

Democratização, acesso e gestão das águas pelo horizonte das geotecnologias com software livre



Democratization, access and management of water through the horizon of geotechnologies with free software

Aragão, Helder Guimarães; Pereira, Vilmar Alves; Carniatto, Irene; Gonzalez, Aline Costa

 **Helder Guimarães Aragão**
Universidade Estácio de Sá, Brasil

 **Vilmar Alves Pereira**
vilmar.pereira@unemat.br
Universidade Estadual do Mato Grosso, Brasil

 **Irene Carniatto**
irenecarniatto@gmail.com
Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Brasil

 **Aline Costa Gonzalez**
Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Brasil

Revista Presença Geográfica
Fundação Universidade Federal de Rondônia, Brasil
ISSN-e: 2446-6646
Periodicidade: Frequência continua
vol. 9, núm. 2, Esp., 2022
rpgeo@unir.br

Recepção: 05 Julho 2021
Aprovação: 30 Setembro 2021

URL: <http://portal.amelica.org/ameli/journal/274/2744715020/>

Resumo: Este estudo tem a pretensão de sugerir ao campo da geografia das águas o uso de geotecnologias com softwares livres, pois este tipo de tecnologia da informação permite a visualização espacial de dados associados aos recursos hídricos, o que confere maior assertividade nas análises quanto a exploração destes recursos tão essenciais à vida humana. Trata-se de um trabalho de revisão bibliográfica onde em um primeiro momento, partindo do pressuposto de que a água enquanto bem natural ainda não é acessível a milhares de seres humanos, cujo sistema político os exclui das garantias básicas para sobrevivência, procura, problematizar os principais motivos que levam a diminuição a esse acesso. Em um segundo momento, apresenta as potencialidades das geotecnologias com software livre como possibilidades tanto de democratização, quanto de gestão e economicidade de acesso ao bem. Finalmente, destaca e reivindica o papel da Educação Ambiental em processos formativos individuais e coletivos, que possam ampliar a conscientização e a participação da comunidade nas decisões sobre o presente e o futuro das relações de consumo da água.

Palavras-chave: Democratização, Águas, Geotecnologias, Software livre, RIPERC.

Abstract: This study intends to suggest to the field of water geography the use of geotechnologies with free software, because this kind of technology allows a spatial visualization of data about water resources, which gives greater assertiveness in the analysis regarding the exploitation of these resources so essential to human life. This is a work of bibliographic review where, at first, assuming that water as a natural good is still not a good of access to thousands of human beings, whose political system excludes them from the basic guarantees for survival, demand, problematize the main reasons that lead to the decrease in this access. In second, it presents the potential of geotechnologies with free software as possibilities for both democratization, as well as management and economic access to the good. Finally, it highlights and claims the role of Environmental Education in individual and collective training processes that can increase community awareness and participation in decisions about the present and future of water consumption relationships.

Keywords: Democratization, Waters, Geotechnologies, Free software, RIPERC.

INTRODUÇÃO

Pensar o acesso e a democratização da água como um bem natural pressupõe situar inúmeros aspectos que tangenciam desde o horizonte de políticas públicas até questões que envolvem a demografia e a própria geografia das águas que, entre outros fatores, reconhece a necessidade de “compreender o real direito à vida, e perceber que os recursos naturais, primeiramente, estão a serviço da vida humana e da coletividade, e não aos fins acumulativos de capital” (ZIGLIO, 2008, p.448).

Constantinov (2010) afirma que a demanda por água doce dobra a cada 21 anos. No século XX, o consumo da água multiplicou-se por seis, duas vezes a taxa do crescimento demográfico mundial. Já a disponibilidade desta mesma água no mundo reduziu cerca de 62% nos últimos anos. É amplamente sabido que, como recurso hídrico a água é elemento fundamental para a vida humana e para a sociedade. Apesar de abundante na superfície da terra, a sua disponibilidade para o consumo humano é pequena. Além disso, a água utilizável, isto é, potável não está ao alcance de todos de forma igualitária (CARNIATTO, 2007; GALINDO, 2009).

Em função de fatores geográficos e econômicos e por conta de um aumento populacional cada vez crescente, a água se torna escassa e cada vez menos acessível para a sociedade. O crescimento econômico, por exemplo, gera demanda por água em diversas atividades, tais como industriais e agrícolas exigindo políticas públicas efetivas (GALINDO, 2009).

A análise histórica permite reconhecer alguns avanços nos processos para o aproveitamento dos recursos hídricos desde o início desse século. O uso da água deixou de ser algo local e incipiente e passou a ser um recurso de uso intenso e setorial. A demanda desenfreada por uso dos recursos hídricos levou a uma crise no final do século XX, que a sociedade buscou, então, desenvolver o conceito de múltiplos usos da água pensando na sustentabilidade do Planeta (TUCCI, 2001).

Depois da Segunda Guerra Mundial, houve grandes investimentos em infraestrutura incluindo aqueles relacionados ao uso dos recursos hídricos. Este período também foi marcado por uma grande industrialização e urbanização dos países, o que acabou gerando uma crise ambiental no final do século XX (TUCCI, 2001; GALINDO, 2009). A consequência disso foi a degradação dos recursos naturais e das condições de vida da população. Na década de 70, iniciou-se uma consciência maior da sociedade quanto ao uso racional dos recursos naturais e começou a crescer a mobilização social em favor deles. Esse tipo de mobilização se espalhou por diversos países desenvolvidos, o que gerou a aprovação das primeiras legislações ambientais no mundo.

