CIÊNCIA CIDADÃ APLICADA AO MONITORAMENTO PARTICIPATIVO DA QUALIDADE HÍDRICA: PROPOSTA METODOLÓGICA PARA ENGAJAMENTO ESCOLAR EM MICROBACIAS URBANAS

Lília Calheiros de Oliveira Barretto [1] ; Wellington Lima da Silva [2]

RESUMO – O desafio global da segurança hídrica e a crescente degradação dos corpos d'água urbanos exigem novos modelos de governança participativa e educação ambiental aplicada à práxis. Este trabalho apresenta a proposta metodológica do projeto "Águas Vivas", uma intervenção estruturada sob o enfoque da Pesquisa-Ação Participativa (PAP) e da Ciência Cidadã (CC) no ambiente escolar. O objetivo consiste em promover o engajamento ativo da comunidade escolar no monitoramento da qualidade da água de corpos hídricos locais através do uso de ferramentas de baixo custo e plataformas de registro digital, desdobrando-se na capacitação de atores locais, mapeamento de impactos e difusão de dados para o controle social. A metodologia organiza-se em quatro fases: planejamento/capacitação, monitoramento sistemático (parâmetros físico-químicos e biológicos), análise colaborativa e ações transformadoras de intervenção social. Espera-se a consolidação de um banco de dados geoespaciais inédito para a gestão de microbacias e o fortalecimento da articulação entre a escola, a comunidade e os órgãos gestores. A estratégia demonstra viabilidade de replicação e potencial inovador ao associar o fazer científico escolar à conservação ambiental.

ABSTRACT– The global challenge of water security and the increasing degradation of urban water bodies require new models of participatory governance and applied environmental education. This paper presents the methodological framework of the "Águas Vivas" project, an intervention structured under the approach of Participatory Action Research (PAR) and Citizen Science (CS) within the school environment. The objective is to promote the active engagement of the school community in monitoring local water quality using low-cost tools and digital logging platforms, unfolding into local actor training, impact mapping, and data dissemination for social control. The methodology is organized into four phases: planning/training, systematic monitoring (physicochemical and biological parameters), collaborative analysis, and transformative social intervention actions. It is expected to consolidate an unprecedented geospatial database for watershed management and strengthen the articulation between the school, the community, and water management agencies. This strategy demonstrates high replicability and innovative potential by linking school scientific practices to environmental conservation.

Palavras-Chave – Cidadania; Água; Educação.

[1]) Afiliação: Universidade Federal de Sergipe, Campus do Sertão, Rodovia Engenheiro Jorge Neto, Km 3, Bairro Silos, Nossa Senhora da Glória/SE, CEP 49680-000, telefone: (79) 99907-3267, liliacalheiros@academico.ufs.br.
[2]) Afiliação: Universidade Federal de Sergipe, Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos, Avenida Marcelo Deda Chagas, s/n, Bairro Rosa Elze, São Cristóvão/SE, CEP: 49107-230, telefone: (82) 98137-4731, wellingtonlimadasilva294@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

A temática dos recursos hídricos perpassa as dimensões biológicas e consolida-se como vetor estratégico para o equilíbrio econômico, social e ambiental das nações. A consecução da segurança hídrica, pautada pela garantia de disponibilidade de água em padrões adequados de quantidade e qualidade, representa um dos maiores desafios contemporâneos e demanda mecanismos inovadores de gestão integrada (ONU, 2015). No contexto brasileiro, embora o território abrigue uma das maiores redes hidrográficas do planeta, a assimetria na distribuição espacial e a degradação acelerada dos corpos d'água geram crises localizadas de escassez e perda qualitativa severa (TUNDISI, 2008). Esse panorama evidencia a necessidade premente de processos educativos integrados à gestão hídrica, capazes de assegurar a sustentabilidade desse recurso vital.

Os ecossistemas hídricos urbanos e periurbanos sofrem pressões antrópicas contínuas decorrentes do descarte inadequado de efluentes domésticos e industriais, além do parcelamento e ocupação desordenada do solo (BRASIL, 2017). Essa dinâmica não apenas compromete os ecossistemas aquáticos, mas restringe os usos múltiplos da água e gera riscos à saúde pública. A insuficiência de redes capilares de monitoramento contínuo por parte dos órgãos públicos ambientais e o distanciamento da população civil em relação às tomadas de decisão agravam o quadro de degradação. Torna-se imperativo, portanto, o fomento à Educação Ambiental (EA) crítica e emancipatória, conforme as diretrizes da Lei nº 9.795/99, que a institui como componente permanente no processo educativo nacional (BRASIL, 1999). A EA deve transcender a transmissão passiva de informações e atuar na formação de sujeitos ecológicos autônomos e participativos (CARVALHO, 2004).

