

IV-288 – O MODELO WEAP PARA ANÁLISE DO AMBIENTE CONSTRUÍDO EM RELAÇÃO AOS RECURSOS DAS SUB-BACIAS DOS RIBEIRÕES DO CURTUME E ÁGUA PRETA: ESTUDO DE CASO DA CIDADE DE PINDAMONHANGABA, NO ESTADO DE SÃO PAULO - BRASIL

Karla Conceição Pereira⁽¹⁾

Engenheira Agrônoma, Doutora em Ecologia e Recursos Naturais pela Universidade Federal de São Carlos – UFSCar e Pesquisador Científico na Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo, em Geociências.

Jorge Luiz Monteiro⁽²⁾

Engenheiro Civil e Mestre em Ciências Ambientais pela Universidade de Taubaté, engenheiro na SABESP - Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo.

Renato Miguel Machado⁽³⁾

Publicitário pela Universidade de Taubaté, Graduando em Meio Ambiente & Recursos Hídricos pela FATEC – Faculdade de Tecnologia - Campus Jacareí/SP e discente no programa de Pós Graduação em Ciência do Sistema Terrestre no INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.

Endereço⁽¹⁾: Avenida Prof. Manoel César Ribeiro, 320 - Pindamonhangaba - SP - CEP: 12411-010- Brasil - Tel: (12) 3642-3921 - e-mail: kpereira@apta.sp.gov.br

Endereço⁽²⁾: Avenida Heitor VillaLobos, 1229 - Vila Ema - São José dos Campos - SP - CEP: 12234-001 - Brasil - Tel: (12) 3634-3080 - e-mail: jmonteiro@sabesp.com.br

Endereço⁽³⁾: Rua Manoel Chaves Pereira, 198 - Cidade Nova Jacareí - Jacareí - SP - CEP: 12325-110 - Brasil - Tel. (12) 97404-3374 - e-mail: renatommm1965@hotmail.com

RESUMO

Em se tratando de recursos hídricos, muito se fala em questões de qualidade, quantidade e distribuição desse bem tão precioso, e que a falta dele, ameaça ou inviabiliza a sobrevivência humana e de várias outras espécies. Considerando o crescimento demográfico, a expansão das atividades econômicas no meio urbano e rural, aumenta a carga e as pressões sobre esses recursos, sendo a principal causa da deterioração. Existe a necessidade urgente de se interpretar objetivamente, em quais situações se encontram as águas superficiais e subterrâneas e de se estabelecer um sistema de monitoramento e gestão eficientes. O presente estudo utilizando a ferramenta “WEAP”, permitirá realizar a avaliação e o planejamento das águas superficiais das sub-bacias do ribeirão do Curtume e da Água Preta, pois é um modelo inovador no estado de São Paulo. Nesse estudo específico, as áreas de interesse ocupam zonas rurais e urbanas, integrando diferentes panoramas. O sistema WEAP permite avaliar o balanço hidrológico da bacia, cadastrar as atividades agropecuárias, identificar a distribuição dos habitantes e os valores econômicos ligados à produção de bens e serviços. Calcula a água disponível para atividades rurais/urbanas (ambientes construídos), se prestando a tomada de decisão pelos gestores em situações de escassez hídrica sazonal, além de simular possíveis impactos de novos empreendimentos, e por fim gerando um banco de dados técnicos para as instituições. Os resultados esperados no âmbito socioambiental e econômico, as ações previstas no escopo do presente estudo identificarão as demandas e ofertas de água e promoverão incentivo ao saneamento básico igualmente entre os setores dentro do município, ou seja, água de boa qualidade, tratamento de esgoto, e coleta de resíduos, melhorando a qualidade de vida, diminuindo o desequilíbrio regional. A consequência pós-estudo e informações geradas servirão para o planejamento e a gestão dos serviços públicos, uma vez que a ferramenta será disponibilizada para aumentar a eficiência e eficácia no saneamento básico e assim atender o maior número de pessoas, identificando as vulnerabilidades em relação aos recursos hídricos e resíduos sólidos. Considerando que entre as 22 prioridades de políticas públicas para o estado de São Paulo apresentadas pela sociedade, o acesso a água potável, coleta e tratamento de esgoto têm destaque em 4º lugar representando 6% do anseio social e a preservação do meio ambiente e a sustentabilidade da biodiversidade vem em seguida com 5,9%, sendo que este estudo de caso está corroborando com as diretrizes governamentais do PPA em acordo ao alinhamento pretendido através da aplicação do WEAP no município de Pindamonhangaba.