Nos anos 80, um processo de entendimento que o uso dos recursos naturais, incluindo as águas, tinha impacto global, foi iniciado (TUCCI, 2001). Nessa década, o Brasil aprovou a sua legislação ambiental, que descrevia os princípios, as diretrizes, os instrumentos e as atribuições para os estados brasileiros sobre o meio ambiente.

A Lei número 6.938/81 (BRASIL) instituiu, então, a Política Nacional do Meio Ambiente criando o Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA). Isto foi considerado um marco importante e uma sinalização positiva do Brasil sobre a preocupação com as questões ambientais (MOURA, 2016).

Com a visão global mais amadurecida sobre o uso e a exploração dos recursos naturais, na década de 90, as autoridades mundiais, em conjunto com a sociedade, passaram a discutir o desenvolvimento sustentável visando a conservação ambiental. Neste período, ficou clara a necessidade do melhor aproveitamento dos recursos hídricos de forma integrada e multifinalitária (MOURA, 2016).

Os países desenvolvidos, na década de 90, enfatizaram o controle da poluição das águas. Neste período, o Brasil obteve recursos por meio de empréstimos de organismos internacionais, sobretudo, para o saneamento

básico e melhoria ambiental nos grandes centros. Em 1997, mais especificamente, o Brasil aprova a sua Legislação Nacional de Recursos Hídricos, instituída pela lei nº 9.433/1997 e implanta o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

A evolução histórica da gestão dos recursos hídricos pode ser dividida da seguinte forma (GALINDO, 2009):

Período de 1945-1960 – o mundo experimenta um crescimento industrial e populacional significativo. O uso dos recursos hídricos era mais focado para o abastecimento, a navegação e a geração de energia. O Brasil, nesse período, inicia o inventário dos seus recursos hídricos e a construção de grandes empreendimentos hidrelétricos;

Período de 1960-1970 – há uma maior consciência ambiental, sobretudo, nos países desenvolvidos. Neste período, pensa-se em controle de efluentes e em legislações para a qualidade das águas dos rios. No Brasil, a construção de grandes empreendimentos hidroelétricos continua e nota-se uma crescente deterioração da qualidade da água dos mananciais próximos aos centros urbanos;

Período de 1970-1980 – inicia-se o controle ambiental dos recursos naturais com legislações ambientais sendo aprovadas no mundo. Isso não foi suficiente para evitar os prejuízos ambientais das cidades mais desenvolvidas. O Brasil, em especial, continua priorizando as hidrelétricas, mas tendo uma preocupação com a questão do abastecimento de água. A piora da qualidade da água permanece em função da produção industrial e concentração urbana;

Período de 1980-1990 – o mundo passa a discutir os impactos globais da degradação do meio ambiente. Inicia-se a discussão sobre a conservação das florestas, a prevenção de desastres naturais e a contaminação de aquíferos. O Brasil reduz o investimento em hidrelétricas, mas experimenta uma piora das condições urbanas. A primeira legislação ambiental é aprovada;

Período de 1990-2000 – a sociedade mundial começa a pautar a discussão do conceito de desenvolvimento sustentável. Também, inicia-se uma discussão polarizada da água como recurso e o preço da água, com o conceito da água como direito à vida (CARNIATTO, 2007). Há um aumento no conhecimento sobre os impactos causados no meio ambiente pelas atividades humanas. Começa-se a discutir o controle de emissão de gases e a preservação da camada de ozônio. O Brasil aprova a legislação de recursos hídricos e inicia-se um investimento no controle sanitário dos grandes centros. Nesse período, no Brasil, são criados os programas de conservação de biomas nacionais importantes, tais como Amazônia, Pantanal e Cerrado. Este período foi marcado, também, pelas primeiras privatizações dos serviços de energia e saneamento (GALINDO, 2009).

No início do século 21, a água passa a ter maior importância sendo reconhecida como algo essencial. As autoridades governamentais e a sociedade passam a discutir o uso integrado dos recursos hídricos de forma aprofundada. As discussões incluem, ainda, os conceitos de sustentabilidade. Ainda neste século, nota-se que não é suficiente reduzir o desperdício da água, mas que é imprescindível preservar o meio ambiente e a qualidade dos mananciais que a fornecem (TUCCI, 2001; GALINDO, 2009). O conceito de sustentabilidade ganha espaço nas discussões das pautas ambientais.

O século 21 é marcado por ampliar o debate sobre o manejo e o descarte corretos dos resíduos sólidos, a utilização de energias renováveis, o uso de tecnologias verdes, o reuso adequado das águas e a busca de eficiência do uso dos recursos hídricos disponíveis. A questão de sustentabilidade tornou-se tão importante que, temas como reciclagem de lixo e descarte correto do lixo eletrônico, passaram a fazer parte da educação infantil (CEZAR, 2020). Os recursos naturais, sobretudo as águas, passam a ser debatidos sob a perspectiva da sustentabilidade.

Nesse contexto de mudanças discursivas, a Agenda 21 foi um instrumento importante para subsidiar o planejamento no desenvolvimento de sociedades sustentáveis. Foram desenvolvidos 40 capítulos dentro da Agenda 21, sendo um dedicado somente à proteção da qualidade e do abastecimento dos recursos hídricos. Este capítulo estabelecia que, até o ano 2000, deveriam ser desenvolvidos os programas de uso adequado da água objetivando alcançar padrões sustentáveis no uso deste recurso (AGENDA 21, 2022).