Para superar abordagens meramente teóricas ou restritas a campanhas comportamentais de consumo isolado, faz-se necessário adotar metodologias de pesquisa-ação aplicadas (GUIMARÃES, 2007). Nesse cenário, a Ciência Cidadã (CC) surge como ferramenta metodológica transformadora ao possibilitar a inclusão de atores não especializados na produção ativa e sistemática de conhecimento científico (BONNEY *et al.*, 2009). Na gestão de recursos hídricos, a CC atua de forma complementar e estratégica, expandindo de maneira significativa a escala espacial e temporal de coleta de dados ambientais com baixo custo operacional (SHIRIN; ASADUZZAMAN, 2017). O projeto "Águas Vivas" propõe a operacionalização dessa abordagem na comunidade escolar vinculada a microbacias hidrográficas urbanas expostas a vetores de poluição, transformando a escola em um polo de irradiação social, engajando estudantes e famílias no monitoramento direto da qualidade hídrica do entorno.

Diante desse cenário, este trabalho tem como objetivo propor e estruturar uma metodologia de engajamento ativo da comunidade escolar no monitoramento da qualidade da água de corpos hídricos urbanos locais, utilizando a Ciência Cidadã como ferramenta de diagnóstico, educação científica e fomento ao controle social.

2. METODOLOGIA

O desenho metodológico fundamenta-se nos preceitos da Pesquisa-Ação Participativa (PAP), adotando a Ciência Cidadã (CC) como eixo condutor. A estrutura foi concebida para assegurar simplicidade operacional, baixo custo e alta replicabilidade em diferentes realidades escolares e microbacias urbanas. O fluxo organiza-se em quatro fases interdependentes.

2.1 - FASE 1: PLANEJAMENTO E CAPACITAÇÃO

Esta etapa inicial compreende a articulação, seleção e engajamento dos atores escolares (estudantes do Ensino Fundamental II ou Médio, professores das áreas de Ciências da Natureza e Humanas, e pais voluntários), constituindo o núcleo de Cientistas Cidadãos. Realiza-se o levantamento cartográfico preliminar do trecho do corpo hídrico adjacente para identificação visual de passivos ambientais (lançamento de efluentes e focos de erosão).

O cerne da capacitação dar-se-á por meio de oficinas teórico-práticas de introdução à hidrologia local e calibração do Kit de Monitoramento de Baixo Custo. Este aparato reúne insumos acessíveis, como tiras reagentes para determinação de pH, termômetros digitais, tubos de transparência para avaliação de turbidez e redes de mão para captura de macroinvertebrados bentônicos. O registro e o envio dos dados em campo são padronizados através de aplicativos móveis de CC de acesso aberto, como o Epicollect ou formulários automatizados com georreferenciamento via Google Forms. Como suporte didático permanente, são disponibilizados vídeos tutoriais produzidos para o canal digital da instituição escolar. A Tabela 1 detalha a distribuição temporal das atividades propostas.

Tabela 1 – Cronograma das fases do projeto "Águas Vivas".

Fase	Atividade	Meses
Fase 1: Planejamento	Seleção da comunidade, mapeamento de pontos e oficinas de capacitação.	1 - 2
Fase 2: Monitoramento	Coletas quinzenais/mensais no corpo hídrico e registro via aplicativo/forms.	3 - 8

Fase 3: Análise	Oficinas de tabulação de dados, criação de gráficos e interpretação dos resultados.	7 - 9
Fase 4: Intervenção	Elaboração do Relatório de Ciência Cidadã e Audiência Pública/Ação Transformadora.	9 - 10

2.2 - FASE 2: COLETA DE DADOS E MONITORAMENTO

A partir do mapeamento participativo inicial, os pontos de monitoramento são formalmente georreferenciados e plotados em ambiente SIG acessível. As campanhas de campo ocorrem em intervalos regulares (quinzenais ou mensais), nos quais os cientistas cidadãos executam as medições físico-químicas em triplicata e realizam a amostragem biológica. Os organismos coletados (macroinvertebrados) funcionam como bioindicadores ecológicos da saúde do corpo hídrico. A inserção dos dados nas plataformas móveis assegura o sincronismo e a integridade da base de dados gerada. Os parâmetros amostrados e as respectivas fundamentações analíticas constam na Tabela 2.

