**BACIAS HIDROGRÁFICAS INTELIGENTES E SUSTENTÁVEIS: UMA PROPOSTA A PARTIR DO ESTUDO DE CONCEITOS E APLICAÇÕES SOBRE CIDADES INTELIGENTES**

**SMART WATERSHEDS SUSTAINABLE: A PROPOSAL BASED ON THE STUDY OF CONCEPTS AND APPLICATIONS ABOUT SMART CITIES**

**CUENCAS HIDROGRÁFICAS INTELIGENTES Y SOSTENIBLE: UNA PROPUESTA BASADA EN EL ESTUDIO DE CONCEPTOS Y APLICACIONES SOBRE LAS CIUDADES INTELIGENTES**

Emílio José Biasi[[1]](#footnote-1)

Orandi Mina Falsarella[[2]](#footnote-2)

Duarcides Ferreira Mariosa[[3]](#footnote-3)

**Resumo:** As Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) proporcionam melhora na qualidade de vida das pessoas, como é o caso das cidades inteligentes. Com as mudanças climáticas e as crises hídricas, é fundamental melhorar a gestão dos recursos hídricos. Este trabalho busca estudar os conceitos e aplicações de cidades inteligentes e ver como eles podem contribuir para a gestão sustentável dos recursos hídricos em bacias hidrográficas. O estudo é de caráter exploratório e qualitativo e apresenta aplicações que podem tornar mais inteligente a gestão da água nas bacias hidrográficas.

**Palavras-chave:** Gestão de recursos hídricos. Cidades inteligentes. Tecnologias da informação e comunicação. Bacias hidrográficas inteligentes.

**Abstract:** Information and Communication Technologies (ICT) improve people's quality of life, as is the case with smart cities. With climate change and water crises, improving the management of water resources is critical. This work seeks to study the concepts and applications of smart cities and see how they can contribute to the sustainable management of water resources in watersheds. The study is of an exploratory and qualitative nature and presents applications that can make water management in in watersheds more intelligent.

**Keywords:** Water resources management. Smart cities. Information and communication technologies. Smart watersheds.

**Resumen:** Las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) mejoran la calidad de vida de las personas, como es el caso de las ciudades inteligentes. Con el cambio climático y las crisis del agua, es fundamental mejorar la gestión de los recursos hídricos. Este trabajo busca estudiar los conceptos y aplicaciones de las ciudades inteligentes y ver cómo pueden contribuir a la gestión sostenible de los recursos hídricos en las cuencas hidrográficas. El estudio es de carácter exploratorio y cualitativo y presenta aplicaciones que pueden hacer más inteligente la gestión del agua en las cuencas hidrográficas.

**Palabras-clave:** Gestión de los recursos hídricos. Ciudades inteligentes. Tecnologías de la información y la comunicación. Cuencas hidrográficas inteligentes.

**Submetido XX/XX/2022 Aceito XX/XX/202 Publicado XX/XX/2023**

**Introdução**

Quando o crescimento econômico é desenvolvido de modo sustentável proporcionando qualidade de vida às pessoas que vivem em determinado espaço, decorrente de investimentos em capital humano e social e com infraestrutura moderna, é possível relacionar essa situação com o conceito de cidades inteligentes (CARAGLIU et al, 2011). Nam e Pardo (2011) complementam ao afirmar que as cidades inteligentes devem possuir sistemas integrados com soluções inovadoras com a finalidade de proporcionar melhoria na qualidade dos serviços oferecidos aos cidadãos.

Toppeta (2010) afirma que as soluções inovadoras para gerenciar a complexidade das cidades devem utilizar facilidades das Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) para que possam ser implementadas. Yigitcanlar et al (2018) complementam ao afirmar que a combinação de capital humano, capital social e TIC contribuem para o desenvolvimento de políticas públicas e desenvolvimento sustentável que permitem melhor convívio da sociedade reforçando o conceito de cidades inteligentes e sustentáveis.