Em 2015, a Organização das Nações Unidas (ONU) definiu a Agenda 2030, que estabeleceu uma visão para o desenvolvimento sustentável considerando o período entre 2016 e 2030 (NAÇÕES UNIDAS BRASIL, 2022). Dentre os objetivos e metas descritas, o uso racional dos recursos hídricos e a sua preservação estão presentes no objetivo de Número 6.

O Objetivo de Desenvolvimento Sustentável número 6 aborda a disponibilidade e a gestão sustentável da água, bem como o saneamento básico de forma universalizada. Neste objetivo, constam metas globais desafiadoras até 2030. Dentre as metas, está a universalização do acesso à água potável de forma igualitária.

A partir do século 21, são discutidos temas importantes como fontes de energias renováveis, o aquecimento global, o reuso de água e o tratamento de resíduos sólidos em maior profundidade por líderes mundiais, autoridades e estudiosos.

Pode-se notar, ainda no século 21, uma evolução quanto à visão do saneamento básico. Esta infraestrutura urbana é a que lida diretamente com a água e passou a ser tratada como um investimento com retornos significativos para a sociedade.

Os países que realizaram expressivos investimentos no saneamento básico perceberam melhora na qualidade de vida da população, a redução da mortalidade infantil, diminuíram os gastos nos sistemas nacionais de saúde e a preservação do meio ambiente. Houve um amadurecimento quanto a visão do saneamento básico, que deixa de ser tratado apenas como o fornecimento de água potável e passa a ser visto sob várias perspectivas englobando as dimensões ambiental, social, saúde pública e econômica. Do ponto de vista dos serviços que devem ser incluídos em um saneamento básico, além do fornecimento de água potável, há uma maior consciência da inclusão do esgotamento sanitário e manejo correto dos resíduos sólidos dentro deste serviço.

O Brasil em 2007, cria a Lei Federal 11.445/07 que define saneamento básico sob essa nova perspectiva. A área de saneamento básico passa a ter lugar como política pública não somente no Brasil, mas no mundo inteiro.

Mesmo com tamanho empenho e reconhecendo esforços em diferentes proporções, existem dificuldades reais de acesso a esse bem público. Envolvendo complexas relações, uma infraestrutura mínima de saneamento básico deve apresentar, portanto, a captação de água nos mananciais, as redes de distribuição de água e as estações de tratamento de água. Isto sem considerar o processo de esgotamento sanitário e manejo dos resíduos sólidos, que exigem outros equipamentos. Apesar do custo envolvido nos investimentos realizados no processo de tratamento adequado da água, estudos apontam que o consumo de água tem aumentado e o seu desperdício, seja por um uso indevido ou por vazamentos, é crescente nos grandes centros (SEKYERE et al., 2020).

Neste contexto, a tecnologia da informação é uma área fundamental para auxiliar a gestão dos recursos hídricos e do saneamento básico. Entretanto, muitas das ferramentas computacionais disponíveis são proprietárias e possuem um alto custo de desenvolvimento e implantação. Há poucos programas computacionais com baixo custo visando auxiliar a gestão dos recursos hídricos na área de saneamento básico (MARTIN, 2019; ARAGÃO, PEREIRA, DA SILVA, 2022).

É justamente esse o objetivo central deste artigo, que visa apresentar a fecundidade e as potencialidades das Geotecnologias de Software livre no uso racional e no acesso democrático à água como bem público, e de direito à vida para todos, tendo por referência o contexto de uma empresa de saneamento básico do Estado da Bahia no Brasil. Desse modo, persegue a hipótese de que adoção das referidas geotecnologias podem contribuir de modo significativo quanto a economicidade e a escalabilidade dos sistemas desenvolvidos. Esse processo pode ser exitoso se aliado ao horizonte da Educação Ambiental Crítica.

GEOTECNOLOGIAS

O ser humano explora o espaço geográfico há bastante tempo. A necessidade do registro e da apresentação de informações relacionando-as com o espaço geográfico está presente nas sociedades, desde os tempos mais remotos. A Cartografia e a Geografia foram essenciais para as descobertas realizadas pela humanidade sobre os espaços geográficos que ela ocupa e explora na Terra (DOS SANTOS et al., 2011). Enquanto a Geografia prioriza a análise da produção e organização deste espaço, a Cartografia se preocupa com a sua representação. Antes, o registro dos espaços geográficos era feito em documentos e mapas analógicos tendo como objetivo principal auxiliar a navegação e as operações militares. Cabe destacar que no século XVIII, governos europeus realizaram levantamentos sistemáticos dos seus territórios, dando início à Cartografia (ARAGÃO, CAMPOS, 2009).

A Cartografia é definida como a ciência que permite a produção de mapas como documentos, que podem ser utilizados de forma científica ou, até mesmo, em trabalhos artísticos (CORREA, 2009). Com o surgimento e a consequente evolução da Ciência da Computação, o processo de manipulação e apresentação de dados com características espaciais teve alterações significativas. A combinação das técnicas cartográficas tradicionais com os recursos computacionais fez surgir um conjunto de tecnologias da informação denominado de Geotecnologias (LONGLEY et al., 2005; ABRAHÃO, 2020). Este conjunto permite manipular e armazenar dados digitais especializados de forma digital.