Tabela 2 – Parâmetros de qualidade da água e métodos de coleta (Ciência Cidadã).

Parâmetro	Método de Coleta (Ciência Cidadã)	Importância Ambiental
pH	Tiras reagentes colorimétricas ou pHmetro portátil de bolso	Indica a acidez ou alcalinidade, afetando a sobrevivência da fauna aquática
Temperatura	Termômetro digital simples ou de espeto	Influencia a solubilidade do oxigênio e o metabolismo dos organismos
Turbidez	Disco de Secchi artesanal ou Tubo de Transparência	Mede a clareza da água e indica presença de sedimentos ou poluição
Bioindicadores	Redes de mão (puçás) para coleta de macroinvertebrados	A presença de certas ordens (ex: Plecoptera) indica boa qualidade ecológica
Georreferenciamento	Coordenadas via Epicollect ou Google Forms	Permite a criação de mapas de impacto e séries históricas espaciais

2.3 - FASE 3: ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO

Os dados brutos armazenados digitalmente são exportados para planilhas eletrônicas e submetidos a oficinas de análise estatística descritiva elementar (cálculo de médias, valores máximos, mínimos e variações sazonais). Sob a orientação interdisciplinar dos professores de Matemática e

Geografia, os estudantes convertem os dados em matrizes gráficas (barras e linhas) e mapas temáticos de qualidade. O foco reside na discussão orientada para interpretar as tendências temporais e espaciais face aos usos da terra identificados no entorno da microbacia.

2.4 - FASE 4: INTERVENÇÃO E SUSTENTABILIDADE (AÇÃO TRANSFORMADORA)

Os resultados consolidados dão origem ao Relatório Técnico de Ciência Cidadã, documento que sintetiza o diagnóstico socioambiental construído coletivamente. A partir deste documento, são formuladas propostas de ações corretivas locais (adequação do descarte de resíduos na vizinhança) e representações formais encaminhadas aos entes de gestão hídrica e fiscalização ambiental. Visando assegurar a longevidade da iniciativa, o projeto institui um Plano de Continuidade mediante a inserção permanente da rotina de monitoramento hídrico no Projeto Político-Pedagógico (PPP) da unidade escolar, promovendo a formação anual de novos grupos de cientistas cidadãos.

3 - RESULTADOS ESPERADOS E DISCUSSÃO

A implementação do modelo metodológico proposto delineia resultados tangíveis distribuídos em três eixos principais: geração de conhecimento científico, formação pedagógica e incidência política no território.

No âmbito da produção técnico-científica, o projeto resulta na estruturação de um banco de dados espacializado sobre a qualidade da água da microbacia. Devido à escassez histórica de dados de alta resolução espacial em pequenos corpos hídricos urbanos, as séries temporais geradas pela comunidade escolar passam a funcionar como subsídio relevante para estudos acadêmicos e monitoramentos oficiais. A geração de mapas temáticos georreferenciados converte problemas ecológicos difusos em evidências visuais localizadas de degradação. A disponibilização dessas matrizes informacionais dar-se-á por meio de um painel digital interativo de acesso público (*dashboard*), assegurando transparência e livre acesso a pesquisadores e gestores públicos.

No campo formativo e pedagógico, constata-se a consolidação da "cidadania ambiental" através da apropriação empírica de conceitos complexos de hidrologia, ecologia e saneamento por parte de alunos e docentes. O envolvimento prático com a coleta sistemática, calibração e análise estatística de variáveis ambientais desenvolve o letramento científico e o pensamento crítico dos estudantes. Ademais, a institucionalização da prática através da revisão do PPP escolar garante o caráter permanente da vigilância ambiental e o desligamento do projeto de ações pontuais ou descontinuadas.