PALAVRAS-CHAVE: Recursos hídricos, modelagem matemática, gestão, políticas públicas.

INTRODUÇÃO

Alterações na qualidade, quantidade e distribuição dos recursos hídricos ameaçam a sobrevivência humana e demais espécies do planeta. Pode-se citar o crescimento demográfico e a expansão das atividades econômicas, seja no meio urbano ou rural, como causa do aumento do consumo e na deterioração destes recursos (Borges *et al.*, 2003).

Considerando a porção paulista da Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul, o fato de a produção concentrar cerca de 4,5% do PIB estadual revela a importância estratégica dessa região, na qual indústrias de alta intensidade tecnológica estão concentradas. Por conta do elevado grau de industrialização e urbanização, a pressão sobre os recursos naturais é intensa, exigindo das políticas públicas um desenvolvimento preocupado com as questões ambientais.

Para uma interpretação da qualidade das águas superficiais e/ou para estabelecer um sistema de monitoramento, é necessário a utilização de métodos simples e que deem informações objetivas e interpretáveis, partindo para critérios próprios que considerem as características peculiares dos recursos hídricos (Pineda & Schafer, 1987).

Este estudo visa “a priori” aplicar a ferramenta WEAP para realizar a avaliação e o planejamento das águas superficiais nos recursos hídricos das sub-bacias do ribeirão do Curtume e do ribeirão da Água Preta, como modelo inovador para o estado de São Paulo. Pouco se sabe dos impactos exercidos nos recursos hídricos, de forma sistêmica, ao considerar em um só estudo os ambientes construídos em áreas rurais e urbanas.

Para RODRIGUES (2014), os estudos apresentados não levam em consideração a mensuração dos impactos ao uso e na distribuição dos recursos hídricos. A análise composta com toda sua complexidade estrutural interferindo sobre a dinâmica hidrológica e o comportamento sistêmico das bacias, os riscos sociais e ambientais relacionados às atividades antrópicas podem ser integradas em uma modelagem matemática, proposta pela ferramenta WEAP.

Ao elaborar o modelo matemático, tem-se como meta considerar toda a bacia para tomada de decisão dos gestores a novas implantações de empreendimentos que impacta diretamente no aumento da demanda por água.

Além de informações coletadas por satélites, indicadores de vazão, chuva, solos, irão compor o banco de dados do modelo para avaliação do contexto hidrológico, ligado ao contexto sócio econômico de ambientes distintos – rural e urbano.

O consumo de água é um importante vetor de pressão no meio ambiente e a quantificação deste consumo é essencial para que seja possível mensurar a magnitude dos impactos potenciais que possam vir a ocorrer em decorrência dessa demanda, auxiliando na elaboração de medidas preventivas e/ou corretivas aos mesmos, logo a caracterização quanto à distribuição é fundamental, servindo de subsídios aos tomadores de decisão e gestores.

Outro fator não menos importante é o processo crescente de urbanização que gera grande impacto no meio ambiente e na qualidade de vida das pessoas e isto requer planejamento regional e projetos de desenvolvimento sustentável que promovam a provisão e qualidade de água nos municípios do estado através da pesquisa, monitoramento e fiscalização.

Em consonância com as Diretrizes da Administração Pública Estadual e do Plano Plurianual 2016-2019 que visam priorizar o desenvolvimento econômico e sustentável, social, urbano e regional, bem como a inovação e eficiência da gestão pública.

No presente estudo de caso o público alvo a ser atingido ocupa áreas rurais e urbanas, integrando diferentes realidades em pleno exercício dos direitos de cidadania, com ênfase local e abrangência regional (trecho paulista da Bacia Hidrográfica do rio Paraíba do Sul).

Especificamente o Programa de Redução da Vulnerabilidade Ambiental e Mudanças Climáticas propõe a redução às vulnerabilidades ambientais do estado por intermédio da proteção e recuperação dos mananciais e dos recursos hídricos e do planejamento ambiental e territorial, ação está contemplada para ser alcançada pelo presente estudo de caso.

Bem como o saneamento, tema central do sistema WEAP, que analisará demandas, oferta, disponibilidade, qualidade de água (IQA) e formas de distribuição em consonância com a proposta assinalada no PPA, que ressalta a universalização do abastecimento de água e esgoto sanitário e tratamento adequado dos resíduos e ações impactantes positivamente na capacidade e segurança hídrica.