Dentre as tecnologias presentes na área de geotecnologias, destacam-se (LONGLEY et al., 2005):

- **Global Positioning System (GPS):** é um sistema de posicionamento que possibilita a aquisição de coordenadas geográficas associadas a qualquer ponto do globo terrestre. Este sistema embutido faz com que equipamentos registrem coordenadas geográficas de pontos, linhas e áreas, permitindo a geração de mapas digitais no contexto da cartografia digital;

- **Sensoriamento Remoto:** é a tecnologia que possibilita a aquisição remota de dados da superfície terrestre de forma remota. Ela permite o imageamento da terra gerando as ortofotos ou imagens de satélites. Estas últimas estão cada vez mais presentes em sistemas computacionais como o Google Maps da empresa Google (GoogleMaps, 2022). O sensoriamento remoto é fundamental para a geração de mapas digitais;

- **Sistemas de Informação Geográfica (SIG):** é um tipo específico de sistema de informação que manipula e armazena dados geoespaciais além de dados textuais;

- **Banco de dados geográficos:** é um tipo específico de banco de dados voltado para o armazenamento de dados geográficos. Ele difere dos demais banco de dados presentes na ciência da computação porque é capaz de processar dados digitais com coordenadas geográficas associadas.

As geotecnologias supracitadas são aplicadas em contextos distintos visando promover a adoção da análise espacial no estudo dos mais variados fenômenos. Isto se deve ao fato de que sistemas de informação geográfica, por exemplo, permitem o estudo dos territórios sob a ótica da visão geoespacial. Realizar o estudo e a análise de problemas e dos desafios enfrentados pela sociedade, utilizando-se mapas digitais traz aspectos que não são visíveis apenas com dados dispostos em tabelas ou em formato de texto sem quaisquer desenhos gráficos.

Um estudo para entender a pandemia grave de cólera que assolava a cidade de Londres, em 1854, foi realizado por um médico chamado John Snow. Naquele ano, a população padecia de uma grave epidemia de cólera, doença ainda pouco conhecida. Além disso, a sua forma de contaminação e o vetor principal dela eram desconhecidos (SOUZA, SANTOS, 2007).

O médico John Snow resolveu produzir um mapa da cidade com a localização geográfica aproximada dos casos de cólera e dos poços de água, que eram as principais fontes de consumo de água da população local. De posse do mapa e dos pontos georreferenciados, isto é, devidamente dispostos espacialmente, mesmo que de forma aproximada e manual, o médico conseguiu inferir que os casos da doença tinham uma concentração espacial em torno de um poço específico da rua, chamada Broad Street. Esta experiência forneceu uma evidência empírica trazendo a hipótese de que o vetor para a cólera era a água contaminada (SOUZA,

SANTOS, 2007). Este não foi um caso isolado, sobretudo, do uso de mapas para a análise nas áreas de saúde pública, ambiental e gestão das águas.

Geotecnologias baseadas em software livre

É notório que a adoção de mapas digitais aplicada no entendimento da relação do ser humano com o meio ambiente é algo vantajoso. As geotecnologias entregam para os pesquisadores ferramentas do mundo digital que permitem a análise geoespacial de fenômenos naturais e do meio ambiente. Pode-se citar uma aplicação destas geotecnologias em estudos sobre a gestão das águas.

Empresas e órgãos governamentais, que lidam com este bem natural essencial à vida humana, utilizam as geotecnologias. Apesar da larga adoção, este tipo de tecnologia da informação, em sua maioria, são software proprietário, cujos preços geralmente são altos, sendo que na área de geotecnologias existem poucos com baixo custo, que podem ser plenamente implantados por empresas de menor porte ou entidades governamentais com escassos recursos orçamentários para investimento em tecnologias digitais.

Então, se por um lado as geotecnologias estão disponíveis podendo auxiliar gestores públicos, governos e empresas em áreas fundamentais para a sociedade como a gestão dos recursos hídricos, por outro lado o custo imposto por elas é proibitivo para adoção massiva (MARTIN, 2019; ARAGÃO, PEREIRA, DA SILVA, 2022).

Neste contexto, as comunidades dos chamados Softwares Livres passaram a oferecer soluções gratuitas de geotecnologias. Isto se tornou uma alternativa viável frente ao alto custo imposto pelas soluções proprietárias. Tal fato permitiu a democratização deste tipo de tecnologia da informação beneficiando uma gama maior de usuários, bem como democratizando o seu uso.

O Software Livre é um programa de computador que pode ser utilizado, estudado, aperfeiçoado e copiado sem restrições (FSFLA, 2009; MARTIN, 2019). Dentre as vantagens deste tipo de software podem-se destacar a independência tecnológica de grandes corporações de tecnologia e a sua constante atualização sem, na maioria das vezes, ter que arcar com custos com licença de software (OSGEO, 2009). Desta forma, vários governos e empresas públicas ou privadas passaram a implementar as geotecnologias livres dentro dos seus processos de análise e tomada de decisão. Dentre as áreas que se beneficiaram deste tipo de tecnologia da informação, está a área de gestão das águas e saneamento básico. A próxima seção aborda exemplos de uso de geotecnologias livres neste contexto, que é o tema principal deste artigo.

Usos das geotecnologias livres para gestão das águas

O conjunto de tecnologias disponíveis na área de geotecnologias livres aplicadas no contexto da gestão dos recursos hídricos permitem a visualização espacial, por exemplo, da localização exata dos mananciais, matas ciliares, pontos de poluição e distribuição de água potável. O trabalho de Albuquerque (2018) aponta um exemplo do benefício direto do uso de geotecnologias livres no contexto da gestão das águas. Este estudo apresenta uma aplicação do SIG na área operacional com o objetivo de entender a situação da rede de distribuição de água. Com o SIG, pode-se visualizar os trechos mais suscetíveis a ocorrências que resultam em perdas de água.

