020.

CBH-TJ. COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA TIETÊ - JACARÉ. **Apresentação.** Araraquara: CBH-TJ, 2021a.

CBH-TJ. COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA TIETÊ - JACARÉ. **Deliberação ad referendum CBH - TJ 10/2021, de 27/09/2021.** Aprova adequações na Revisão do Plano de Ação e Programa de Investimento da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré para 2020-2023. Araraquara: CBH-TJ, 2021b.

CLPA; SMA. Coordenadoria de Planejamento Ambiental; Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo. **Mapa da rede de drenagem do estado de São Paulo.** 2013.

ENGLE, N. L.; LEMOS, M. C.. Unpacking governance: Building adaptive capacity to climate change of river basins in Brazil. **Global Environmental Change**, v.20, n.1, p.4–13, 2010. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2009.07.001>

GIL, A. C.. **Métodos e técnicas de pesquisa social.** 6ª ed. São Paulo: Editora Atlas, 2012.

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. AR5 Synthesis Report: Climate Change 2014. In: CORE WRITING TEAM; PACHAURI, R. K.; MEYER, L. A.. **Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.** Geneva: IPCC, 2014.

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. Summary for Policymakers. In: DELMOTTE, V. M.; ZHAI, P.; PIRANI, A.; CONNORS, S. L.; PÉAN, C.; BERGER, S.; CAUD, N.; CHEN, Y.; GOLDFARB, L.; GOMIS, M. I.; HUANG, M.; LEITZELL, K.; LONNOY, E.; MATTHEWS, J. B. R.; MAYCOCK, T. K.; WATERFIELD, T.; YELEKÇI, O.; YU, R.; ZHOU, B.. **Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.** Cambridge and New York: IPCC, 2021.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Malha Municipal.** IBGE, 2015.

JACOBI, P. R.; GUERRA, A. F. S.; SULAIMAN, S. N.; NEPOMUCENO, T.. Mudanças climáticas globais: a resposta da educação. **Revista Brasileira de Educação**, v.16, n.46, p.135–148, 2011. DOI: <http://doi.org/10.1590/S1413-24782011000100008>

JACOBI, P. R.. Mudanças climáticas e ensino superior: a

combinação entre pesquisa e educação. **Educar em Revista**, n.spe3, p.57–72, 2014. DOI: <http://doi.org/10.1590/0104-4060.38107>

KIRCHHOFF, C. J.; LEMOS, M. C.; ENGLE, N. L.. What influences climate information use in water management? The role of boundary organizations and governance regimes in Brazil and the U.S. **Environmental Science & Policy**, v.26, p.6–18, 2013. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.envsci.2012.07.001>

LEMOS, M. C.; BELL, A. R.; ENGLE, N. L.; FORMIGA-JOHNSON, R. M.; NELSON D. R.. Technical knowledge and water resources management: A comparative study of river basin councils, Brazil. **Water Resources Research**, v.46, n.6, p.1–12, 2010. DOI: <http://doi.org/10.1029/2009wr007949>

LIMA, G. F. C.. Educação ambiental e mudança climática: Convivendo em contextos de incerteza e complexidade. **Ambiente & Educação**, v.18, n.1, p.98–112, 2013.

MARENGO, J. A.. Água e Mudanças Climáticas. **Estudos Avançados**, v.22, n.63, p.83–96, 2008. DOI: <http://doi.org/10.1590/s0103-40142008000200006>

OLIVEIRA, M. P. P.; MARCONI, P.; FERREIRA, T. S.; SILVEIRA, P. V. L.; REZENDE, G. R.; SILVA, V. P.. **Plano Diretor de Educação Ambiental da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré.** São Carlos: RiMa, 2017.

PEREIRA, L. F. M.; BARRETO, S.; PITTOCK, J.. Participatory river basin management in the São João River, Brazil: A basis for climate change adaptation? **Climate and Development**, v.1, n.3, p.261–268, 2009. DOI: <http://doi.org/10.3763/cdev.2009.0026>

PERES, R. B.; SILVA, R. S.. Interfaces da gestão ambiental urbana e gestão regional: análise da relação entre Planos Diretores Municipais e Planos de Bacia Hidrográfica. **URBE - Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v.5, n.480, p.13, 2013. DOI: <http://doi.org/10.7213/urbe.05.002.SE01>

RIBEIRO, S. K.; SANTOS, A. S.. **PBMC, 2016: Mudanças Climáticas e Cidades.** Relatório Especial do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas. Rio de Janeiro: COPPE – Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2016.

SANTOS, A. M.; DOMICIANO, G. J.; BEZERRA DE MOURA, M. S.. Os recursos hídricos e as mudanças climáticas: Discursos, impactos e conflitos. **Revista Geográfica Venezuelana**, v.51, n.1, p.59–68, 2010.

SILVA, E. M.. O papel da Educação Ambiental nas ações de combate às mudanças climáticas. **Revista Brasileira de Educação Ambiental (RevBEA)**, v.14, n.2, p.387–396, 2019. DOI: <http://doi.org/10.34024/revbea.2019.v14.2629>

SÃO PAULO. **Lei nº 13.798, de 09 de novembro de 2009.** Institui a Política Estadual de Mudanças Climáticas. São Paulo: DOE, 2009.

SÃO PAULO. **Decreto nº 55.947, de 24 de junho de 2010.** Regulamenta a Lei nº 13.798, de 09 de novembro de 2009, que dispõe sobre a Política Estadual de Mudanças Climáticas. São Paulo: DOE, 2010.

STERBERG, R. J.. **Psicologia Cognitiva.** Tradução: Roberto

Catalto Costa. 4 ed. Porto Alegre: Artmed, 2008.

UNESCO. United Nations, Educational, Scientific and Cultural Organization. The United Nations World Water Assessment Programme: **Integrated Water resources management in**

action. Paris: UNESCO, 2009.

UNFCCC. United Nations Framework Convention on Climate Change. **Information Unit on Climate Change**. Geneva: UNEP; WMO, 1992.

Os autores detêm os direitos autorais de sua obra publicada. A CBPC – Companhia Brasileira de Produção Científica (CNPJ: 11.221.422/0001-03) detêm os direitos materiais dos trabalhos publicados (obras, artigos etc.). Os direitos referem-se à publicação do trabalho em qualquer parte do mundo, incluindo os direitos às renovações, expansões e disseminações da contribuição, bem como outros direitos subsidiários. Todos os trabalhos publicados eletronicamente poderão posteriormente ser publicados em coletâneas impressas ou digitais sob coordenação da Companhia Brasileira de Produção Científica e seus parceiros autorizados. Os (as) autores (as) preservam os direitos autorais, mas não têm permissão para a publicação da contribuição em outro meio, impresso ou digital, em português ou em tradução.