Com base nas principais contribuições dos estudos brasileiros sobre o desenvolvimento de cidades inteligentes, Lazzaretti et al (2019) expõem algumas tecnologias e/ou aplicações. As áreas exploradas incluem o aprimoramento das TICs para facilitar a gestão urbana, a criação de soluções, dispositivos ou sensores para monitorar questões urbanas, a implementação de dispositivos para promover a participação cidadã na administração municipal e o desenvolvimento de soluções para uma gestão mais eficiente dos recursos naturais, como a energia, em cidades inteligentes.

Nos conceitos encontrados na literatura sobre cidades inteligentes, como alguns que foram apresentados até agora, nota-se que para gerenciar a complexidade das cidades, proporcionar melhor qualidade de vida para as pessoas, se preocupar com ações que tragam responsabilidade social e sustentabilidade e melhorar os serviços prestados pelo poder público, é fundamental a utilização de TIC que são responsáveis por coletar dados, processá-los e analisá-los e disseminar informações para auxiliar as atividades das pessoas físicas ou jurídicas sejam elas operacionais, táticas ou estratégicas.

Quando se pensa uma cidade, seja ela de que tamanho for o seu espaço físico ou número de habitantes, é uma entidade complexa, pois possui muitos atores que convivem e trabalham em um mesmo espaço produzindo riquezas, pagando seus impostos, recebendo serviços prestados pelo poder público e convivendo com seus pares preferencialmente em harmonia para o bem da coletividade. Pensando neste espaço complexo, ao introduzir o conceito de cidades inteligentes com a utilização de TIC, espera-se que as aplicações decorrentes do uso melhorem a convivência das pessoas.

Um dos grandes problemas das cidades é fornecer os insumos necessários que para as pessoas possam continuar vivendo no espaço adequadamente. Um dos insumos mais importantes e que tem afetado a gestão pública é a água, que em muitas situações é escassa, decorrente de crises hídricas causadas por mudanças climáticas. Segundo Gleick e Iceland (2018), a segurança hídrica é alcançada quando, em termos territoriais, há a garantia de que uma quantidade adequada de água seja fornecida aos consumidores com a qualidade, volume e continuidade necessários para sustentar a vida.   No entanto, a disponibilidade de água está em um espaço mais complexo do que uma cidade conhecida como bacia hidrográfica, pois além de possuir várias cidades com populações urbanas, ela contém a população rural e outros seres vivos que também dependem de água para a sua sobrevivência.

De acordo com Borsato e Martoni (2004), as bacias hidrográficas são áreas que possuem limites estabelecidos por divisores de água, os quais as separam de outras bacias e permitem a captação natural de água proveniente de precipitações nas superfícies inclinadas. Por meio de uma rede de drenagem formada pela união dos cursos d'água, os fluxos convergem para a seção de exutório, que corresponde ao ponto de saída.

Assim, diante da complexidade desta temática, será que os conceitos e aplicações sobre cidades inteligentes não poderiam ser úteis e adaptáveis no contexto de uma bacia hidrográfica para auxiliar na gestão de recursos hídricos em uma bacia hidrográfica?

Portanto, esse trabalho tem como objetivo estudar os conceitos e aplicações sobre cidades inteligentes e verificar como eles podem contribuir para a criação de aplicações úteis e que possam ser utilizadas nas bacias hidrográficas no sentido de contribuir para melhorar a gestão de recursos hídricos.

**Cidades inteligentes, conceitos, tecnologias e aplicações**

Durante a década de 90, a discussão acerca das novas Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) e seu impacto nas áreas urbanas era abordada por meio do conceito de "cidades digitais", termo no qual foi desenvolvido o princípio do surgimento das cidades inteligentes.

Segundo Lemos (2013),

o objetivo era dotar esse espaço de uma infraestrutura digital eficiente, como forma de estímulo a processos inovadores nas estruturas de governo, nas empresas e no comércio. A intenção era reaquecer o ambiente público, ampliar os laços comunitários e a participação política (LEMOS, 2013, p. 46).

Diante da ideia proposta, com o acesso a equipamentos tecnológicos e redes digitais amplamente democratizadas, a inclusão social seria atingida. Já em relação a esfera política, diversas ferramentas e softwares seriam um maior atrativo, uma vez que esses mecanismos visam garantir maior transparência, descentralizando assim, o poder, distribuindo-o aos cidadãos (LEMOS, 2013). Já a infraestrutura tecnológica inteligente, sendo uma das bases e fundamentos para projetos de uma cidade inteligente, é nada menos que a disseminação pelo ambiente urbano de dispositivos eletrônicos para coleta, processamento e transmissão de dados (FARIAS et al, 2011).