Os autores Mickrenska-Cherneva e Mladenov (2020) destacam o desenvolvimento de um SIG para a melhoria da gestão e manutenção de redes de distribuição de água e esgotamento sanitário na companhia Water Supply and Sewerage Berkovitsa. De acordo com o trabalho, o uso deste tipo de geotecnologia é fundamental para a indústria de saneamento, que inclui um número de atividades complexas e relacionadas com análises de dados para identificar estruturas subterrâneas.

É importante destacar a diversidade de aplicação de uma implementação de geotecnologias na área de saneamento básico. O SIG, uma das principais geotecnologias, pode atender as várias dimensões de atuação do saneamento básico, como mostra o trabalho de Aderoju, Dias e Gonçalves (2020).

Aderoju, Dias e Gonçalves (2020) realizaram uma análise de locais adequados para aterro sanitário aplicando geotecnologias. Foram utilizadas no trabalho, análises espaciais que resultaram na identificação de seis potenciais locais para os aterros.

Sob a perspectiva da aplicação do uso de geotecnologias livres em diversos contextos, há uma possibilidade de adoção na área da educação ambiental. Este uso possibilita que estudantes conheçam os recursos hídricos de forma mais atrativa e interessante, uma vez que mapas digitais estarão disponíveis nas telas dos computadores, nas escolas e universidades.

Com as ferramentas computacionais de geotecnologias livres, é possível realizar estudos aprofundados da gestão dos recursos hídricos. Funcionalidades, como zoom-in, zoom-out e pan permitem que os estudantes, professores e pesquisadores naveguem nas telas dos computadores por dados geográficos com dados digitais importantes a respeito de rios, mananciais, matas ciliares, dentre outros.

O trabalho de Magalhães (2016) aborda o uso de um Sistema de Informação Geográfica Livre, para introduzir os conceitos de cartografia e do uso de geotecnologias nos estudos ambientais para alunos da rede pública de ensino, abordando a importância da conservação do meio ambiente. O estudo conclui que a adoção das geotecnologias livres se mostrou como uma metodologia adequada no ensino destas tecnologias aplicadas a estudos ambientais. O trabalho aponta que esta é uma metodologia de baixo custo de implantação e com boa aceitação entre docentes e discentes.

APORTES DA EDUCAÇÃO AMBIENTAL CRÍTICA

O uso racional da água é algo defendido há anos por ambientalistas em todo o Mundo. Para tanto, é importante investir em educação ambiental. Eventos extremos, cada vez mais frequentes nos últimos anos, como o desastre de Mariana no Brasil, em 2015, provocado pelo rompimento da barragem, os terremotos registrados no México e a crise hídrica de São Paulo 2021 e 2022, reacendem as discussões e as reflexões sobre a relação humanidade-natureza (PEREIRA, 2020).

Não por acaso, as empresas de saneamento básico estão investindo em educação ambiental objetivando, de forma pedagógica, educar as crianças para serem cidadãos conscientes no futuro, que promovam o respeito ao meio ambiente e preservação das águas (CEZAR, 2020). Algumas iniciativas são realizadas com ações em escolas visando explicar para as crianças a importância do meio ambiente, como não poluir as águas e preservar os mananciais.

A escola é o local apropriado para abordar os temas relacionados com a educação ambiental em função das atividades que o processo de ensino-aprendizagem oportuniza aos estudantes. No caso específico da gestão dos recursos hídricos, acredita-se que educar os estudantes deve ser uma prática cotidiana (OLIVEIRA, MACHADO, OLIVEIRA, 2015).

Miranda, Mendonça, Melo e Melo (2021) mostram um trabalho de educação ambiental realizado na Escola Municipal professora Maria Aparecida de Abreu. Neste trabalho, foi abordado o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável de número 6 da Agenda 2030, correspondente à preservação das águas. Houve, para este trabalho, o apoio da Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA), pois a escola era inscrita em programas desta empresa vinculados com ações voltadas para a comunidade escolar. Foram realizadas palestras com professores, estudantes, pais de estudantes, além de visitas à margem do rio Verde e na estação de tratamento de água da COPASA.

O trabalho de Handam et al. (2022) teve o objetivo de educar, sob o ponto de vista ambiental, os moradores da comunidade de Manguinhos no Rio de Janeiro. Esta comunidade foi escolhida para o estudo após a realização das análises da água, onde ficou evidente que os residentes da região careciam de orientações sobre

os cuidados com os recursos hídricos. Nesta região, 71% das amostras estavam contaminadas com coliformes fecais.

Os pesquisadores Handam et al. (2022) construíram um caderno de educação em saúde intitulado "Caderno de Saúde e Ambiente, volume temático número 1 - Água potável cuidados e dicas". Nesta cartilha, continham informações educativas com orientações para os moradores quanto ao uso correto da água visando preservar a sua qualidade. Segundo os autores deste trabalho, a cartilha possibilitou que os cidadãos adotassem medidas preventivas de doenças com boas práticas de higiene e limpeza dos reservatórios de água.

A Empresa Baiana de Águas e Saneamento (EMBASA), no ano de 2017, em conjunto com a Associação de Moradores do Bairro da Mata Escura da cidade de Salvador e a comunidade universitária iniciaram a despoluição das represas próximas da região. O critério de escolha dos moradores participantes do projeto foi a proximidade entre os imóveis ocupados e as represas. O trabalho contou com o apoio de professores, estudantes e pesquisadores (CHAVES, 2017).