Nessas circunstâncias outra questão relevante no PPA e que sustenta a presente proposta do estudo de caso é que dentre as iniciativas do governo, o OE 08 prevê ações associadas a conservação do solo e da água e da recuperação ambiental. E para tanto, o modelo matemático proposto – WEAP, como uma ferramenta inovadora traz a luz do conhecimento avanços no desenvolvimento científico e tecnológico para reduzir desigualdades e fortalecer potencialidades locais e regionais.

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

As sub-bacias do ribeirão do Curtume e do ribeirão da Água Preta encontram-se na unidade hidrográfica de gerenciamento de recursos hídricos do Paraíba do Sul - UGRHI 02, e já foi caracterizada em PEREIRA (2017).

Os ambientes de estudo, em situação crítica, foram georreferenciados com GPS Geodésico/L1, Leica modelo GS20 e os recursos hídricos superficiais separados em lênticos e lóticos. As variáveis estudadas estão de acordo com o Índice de Qualidade de Água - IQA (CETESB, 2014) e os procedimentos de amostragem foram adotados conforme o método 1060/SMEWW – Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

Estão previstas para o presente estudo de caso quatro amostragens para qualidade de água, sendo uma a cada estação do ano, os resultados passarão por análise estatística e avaliação relacionada ao panorama ambiental das sub-bacias, diagnosticados mensalmente durante um ano, e considerando ainda as condições climáticas e a vazão no período de coleta. Este monitoramento já acontece desde 2012 em parceria com a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo - SABESP.

Neste contexto buscam-se encontrar nos resultados soluções que proponham a partir da caracterização quali-quantitativa os recursos hídricos das duas sub-bacias, incluindo a modelagem matemática WEAP, o balanço

hídrico como uma **inovação de processo**, que é a implementação de um método de produção ou distribuição novo ou significativamente melhorado. Segundo o Manual OSLO (2013) incluem-se mudanças significativas em técnicas, equipamentos e/ou softwares, e assim, *“as inovações de processo podem visar reduzir custos de produção ou de distribuição, melhorar a qualidade, ou ainda produzir ou distribuir produtos novos ou significativamente melhorados”*.

METODOLOGIA

O sistema WEAP permite avaliar o balanço hidrológico da bacia, cadastrar as atividades agropecuárias, identificar a distribuição dos habitantes e os valores econômicos ligados à produção de bens e serviços.

Basicamente esta ferramenta inovadora permite através do balanço hídrico da bacia, calcular a quantidade de água disponível para atividades rurais e urbanas (ambientes construídos). Este modelo pode também contribuir para tomada de decisões durante a escassez hídrica sazonal e definir o melhor planejamento para distribuição, bem como a possibilidade de simular os impactos de novos empreendimentos, além da formação de um banco de dados técnicos gerando informações institucionais.

ETAPAS METODOLÓGICAS

Etapa I: O referencial teórico de acordo com o tema abordado: através de artigos científicos, dissertações, teses e livros entre outros documentos pertinentes serão trabalhados itens que vão de encontro a qualidade dos recursos hídricos nas sub-bacias do ribeirão do Curtume e Água Preta destacando a importância do ambiente preservado e das atividades sustentáveis, a relação antrópica com o ambiente construído, aplicando a inovação tecnológica.

Etapa II: O diagnóstico das características de uso e ocupação do ambiente construído nas sub-bacias do ribeirão do Curtume e da Água Preta: Inicialmente será feita a aplicação de um instrumento de pesquisa que possibilite a aquisição de informações como idade, gênero, escolaridade, tempo de permanência no local de estudo (moradia ou trabalho), importância do lugar para a pessoa, grau de importância do rio para as pessoas,

sentimento de preservação da área construída e ocupada, e relação das pessoas com as sub-bacias do ribeirão do Curtume e da Água Preta, com análise sistêmica dos recursos naturais.

A aplicação de check-list conforme a metodologia de SANCHES (2013) que define a tabela de Leopold como instrumento de avaliação. Assim torna-se possível identificar e relacionar os impactos positivos e negativos nas sub-bacias estudadas onde podem ser analisadas as interações antrópicas no ambiente construído bem como as suas relações com o ambiente natural.