Por meio de sensores integrados com sistemas de monitoramento em tempo real, é possível que o governo interaja diretamente com a infraestrutura da cidade e com sua comunidade, fazendo monitoramento do que acontece durante o dia a dia. As análises sobre a evolução da cidade, tendo como base a grande massa de dados diária coletadas, examinadas e disponibilizadas pelos equipamentos, são utilizadas como chave para eliminação de possíveis ineficiências dentre os espaços urbanos e a desigualdade (CUNHA; BARACHO, 2019).

Segundo professor Kon e Santana (2016), garantir a segurança e privacidade dos cidadãos e dos próprios sistemas da cidade, o gerenciamento e processamento das grandes massas de dados, oferecer escala adaptativa que acompanhe o crescimento populacional local, lidar com a grande variedade de dispositivos como sensores e smartphones e permitir que os diversos sistemas e organizações trabalharem em conjunto de forma interativa na troca de informações de maneira eficaz e eficiente, são alguns dos maiores desafios.

Giffinger et al (2007) classifica algumas dimensões que servem de ferramenta para a verificação do quão inteligente uma cidade é. A primeira dimensão é a Economia inteligente, que, por meio de análises pautadas na qualidade das empresas instaladas e o ambiente para o empreendedorismo, é capaz de avaliar o nível de preparação de uma cidade. A segunda dimensão é a População Inteligente, que, por fatores educacionais, renda, emprego, programas de educação científica e tecnológica e projetos de inclusão digital, é medido o desenvolvimento dos cidadãos. A terceira dimensão é a Governança Inteligente, a qual se mede qualidade e transparência dos órgãos públicos por meio da usabilidade de serviços públicos, sua transparência em relação aos dados, investimentos em tecnologia e a gestão transparente dos recursos. A quarta dimensão é a Mobilidade Inteligente, que diante dos meios dos diversos transportes possíveis, é capaz de medir a facilidade de mobilidade no espaço da cidade. A quinta dimensão é o Meio-Ambiente Inteligente, que ao analisar a poluição ambiental, quantidade de lixo reciclado e a eficiência no uso de recursos, é capaz de medir a sustentabilidade da área. A sexta e última dimensão é a Vida Inteligente, essa dimensão utiliza como parâmetros a taxa de homicídios, quantidade de áreas verdes, segurança, cultura, entretenimento, entre outros, com todos esses dados, é possível obter uma base para medir a qualidade de vida dos cidadãos.

Ao analisar-se os conceitos de cidades inteligentes, é possível notar algumas TICs que aparecem com mais frequência, as quais compõem a infraestrutura de suas aplicações. Entre todos os recursos avançados, os vocábulos Internet das Coisas, do inglês Internet of Things (IoT), Big Data, Computação em Nuvem e Inteligência Artificial são indispensáveis.

**Internet of Things (IoT)**

Olhando para o termo Internet das Coisas (IoT), é possível explorar os conceitos das palavras "Internet" e "Coisas". Com a "Internet" obtém-se o protocolo de comunicação, já no sentido da palavra "Coisas", são apenas objetos não identificados com precisão. Com isso, semanticamente, o termo completo representa uma infraestrutura global de dispositivos conectados, utilizando protocolos de comunicação (BASSI; HORN, 2008).

Para Carrion e Quaresma (2019), em suma

a Internet das Coisas trata-se de um ecossistema que conecta objetos físicos, através de um endereço de IP (Internet Protocol, ou Protocolo de Internet) ou outra rede, para trocar, armazenar e coletar dados para consumidores e empresas através de uma aplicação de software (CARRION; QUARESMA, 2019, p.53).

Olhando para essa possibilidade de conexão de praticamente todos os objetos de nosso cotidiano, a importância atual da IoT na sociedade fica muito mais aparente e relevante. Com a vasta diversidade de dispositivos conectados, que pode abranger desde simples aparelhos domésticos até ferramentas industriais mais sofisticadas, a IoT pode permitir a comunicação entre pessoas e objetos e entre os próprios objetos.