O desfecho de maior impacto transformador concentra-se na efetivação do controle social. A posse de dados robustos fundamenta a interlocução da comunidade com as estruturas governamentais, elevando o nível de exigência por medidas de saneamento básico e fiscalização na microbacia. A realização de audiências públicas com o poder legislativo local e secretarias de meio ambiente converte os estudantes em protagonistas do debate público, utilizando evidências científicas construídas de forma comunitária para pautar políticas públicas locais. Por fim, antevê-se uma alteração duradoura nos padrões comportamentais dos moradores do entorno, reduzindo práticas nocivas como o descarte irregular de resíduos sólidos a partir do fortalecimento do sentimento de pertença ecológica.

4 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho demonstra que o emprego da Ciência Cidadã aplicada ao monitoramento hídrico escolar representa uma estratégia viável e de alto impacto para a gestão descentralizada de recursos hídricos. A desconcentração do fazer científico – tradicionalmente restrito a corporações técnicas e laboratórios universitários – empodera comunidades periféricas e escolares, permitindo-lhes gerar diagnósticos consistentes e propor intervenções com base em dados empíricos qualificados. A sustentabilidade e a replicabilidade do modelo decorrem diretamente da escolha por insumos de baixo custo e do aproveitamento de infraestruturas digitais públicas pré-existentes.

Para o avanço e consolidação de iniciativas correlatas, recomenda-se a celebração de termos de cooperação técnica estáveis entre as redes de ensino básico, os programas de pós-graduação das universidades locais, organizações não governamentais e Comitês de Bacias Hidrográficas. Tais arranjos institucionais fornecem o suporte de retaguarda analítica necessário para a validação estatística dos dados coletados pelos cidadãos, além de ampliar os canais de diálogo com os órgãos formuladores de políticas públicas. A abordagem atende, assim, às demandas contemporâneas da gestão ambiental ao comprovar que a conservação dos recursos hídricos e a mitigação dos impactos urbanos dependem da simbiose entre rigor metodológico, inovação pedagógica e mobilização social.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Universidade Federal de Sergipe - UFS, por meio do Curso de Especialização (Lato Sensu) em Recursos Hídricos e Meio Ambiente do Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos - PRORH, pelo incentivo à pesquisa interdisciplinar. Agradecem também aos professores e colegas que contribuíram com reflexões e sugestões para o aperfeiçoamento desta

proposta metodológica voltada à Educação Ambiental, à Ciência Cidadã e à conservação dos recursos hídricos.

REFERÊNCIAS

AGUIAR NETTO, A. O.; COSTA, P. R. S. M.; PIMENTA, L. R. (Org.). (2023). *Cotinguiba: águas e educação*. Volume 2. Aracaju: Criação Editora.

ARAÚJO, A. F. de. (2011). *Projetos de trabalho e educação ambiental: uma estratégia de ensino-aprendizagem sob a perspectiva da complexidade*. Dissertação (Mestrado em Ensino das Ciências) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

ARAÚJO, M. I. O.; NEPOMUCENO, A. L. de O.; SANTANA, C. G. (Org.). (2016). *Educadores ambientais: caminhos para a práxis*. Aracaju: Criação Editora.

BONNEY, R. *et al.* (2009). "Citizen science: a developing tool for expanding science knowledge and scientific literacy". *BioScience*, v. 59, n. 11, pp. 977-984.

BRASIL. (1999). Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999. Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências. *Diário Oficial da União*: seção 1, Brasília, DF, p. 7, 28 abr. 1999.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. (2017). *Relatório Nacional sobre a Qualidade da Água*. Brasília: MMA.

CARVALHO, I. C. de M. (2004). *Educação Ambiental: A formação do sujeito ecológico*. São Paulo: Cortez.

COHN, J. P. (2008). "Citizen science: can volunteers do real research?". *BioScience*, v. 58, n. 3, pp. 192-197.

GUIMARÃES, M. (2007). *A dimensão ambiental na educação*. 10. ed. Campinas: Papirus.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). (2015). *Água para um mundo sustentável*. Nova York: ONU. (Relatório Mundial sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos).

SHIRIN, R.; ASADUZZAMAN, M. (2017). "Citizen Science for water quality monitoring". *Journal of Environmental Science and Engineering*, v. 59, n. 4, pp. 500-509.

TUNDISI, J. G. (2008). *Recursos hídricos no Brasil: desafios e perspectivas*. São Carlos: Rima.