Na sequência a etapa contará com a criação de mapas temáticos de maneira representativa onde será possível visualizar características quali-quantitativas pertinentes as sub-bacias do ribeirão do Curtume e da Água Preta. Esses mapas também serão confeccionados através de imagens Landsat 5 e Geocover utilizando WGS84 com sistemas de classificação de imagens através do software SPRING, programa de alto padrão tecnológico governamental e gratuito de sensoriamento remoto e geoprocessamento oferecido aos usuários, entre eles pesquisadores brasileiros.

Etapa III: A aplicação da metodologia WEAP de desenvolvimento do modelo: através dos dados coletados nos questionários aplicados e dos check-list será modelado no sistema WEAP para analisar a variabilidade da distribuição espacial e temporal nas sub-bacias do ribeirão do Curtume e Água Preta, pois o método WEAP se caracteriza como software capaz de gerar modelos através de resultados coletados a campo.

VARIÁVEIS EM ESTUDO – destaque da ferramenta WEAP

- a. **Abordagem integrada** e única para condução de estudos sobre planejamento integrado dos recursos hídricos;
- b. **Balanco Hídrico** através de uma base de dados que mantém informação sobre a quantidade de oferta e demanda de água e que possibilita gerar um modelo de balanço em diagramas de sistemas hídricos;
- c. **Simulação** baseada que calcula aspectos relativos ao uso da água, tais como oferta, demanda, fluxo, infiltração, demanda agrícola, armazenagem, poluição, tratamento, descarga e qualidade sob diferentes cenários hidrológicos e políticos;
- d. **Cenários Políticos** que avalia uma gama completa de desenvolvimento e gerenciamento dos recursos hídricos e leva em consideração os múltiplos e competitivos usos da água;
- e. **Interface de fácil utilização** por ser gráfica com base em ferramentas utilizando SIG (Sistema de Informação Geográfica) com resultados disponibilizados no formato de mapas, figuras e tabelas;
- f. **Interoperabilidade entre modelos** com links dinâmicos para outros modelos e software.

Etapa IV: Propor melhorias necessárias para o meio ambiente preservado, saudável e sustentável através da inovação tecnológica na busca das interações antrópicas que possibilitem a conservação das sub-bacias do ribeirão do Curtume e da Água Preta, na cidade de Pindamonhangaba, no estado São Paulo – Brasil: Através dos modelos será possível prever cenários futuros que contemplem possíveis melhorias nas sub-bacias dos ribeirões do Curtume e da Água Preta. Possibilitando que através da pesquisa a cidade de

Pindamonhangaba venha mitigar os impactos negativos dos ambientes construídos e ocupados e maximizar os impactos positivos dos recursos naturais existentes e que para a região e os demais estados será inovador pois de maneira tecnológica será possível caracterizar o ambiente e atribuir melhorias colaborando assim com a sustentabilidade ambiental.

DIFUSÃO DO CONHECIMENTO GERADO E RESULTADOS ESPERADOS

Considerando os resultados esperados no âmbito socioambiental e econômico, as ações previstas no escopo do presente estudo também identificarão as demandas e ofertas de água e promover o saneamento básico igualmente entre os setores dentro do município, ou seja, água de boa qualidade, tratamento de esgoto, e coleta de resíduos, melhorando a qualidade de vida, diminuindo o desequilíbrio regional.

E como consequência, após o estudo as informações geradas servirão para o planejamento e a gestão dos serviços públicos, através da disponibilidade desta ferramenta para aumentar a eficiência e eficácia no saneamento básico

e assim atender o maior número de pessoas, identificando vulnerabilidades em relação aos recursos hídricos e resíduos sólidos.

Considerando que entre as 22 prioridades de políticas públicas para o estado de São Paulo apresentadas pela sociedade, o acesso a água potável, coleta e tratamento de esgoto tem destaque em 4º lugar representando 6% do anseio social e a preservação do meio ambiente e a sustentabilidade da biodiversidade vem em seguida com 5,9%, sendo que este estudo de caso está corroborando com as diretrizes governamentais do PPA dado o alinhamento pretendido com a aplicação do WEAP no município de Pindamonhangaba.

A seguir apresenta-se um fluxograma (FIGURA 1) da cadeia de resultados ao estudo de caso do município de Pindamonhangaba, adaptado do programa PPA 2016-2019.