Com a combinação de aspectos de tecnologias da computação, protocolos de comunicação da internet, redes de sensores sem fio, tecnologias de sensoriamento e comunicação juntamente com dispositivos equipados com tecnologias avançadas, o IoT torna o ambiente cada vez mais integrado e inteligente (JOÃO; SOUZA; SERRALVO, 2020).

Exemplos de aplicação de IoT no contexto das cidades inteligentes podem ser monitoramentos do fluxo de veículos, ocupação e reservas de espaços de estacionamento, segurança e vigilância, bem como a avaliação e controle da qualidade do ar, alterações climáticas, entre diversos outros pontos impactantes na vida dos cidadãos (KRISHNAMACHARI et al, 2018).

**Big Data**

Outra tecnologia que também é imprescindível em aplicações de cidades inteligentes é o Big Data. Ward e Barker (2013) descrevem que o termo Big Data está predominantemente associado a duas ideias: armazenamento de dados e análise de dados. Gandomi e Haider (2015) apresentam três dimensões: O Volume que representa os múltiplos terabytes e petabytes disponíveis atualmente; a Variedade que trata da diversidade dos tipos de conjuntos de dados possíveis e sua heterogeneidade, podendo ser dados estruturados que são tabulados e armazenados em bases de dados relacionais; os semiestruturados, que por sua vez possuem capacidade de serem legíveis por máquinas e, por fim, os não-estruturados, como textos, imagens e vídeos; e a Velocidade se refere à taxa e velocidade de geração dos dados e seu tempo de análise.

Duas novas dimensões foram incorporadas a Veracidade que está relacionada à confiabilidade dos dados, e o Valor que trata da necessidade de enriquecer os dados brutos e não processados, extraindo conhecimento de nível superior para uso em diferentes cenários (DEBATTISTA et al, 2015).

Com o Big Data presente nas cidades torna-se possível o armazenamento e processamento eficiente de dados, gerando assim, informações úteis que possuem o potencial de aprimorar os diversos serviços que a cidade disponibiliza. Servindo como base de dados e análise de informações, a tecnologia Big Data pode ser encontrada em vários setores como analisando e gerenciando dados de consumo de energia dos cidadãos, gerando dados no setor da saúde, fornecendo dados ao departamento de transporte relacionados ao tráfego de veículos entre outras (COUTINHO, 2019).

**Computação em Nuvem**

Com a necessidade de construir infraestruturas de TIC complexas, as quais envolvem operações de instalação, configuração e atualização de software por meio do usuário, surge a computação em nuvem (SOUSA; MOREIRA; MACHADO, 2009). Taurion (2009) afirma que a computação em nuvem é uma expressão que descreve um ambiente de computação com base em uma rede de servidores, tanto virtuais, quanto físicos.

A computação em nuvem seria um novo modelo de computação, no qual é capaz de fornecer liberdade no acesso de serviços e aplicações independentemente da localidade em que o usuário se situa, da sua plataforma de acesso e, principalmente, onde e em quais servidores os dados e as informações estão ou serão armazenados. Para a execução deste modelo, todas as aplicações e os dados e informações são reunidos em data centers. A partir desta junção de dados no centro de armazenamento, a infraestrutura e as aplicações, por meio da internet, são compartilhadas em formato de serviços (PEDROSA; NOGUEIRA, 2011).

Uma aplicação que mostra o funcionamento da computação em nuvem na prática é a plataforma criada na Itália, para melhorar a experiência do turista. Com base na lista de pontos de interesse que cada turista monta, o aplicativo é capaz de retornar a melhor sequência de visita dos pontos turísticos, maximizando assim a quantidade de lugares visitados durante o tempo de viagem. Além disso, é possível visualizar os horários de funcionamento e tamanhos de filas em cada estabelecimento (KON; SANTANA, 2017).

**Inteligência artificial**

A inteligência artificial (IA) é um campo de estudo que é capaz de automatizar e sistematizar tarefas intelectuais de modo que suas aplicações passam a ter forte potencial nas mais diversas esferas das atividades humanas (RUSSELL; NORVIG, 2004).