Foi observado no estudo, que há uma grande lacuna entre o que é preconizado nas leis e resoluções da área ambiental e o que efetivamente acontece na realidade. Observou-se, ainda, que a escola não possui nenhum tipo de interação com as empresas e órgãos públicos que atuam com o manejo das águas, mesmo este tema sendo abordado em sala de aula (CHAVES, 2017).

Os desafios a essa mudança ganham mais importância se não ficarem limitados às ações pragmáticas, numa perspectiva de treinamentos isolados de um conjunto contextual maior. Essa é uma das principais reivindicações da Educação Ambiental Crítica, que busca desde sua origem conhecer e problematizar as origens dos problemas que afetam os modos de existência e de vida, tendo por referência o sistema capitalista, a luta de classes, as desigualdades sociais, os processos de exclusão que deixam à margem milhares de humanos de acesso aos bens públicos básicos a garantia da vida de inúmeras populações.

O referido horizonte problematiza os modos de gestão das águas desde os interesses implícitos nos hidronegócios até os interesses das empresas que se aliam em processos licitatórios de privatização onde o aumento do lucro e do poder é objetivo maior a ser alcançado. Nesse sentido a Educação Ambiental Crítica reconhece, que no sistema capitalista o uso de altas tecnologias nem sempre estão a serviço da democratização do acesso aos bens públicos. Ao contrário, na maioria das vezes estão a serviço da manutenção das relações de domínio dos humanos sobre os humanos e dos humanos sobre os demais entes da natureza.

Essa perspectiva epistemológica, política e pedagógica traz em seu bojo densas reivindicações por mudanças. Na raiz dessas mudanças está a busca por justiça ambiental. Esse processo possui uma clara orientação ético política em princípios que demarcam o campo de lutas por mais vida sob diferentes aspectos, como vemos:

- equidade na distribuição das consequências ambientais negativas, de forma que nenhum grupo social, étnico ou de classe suporte uma parcela desproporcional dessas consequências;
 - justo acesso aos bens ambientais do país;
 - amplo acesso às informações relevantes sobre as atividades poluentes, tais como o uso dos recursos naturais, o descarte de seus rejeitos e a localização das fontes de risco;
 - fortalecimento e favorecimento da constituição de sujeitos coletivos de direitos, isto é, de movimentos sociais e organizações populares capazes de interferirem no processo de decisão da política e da economia (LOUREIRO, LAYRARGUES, 2013, p.64).

Tomando por referência a gestão das águas no Brasil, a Educação Ambiental Crítica navega em processos contra hegemônicos podendo contribuir no descortinamento da lógica que orienta esses processos. Pode servir não só como horizonte de sugestão de novos acordos orientados em processos de equidade e democratização aos bens públicos, mas, fundamentalmente de revelar os interesses da privatização que mitiga as possibilidades quando coloca um bem público nas mãos dos donos do capital.

É justamente esse reconhecimento aqui que pode problematizar tanto a lógica das sociedades sustentáveis orientadas pelo horizonte dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), altamente comprometidos

com a lógica das economias neoliberais que podem, em muitos contextos, não promoverem a emancipação que se propõe, devido ao fato de que a noção de desenvolvimento está intimamente associada à noção de crescimento econômico que orienta o sistema capitalista, cuja racionalidade voltada ao lucro deixa à margem grande parcela da população.

De acordo com Jacobi e Barbi (2007, p.241) “Cabe aos usuários da água organizar-se e participar ativamente dos comitês, defender seus interesses quanto aos preços a serem cobrados pelo uso, assim como sobre a aplicação dos recursos arrecadados e sobre a concessão justa das outorgas dos direitos de uso”. Porém, muitas vezes a dificuldade dos usuários em compreender a linguagem técnico-científica e a ausência de organização e mobilização coletiva impede as ações e participações destes nos espaços deliberativos (DOS SANTOS SILVA, 2013). Carniatto (2007) propõe em seu estudo nas bacias dos Rios Xaxim e do Santa Rosa, no estado do Paraná, que sejam instituídos os Fóruns de Bacias. Um espaço voltado à participação da comunidade. “Portanto, propõe-se que a sociedade tenha um espaço definido, no qual poderá ser periódica e regularmente ouvida para a tomada democrática das decisões”.

E entende-se que os Fóruns das Microbacias [...] constituem-se espaços de EA e validação do planejamento proposto pelos Comitês das Microbacias, como parte do processo político de tomada de decisão. A construção de um espaço privilegiado de negociação dos conflitos entre os moradores, atores sociais, locais objetiva confrontar e articular os interesses nas definições de alternativas para a sociedade, sobre as ações que irão interferir no seu futuro (CARNIATTO, 2007, p.238).

Percebe-se assim, que embora o Brasil tenha leis antigas e diversos debates em relação à gestão das águas, a democratização do uso deste recurso ainda é um grande desafio a ser resolvido. E é nesse ponto que a soma das geotecnologias livres e da Educação Ambiental pode vir a agregar.

O ser humano ao compreender o funcionamento da gestão das águas dentro do sistema hegemônico, podendo usufruir de ferramentas tecnológicas acessíveis que facilitam tal entendimento, faz com que a sociedade se mobilize da melhor forma possível, junto aos órgãos públicos, para disponibilizar este recurso fundamental a todos, de maneira igualitária e com qualidade. Ou seja, acredita-se que adquirir uma visão descentralizada e participativa da gestão da água, auxilia na criação de novos espaços de discussão e tomada de decisões entre múltiplos atores sociais para um uso mais democrático deste bem natural. Isto pode ser alcançado e potencializado com a adoção correta de tecnologias da informação, mais especificamente, de geotecnologias livres e gratuitas que não exigem custos de implantação.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pensar os processos de democratização das águas pelo viés das geotecnologias de softwares livres consiste num movimento contra hegemônico a uma ampla indústria de negação do acesso ao bem público das águas. Daí a importância da Educação Ambiental Crítica em sua defesa política da comunidade e em especial, da emergência de movimentos sociais populares no debate sobre o acesso ao bem público da água. Caso seja ignorada essa etapa, o que temos como conclusão são as consequências não só da falta de acesso ao bem, como do desconhecimento sobre o porquê não o possuímos.