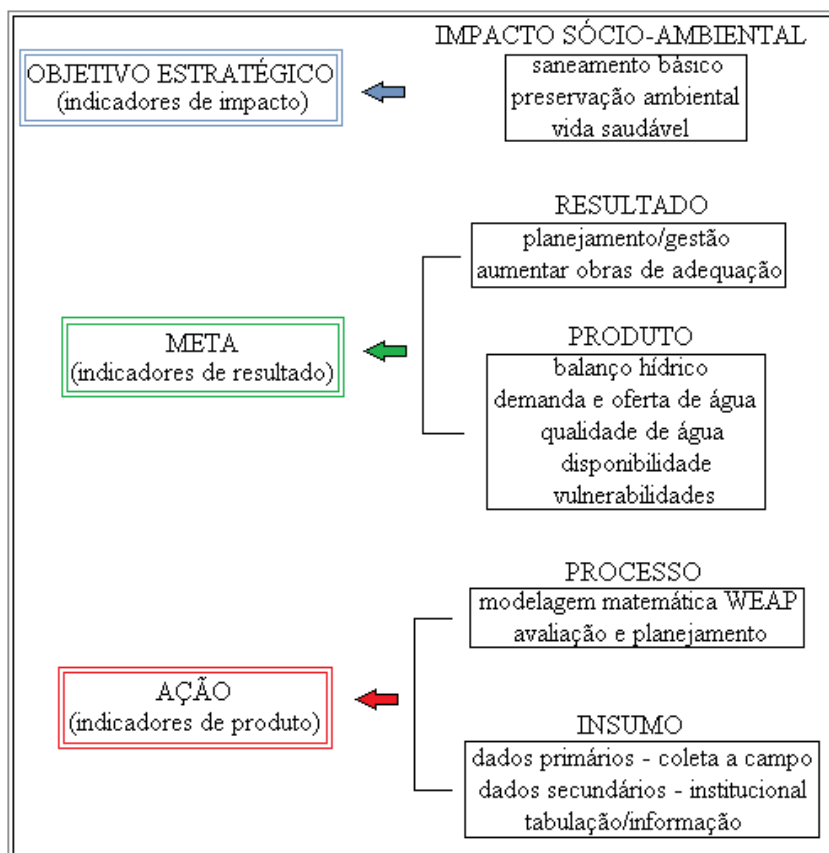


Figura 1: Da cadeia de resultados ao estudo de caso do município de Pindamonhangaba/SP, (adaptado - PPA 2016-2019), 2016.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BORGES, M.J., GALBIATTI, J.A. e FERRUAUDO A.S. Monitoramento da Qualidade Hídrica e Eficiência de Interceptores de Esgoto em Cursos d'Água Urbanos da Bacia Hidrográfica do Córrego Jaboticabal. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos – RBRH**. v.8, n.2, p.161-171. 2003.
2. CETESB. COMPANHIA ESTADUAL DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO BÁSICO E DEFESA DO MEIO AMBIENTE. *IQA: Índice de Qualidade das Águas*. Disponível em <http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/agua/aguas-superficiais/aguas-interiores/documentos/indices/02.pdf>. Acesso em 28 ago. 2014.
3. MANUAL DE OSLO. 2013. 3ª Edição. Disponível em <http://www.oei.es/salactsi/oslo2.pdf>. Acesso em 19 fev. 2016.
4. PEREIRA, K. C., Torres, V. S., Neckel, A., Silva, C. C. O. A., Monteiro, J. L. **GEOCENÁRIOS: Diagnóstico e caracterização das sub-bacias dos Ribeirões do Curtume e Água Preta, bacia hidrográfica do Rio Paraíba do Sul no município de Pindamonhangaba/SP – Brasil**. Disponível em https://www.imed.edu.br/Uploads/5_SICS_paper_65.pdf. Acesso em 27 jan. 2017.
5. PINEDA, M. D.; SCHAFER, A. Adequação de critérios e métodos de avaliação da qualidade de águas superficiais baseada no estudo ecológico do rio Gravataí, Rio Grande do Sul, Brasil. *Ciência e Cultura*, v.39, p.198-206. 1987.
6. RODRIGUES L. N. Disponível em <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/2798136/artigo---agua-na-agricultura-com-planejamento-e-gestao-nao-ha-crise-hidrica>. Acesso em 05/04/2016
7. SANCHEZ, Luís Enrique. **Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2º edição, 2013.
8. FADINI, P.S. Quantificação de carbono dissolvido em sistemas aquáticos, através da análise por injeção em fluxo. Campinas, 1995. Dissertação de mestrado-Faculdade de Engenharia Civil-Universidade Estadual de Campinas, 1995.