Ao decorrer do tempo, muitos estudos foram realizados sobre o assunto que resultaram em quatro linhas de pensamento para elaboração do conceito de IA. A primeira linha está relacionada a sistemas que pensam como humanos, a segunda diz respeito a sistemas que atuam como humanos, a terceira a sistemas que pensam racionalmente e a quarta linha reforça sobre sistemas que atuam racionalmente (GOMES, 2010). A primeira e a terceira linha argumentam sobre o processo de pensamento e raciocínio, já a segunda e a quarta tocam o comportamento. Ademais, a avaliação do sucesso com base na semelhança ao desempenho humano é examinada nas duas primeiras linhas, já a medição do sucesso em relação a inteligência e racionalidade são medidas pelas duas últimas linhas de pensamento (RUSSELL; NORVIG, 2004).

Ao introduzir IA, Kaufman (2019), partindo da junção de definições já fundamentadas por grandes nomes no assunto como Davi Geiger e John McCarthy, faz um fechamento muito interessante, ao afirmar que a inteligência artificial é a ciência e a engenharia da criação de máquinas que possuam funções exercidas pelo cérebro dos humanos.

Para melhor visualização do funcionamento de IA nas cidades, a proposta de aplicação e-Noé é um ótimo exemplo, uma proposta de solução para monitoramento de rios e córregos urbanos por meio de uma rede de sensores sem fio. Com a IA, é possível que previsões de enchentes sejam feitas, uma vez que diversos sensores submersos são instalados em pontos estratégicos ao longo dos rios propensos a alagamentos, com o objetivo de monitorar o leito do rio e registrar qualquer alteração no nível da água. Pensando no setor de transporte, a IA consegue ser utilizada para calcular o tempo de conclusão da rota de transportes públicos levando em consideração velocidade média do veículo, congestionamento, dia da semana e até mesmo informações climáticas. De forma geral, a IA pode ser utilizada de diversas formas para uma infinidade de finalidades (CRUZ; BARCELLOS; BERNARDINI, 2020).

Dentre os diversos conceitos existentes de cidades inteligentes, é possível notar a semelhança em seus fundamentos, objetivos e embasamentos, que trabalhando em conjunto, visam realizar aplicações a partir da utilização de TIC como as descritas anteriormente, juntamente das ideias sustentáveis, a ponto de oferecer melhores serviços a seus cidadãos.

A seguir são apresentadas na tabela 1, a partir da literatura consultada, algumas aplicações de cidades inteligentes que serão analisadas para avaliar se elas ou suas tecnologias podem ser utilizadas no contexto das bacias hidrográficas e na gestão dos recursos hídricos.