As geotecnologias livres trouxeram para as telas dos computadores o acesso a diversas funcionalidades para consultas e manipulação de mapas digitais. Por serem livres, elas popularizaram e democratizaram o acesso aos dados geográficos e as análises espaciais para uma quantidade de usuários muito maior. Usuários não especialistas da área de tecnologia da informação puderam acessar, consultar e disponibilizar mapas digitais em ambiente Web ou dispositivos móveis. Pode-se citar o exemplo do GoogleMaps, um Sistema de Informação Geográfica disponível na Web, que dispõe de dados geográficos sobre as ruas, o trânsito, além de imagens de satélite das cidades do mundo. Trazendo isso para o contexto ambiental, pode-se afirmar que este tipo de geotecnologia promove um conjunto de ferramentas que auxilia na gestão dos recursos hídricos, por

meio do uso de mapas digitais contendo a localização exata destes recursos, bem como a sua exploração por meio da infraestrutura de distribuição de água potável.

A Educação Ambiental Crítica reivindica então, para além de softwares livres, a participação efetiva, problematizadora e compreensiva sobre os caminhos entre a existência da água, enquanto bem público e a sua mitigação de acesso até a população, principalmente, aquelas que ficam em regiões geográficas menos favorecidas. Nesse sentido a Educação Ambiental Crítica pode ser muito fecunda, desde processos de desmistificação da realidade das águas até processos que possam contribuir para o acesso democrático ao bem público.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGENDA 21. *Agenda 21 Global*. 2022. Acesso em: 16/02/2023.

ABRAHÃO, N. *Aplicações GIS para Empresas de Saneamento Básico*. Ed. ABES, São Paulo-SP, 2020.

ADEROJU, O. M.; DIAS, G. A.; GONÇALVES, A. J. A GIS-based analysis for sanitary landfill sites in Abuja, Nigeria. *Environment, Development and Sustainability*. 22, p. 551–574, 2020. Doi: <https://doi.org/10.1007/s10668-018-0206-z>.

ALBUQUERQUE, B. A. Modelo utilizando sistema de informações geográfica para análise multicritério de redes de distribuição de água. *Anais do 29 Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente*. 2018. Disponível em: <http://tratamentodeagua.com.br/wp-content/uploads/2019/06/38-ta.pdf>. Acesso em: 16/02/2023.

ARAGÃO, H. G.; CAMPOS, J. A. P. *SIG WEB Builder: Uma ferramenta para o desenvolvimento de SIG Web em ambientes livres e gratuitos*. 2009. Disponível em: <https://tede.unifacs.br/tede/bitstream/tede/277/1/Dissertacao%20Helder%20Guimaraes%20Aragao.pdf>. Acesso em: 22/02/2023.

ARAGÃO, H. G.; PEREIRA, V. A.; DA SILVA, R. F. Geotecnologias livres e gratuitas aplicadas à gestão do saneamento básico: um estudo de caso na empresa baiana de águas e saneamento. *Revista de Gestão Social e Ambiental - RGSA*, v. 16, n. 2, 2022. Doi: <https://doi.org/10.24857/rgsa.v16n2-018>.

BRASIL. *LEI 11.445/2007*. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico; cria o Comitê Interministerial de Saneamento Básico. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2007/lei-11445-5-janeiro-2007-549031-publicacaooriginal-64311-pl.html>. Acesso em: 18/02/2023.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. *LEI 6.938/81*. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/1980-1987/lei-6938-31-agosto-1981-366135-publicacaooriginal-1-pl.html>. Acesso em: 18/02/2023.

CARNIATTO, I. Subsídios para um processo de gestão de recursos hídricos e educação ambiental nas sub-bacias Xaxim e Santa Rosa, bacia hidrográfica Paraná III. 2007. 276 f. *Tese (Doutorado em Engenharia Florestal)* - Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2007. Disponível: <http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br/handle/123456789/4993>. Acesso em: 24/02/2023

CEZAR, C. *O Mundo de Cacao*. 24 p. Ed. Labrador, São Paulo – SP, 2020.

CHAVES, D. R. Educação Ambiental na escola municipal do Cabula I: Processos de valorização, mobilização e articulação entre escola, comunidade e instituições públicas em prol do horto florestal do cabula. *Anais da 38 Reunião Nacional Anped*. 2017. Disponível em: http://38reuniao.anped.org.br/sites/default/files/resources/programacao/trabalho_38anped_2017_GT22_1060.pdf. Acesso em: 17/02/2023.

CONSTANTINOV, G. N. Novos paradigmas dos créditos ambientais. In: *Direito Ambiental: o meio ambiente na contemporaneidade*. Belo Horizonte: Fórum. 2010.

DOS SANTOS SILVA, T. A governança das águas no Brasil e os desafios para a sua democratização. *Revista da Universidade Federal de Minas Gerais*, v. 20, n. 2, p. 236-253, 2013. Doi: <https://doi.org/10.35699/2316-770X.2013.2699>.