Tabela 1 - Aplicações de cidades inteligentes.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **NOME DA APLICAÇÃO** | **DESCRIÇÃO** | **CITAÇÃO** |
| Serviços Inteligentes para a Coleta de Lixo. | Implementação de uma rede de sensores que emite notificações quando as lixeiras urbanas atingem sua capacidade máxima. (Barcelona - Espanha) | KON; SANTANA (2016) |
| Incentivo do Uso de Formas Sustentáveis de Transporte. | Instalação de pontos de recarga elétrica de carros pela cidade e projeto de bicicletas compartilhadas. (Barcelona - Espanha) | KON; SANTANA (2016) |
| Centro de Operações do Rio de Janeiro (COR) | Órgãos e agências que monitoram 24 horas por dia o cotidiano da cidade do Rio de Janeiro, Brasil. O objetivo é gerenciar e ter controle de possíveis crises que possam afetar os cidadãos e empresas, destacando os deslizamentos, as condições de tráfego, condições do mar, entre outros, que podem impactar a população que vive na cidade. O sistema possui captação de imagens através de mais de 500 câmeras instaladas e dados recebidos por sensores que também são estrategicamente instalados ao redor da cidade. Estes dados são completamente integrados para visualização, monitoramento e análise em uma sala de controle, permitindo assim, que tomadas de decisões e a solução dos problemas sejam realizadas em tempo real. | WEISS; BERNARDES; CONSONI (2013) |
| Centro Integrado de Comando (CEIC) | Câmeras interconectadas de alta capacidade na cidade de Porto Alegre, Brasil, com sensores de movimento por infravermelho, sensores de deslocamento e recursos de ampliação de imagens que auxiliam no monitoramento de praças, vias, prédios e monumentos públicos. O centro de comando possui monitoramento georreferenciado que acompanha a posição e os deslocamentos das viaturas e sensores pluviométricos para nivelamento de rios. | WEISS; BERNARDES; CONSONI (2013) |
| Sistema de Controle de Trânsito Adaptativo em Tempo Real | Laços indutivos instalados nas vias públicas da cidade de Porto Alegre, Brasil que captam o fluxo de tráfego alternando o estado dos semáforos de forma automática com o objetivo de reduzir a taxa de emissão de gases e acelerar o tempo de circulação dos veículos. | WEISS; BERNARDES; CONSONI (2013) |
| Monitoramento de ônibus inteligentes | Dispositivos GPS instalados nos ônibus da cidade do Recife, Brasil, são fonte de dados reais, o monitoramento é realizado sobre a velocidade média de cada ônibus. A aplicação retorna para o cliente o posicionamento de cada ônibus no mapa, e com o cálculo de velocidade média, um alerta é disparado sobre as condições de trânsito sempre que uma baixa velocidade é detectada. | BORJA; GAMA (2014) |
| National Education Network (NEdNet) | Sistema integrado que inclui serviços de informação sobre educação (SIA), infraestrutura de rede e serviços de aprendizagem na Tailândia, auxiliando assim, o raciocínio de quem possui maior conhecimento e leciona, apoia a aprendizagem autodirigida e personalizada com base no estudante, e o apoio à decisão. | AL NUAIMI, et al. (2015) |
| Horizon Scanning Centre (HSC) - Recursos Naturais e Energia | Consiste em um projeto do Reino Unido que, através de análises aprofundadas sobre múltiplos canais de dados (Big Data), aborda sobre as mudanças climáticas e seu impacto na disponibilidade de alimentos e água, nas tensões regionais e na estabilidade e segurança nacional. | AL NUAIMI, et al. (2015) |
| Risk Assessment and Horizon Scanning (RAHS) - Segurança Pública | Atua no âmbito do Centro Nacional de Coordenação de Segurança que recolhe e analisa conjuntos de dados em grande escala gerenciando proativamente ameaças, como ataques terroristas, doenças infecciosas e crises financeiras. Uma aplicação que capacita a realização de projeções e possíveis cenários. | AL NUAIMI, et al. (2015) |
| Melhora na Experiência do Turista | Plataforma que consiste em aprimorar a experiência do turista maximizando a quantidade de lugares visitados durante o tempo de viagem. | KON; SANTANA (2017) |
| e-Noé | Aplicação capaz de prever possíveis enchentes com a utilização de IA. Composta por uma malha de sensores sem fio submersos em diversos locais de rios propensos a enchentes, essa rede monitora o leito do rio para registrar e identificar alterações no nível da água. | CRUZ; BARCELLOS;BERNARDINI (2020) |

**Fonte:** Elaboração própria (2023).

**Bacias hidrográficas e gestão dos recursos hídricos**

Na literatura existem muitos estudos sobre bacias hidrográficas e a sua evolução acontece pela grande importância do termo que está fortemente relacionado a gestão dos recursos hídricos devido às mudanças climáticas e da possível escassez de água. Dentro da temática gestão hídrica, as bacias hidrográficas são base e referência de estudos, dessa forma, fica eminente a importância de gestores e pesquisadores obterem domínio do conhecimento sobre as bacias e suas subdivisões (TEODORO et al, 2007).

Segundo Tucci (2001), a bacia hidrográfica é uma região onde ocorre a coleta natural da água proveniente da precipitação, direcionando o fluxo para um único ponto de saída. A bacia hidrográfica é formada por um conjunto de superfícies vertentes, ou seja, superfícies as quais possuem certo nível de inclinação que possibilitam o escoamento de água; e de uma rede de escoamento composta por cursos d'água que se unem até formar um único canal em seu exutório, parte mais baixa do trecho do curso d'água principal. Para Porto e Porto (2008), bacias hidrográficas são entes sistêmicos, uma vez que nelas são realizados processos de entrada de água, como a chuva, e processo de saída da água pelo exutório, formando assim bacias e sub-bacias interconectadas. Dentro do território de uma bacia hidrográfica realizam-se as atividades humanas, essa área de gestão abrange áreas urbanas, agrícolas, áreas de preservação e industriais, fornecendo água para todo esse espaço.

Para que toda água seja disponível de modo que atenda a quantidade e qualidade requisitada, seja por qualquer atividade ou processo humano, uma boa gestão hídrica deve existir. Atualmente, o uso descontrolado da água em diversos setores prejudica fortemente a segurança hídrica de determinadas regiões. Tundisi (2003) alega que aproximadamente 2,5% da água existente no planeta é doce, porém apenas 0,5% das águas são disponíveis para consumo e fornecimento para necessidades humanas. Além da porcentagem assustadoramente baixa de água disponível, a grande desigualdade na distribuição de água ao redor do mundo aumenta a tensão e preocupação referente a execução de gestões hídricas adequadas, rígidas e eficazes.

Assim, o grande benefício que um bom processo de gestão de recursos hídricos pode trazer é ter dados e informações sobre como está a disponibilidade de água na bacia hidrográfica e o que pode afetar a segurança hídrica, o que pode ser obtido por meio das TIC.

O conceito de segurança hídrica surgiu na década de 90 e no Brasil foi institucionalizado a partir da Lei Federal Nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997 que criou a política Nacional de Recursos Hídricos (BRASIL, 1977). Apesar do surgimento do conceito ser da década de 90, o assunto se tornou pauta nacional apenas 17 anos depois, por conta de uma forte crise hídrica nas principais regiões do estado de São Paulo (JOHNSSON, 2018).

Na conhecida "Lei das Águas" de 97, quatro tópicos foram levantados e vistos como objetivos, sendo eles (BRASIL, 1997):

1. Assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos;
2. A utilização racional e integrada dos recursos hídricos, incluindo o transporte aquaviário, com vistas ao desenvolvimento sustentável;
3. A prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais;
4. Incentivar e promover a captação, a preservação e o aproveitamento de águas pluviais.

Diante dos tópicos citados e das definições de segurança hídrica, o sentido da existência de uma gestão hídrica eficiente e eficaz fica mais compreensível e clara. Nesse sentido, utilizar TIC e propor aplicações que podem melhorar a gestão dos recursos hídricos no espaço territorial das bacias hidrográficas de modo a fornecer melhores serviços para a população que nele sobrevive e desenvolve suas atividades produtivas é fundamental. Portanto, da mesma forma que existe o conceito Cidades Inteligentes, utilizar o conceito Bacias Hidrográficas Inteligentes, não é mera pretensão, mas uma necessidade.

**Metodologia**

O estudo atual enquadra-se como uma pesquisa de caráter exploratório, pois o “[...] tema escolhido é pouco explorado [...]” (GIL, 2008, p.43). Segundo Silveira e Córdova (2009), essa modalidade de pesquisa também promove maior familiarização com o assunto, contribuindo para sua divulgação e reconhecimento. Ele também é adequado para estudos nos quais se almeja “(...) examinar um tema ou problema de investigação pouco estudado ou que não tenha sido abordado antes” (SAMPIERI; COLLADO; LUCIO, 1991, p. 59).

Os dados do estudo, de caráter qualitativo, serão obtidos por meio de uma pesquisa bibliográfica sobre os conceitos e aplicações de cidades inteligentes, bacias hidrográficas e gestão de recursos hídricos. Essa abordagem possui uma natureza prescritiva, pois tem como objetivo explorar diferentes formas de avaliar a integração e complementaridade dos conceitos envolvidos.

No desenvolvimento do método, foi definido e caracterizado cidades inteligentes, as principais tecnologias da informação e comunicação e suas aplicações; foi definido bacias hidrográficas e gestão dos recursos hídricos e será apresentado a relação dos conceitos e aplicações de cidades inteligentes que podem ser úteis para auxiliar na gestão dos recursos hídricos em bacias hidrográficas.