- DOS SANTOS, C.; PEDROTTI, A.; LISBOA DE MATOS, A.; SILVA DE SANTANA, A. P. (1). A cartografia e o ensino da geografia. *Revista Geográfica de América Central*, v. ., n. 47E, 2011. Disponível em: <https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/geografica/article/view/2747>. Acesso em: 17/02/2023.
- GALINDO, E. F. Cidades e suas águas: a interface gestão urbana / gestão de recursos hídricos para a sustentabilidade ambiental. *Tese de Doutorado em Desenvolvimento Urbano*, Universidade Federal de Pernambuco. Recife. 194 p. 2009. Disponível em: https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/3011/1/arquivo2482_1.pdf. Acesso em: 20/02/2023.
- HANDAM, N. B.; SALLES, M. J.; MARTINS, A. S.; SANTOS, J. A. Qualidade sanitária da água para consumo humano: educação ambiental e em saúde -cartilha “Água potável: cuidados e dicas”. *Brazilian Journal of Development*. v. 8, n. 4, p. 23858-23867, 2022. Doi: <https://doi.org/10.34117/bjdv8n4-075>.
- JACOBI, P; R.; BARBI, F. Democracia e participação na gestão dos recursos hídricos no Brasil. *Revista Katálisis*, v. 10, p. 237-244, 2007. Doi: <https://doi.org/10.1590/S1414-49802007000200012>.
- LONGLEY, P. A.; GOODCHILD, M. F.; MGUIRE, D. J.; RHIND, D. W. *Geographic Information Systems and Science*. Chichester: John Wiley & Sons. 2005.
- LOUREIRO, C. F. B.; LAYRARGUES, P. P. Ecologia política, justiça e educação ambiental crítica: perspectivas de aliança contra-hegemônica. *Trabalho, Educação e Saúde (Online)*, v. 11, p. 53-71, 2013. <https://doi.org/10.1590/S1981-77462013000100004>
- MAGALHAES, T. L. Jogos de geotecnologia para o ensino de estudos ambientais no ambiente escolar: experiência de Santarém (PA). *Revista Brasileira de Educação Ambiental (RevBEA)*, v. 11, n. 2, p. 313-323, 2016. Doi: <https://doi.org/10.34024/revbea.2016.v11.2073>.
- MARTIN, G. *Water Industry GIS Capabilities Survey Results*. 2019. Disponível em: <https://spatialvision.com.au/wp-content/uploads/2019/04/2018-19-GIS-in-Water-Industry-Report-SPATIALVISION-V1.pdf>. Acesso em: 16/02/2023.
- MICKRENSKA-CHERNEVA, C.; MLADENOV, R. Implementação da Aplicação SIG para as Necessidades da Empresa de Água. *Geomática e Engenharia Ambiental*, v. 14, n.4, pág.47-56, 2020. Doi: <https://doi.org/10.7494/geom.2020.14.4.47>.
- MIRANDA, D. L.; MENDONÇA, A. T.; MELO, M. C.; MELO, E. D. Educação Ambiental a partir da agenda 2030: experiências da conscientização e do uso racional da água em uma escola municipal de Varginha (MG). *Revista Brasileira de Educação Ambiental*. v. 16, n. 2, 2021. Doi: <https://doi.org/10.34024/revbea.2021.v16.10951>.
- MOURA, A. M. M. de. Trajetória da política ambiental federal no Brasil. In: *Governança Ambiental no Brasil: instituições, atores e políticas públicas*. p. 13-43. Ed. Ipea. Disponível em: <https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/8470/1/Trajet%C3%B3ria%20da%20pol%C3%ADtica%20ambiental%20federal%20no%20Brasil.pdf>. Acesso em: 20/02/2023.
- OLIVEIRA, J. T.; MACHADO, R. C.; OLIVEIRA, E. Educação Ambiental na escola: um caminho para aprimorar a percepção dos alunos quanto à importância dos recursos hídricos. *Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista*. v. 11, n. 4, 2015. Doi: <https://doi.org/10.17271/1980082711420151293>.
- PEREIRA, V. A. Existências ameaçadas: A Educação Ambiental em tempos de COVID-19. *Brazilian Journal of Development*. v. 6, n. 4, p. 21254-21271, 2020. Doi: <https://doi.org/10.34117/bjdv6n4-337>.
- SEKYERE, C. K.; DAVIS, F.; FIAGBE, A.; AMOO, R. Techno-Economic Assessment of Non-Revenue Water: A Case Study at AER, GWCL. *Journal of Water Resource and Protection*. v. 15, n. 6, p. 480-494, 2020. Doi: [10.4236/jwarp.2020.126029](https://doi.org/10.4236/jwarp.2020.126029).
- SOUZA, Wayner V.; SANTOS, Simone M. Análise Espacial de Dados de Áreas. In: SANTOS, S.M.; SOUZA, W. V. (Org.). *Introdução à Estatística Espacial para a Saúde Pública*. Brasília: Ministério da Saúde; Rio de Janeiro: Fundação Oswaldo Cruz, 2007. p. 62-78.
- TUCCI, C. E. M. *Gestão da água no Brasil*. Brasília, DF: UNESCO, 2001. 156 p.
- United Nations World Water Assessment Programme. *The United Nations World Water Development Report 201: Water for a Sustainable World*. UNESCO, 2015

ZIGLIO, L. Geografia Política da Água. *Ambiente e Sociedade*(Campinas), v. 11, n.2, p. 447-450, 2008. Doi: <https://doi.org/10.1590/S1414-753X2008000200017>.