**Bacias hidrográficas inteligentes e sustentáveis**

Ao estudar os conceitos de bacias hidrográficas, é perceptível que vários outros assuntos complexos se relacionam entre si formando uma base sólida de conhecimento referente aos recursos hídricos. A gestão e segurança hídrica acabam sendo tópicos fundamentais em uma sociedade, sendo conceitos que, quando bem executados na prática, impactam positivamente e diretamente na vida dos cidadãos.

Assim como as TIC podem contribuir com as pessoas que residem em uma cidade inteligente, aplicações já existentes e possíveis adaptações podem ser de grande utilidade na obtenção e análise de dados nas bacias hidrográficas. Seguindo esta linha de raciocínio, o objetivo do estudo é aprimorar vários aspectos dentro de gestões e planejamentos hídricos, a fim de alcançar, por meio de TICs, formas mais eficazes e efetivas de se construir segurança hídrica em determinada região.

Com base em aplicações que já foram descritas no contexto das cidades inteligentes, observa-se que, a partir delas e dos recursos de TIC por elas usadas, algumas podem ser propostas e influenciar diretamente ou indiretamente na segurança e a gestão dos recursos hídricos da região em que uma bacia hidrográfica é abrangida. Nesse sentido a seguir são apresentadas algumas sugestões de aplicações.

O Serviço Inteligente para a coleta de Lixo implementado em Barcelona na Espanha consiste em uma rede de sensores instalados em lixeiras que são capazes de notificar quando as lixeiras já estão cheias (KON; SANTANA, 2016). Esses sensores, que são aplicações de IoT, podem enviar informações para um centro de controle de que é necessário fazer a coleta, de modo a impedir que o lixo seja arrastado pelas chuvas tanto para mananciais quanto para o esgoto, evitando assim, a poluição dos rios e seus afluentes.

O Centro Integrado de Comando (CEIC) situado na cidade de Porto Alegre no Brasil, consiste em um centro de monitoramento georreferenciado que possui controle de dezenas de câmeras interconectadas de alta capacidade com sensores de movimento por infravermelho, sensores de deslocamento e recursos de ampliação de imagens que auxiliam no monitoramento de praças, vias, prédios e monumentos públicos (WEISS; BERNARDES; CONSONI, 2013). Apesar dele abranger diversas tecnologias que em sua maioria são fortes componentes de uma cidade inteligente, uma de suas funções tem forte importância e potencial na contribuição da gestão dos recursos hídricos, que toca no quesito da captação e formação da base de dados relacionadas aos nivelamentos pluviométricos de água das chuvas.

Portanto, de forma direta, o CEIC auxilia no conceito de bacias hidrográficas inteligentes por meio da capacidade de coletar e receber os dados dos sensores pluviométricos, que são também aplicações IoT. Assim, expandindo esse conceito, seria interessante a criação de um Centro Integrado de Monitoramento de Recursos Hídricos (CIMRC) cujo propósito seria receber informações coletadas dos espaços territoriais das bacias hidrográficas (aplicações de IoT) e processá-las, gerando subsídios para facilitar o processo de tomada de decisão da gestão dos recursos hídricos (aplicações de Big Data e Inteligência Artificial).

O Horizon Scanning Centre (HSC) é um projeto aplicado no Reino Unido que consiste em análises aprofundadas sobre múltiplos canais de dados (Big Data) relacionados a alterações climáticas e seus efeitos na disponibilidade de alimentos e água, tensões regionais, e estabilidade e segurança nacional (AL NUAIMI et al, 2015). O HSC pode auxiliar de forma direta o conceito de bacia hidrográfica inteligente ao realizar análise, monitoramento e também ser fonte de massas de dados relacionadas a alterações climáticas que tocam a região de uma bacia hidrográfica. Uma vez que as alterações climáticas estão fortemente conectadas ao comportamento do ciclo hidrológico de determinada região, toda informação, detalhamento e possíveis efeitos sobre o clima permitem que melhores planejamentos hídricos sejam realizados. Essa é mais uma aplicação que pode ser incorporada ao Centro Integrado de Monitoramento de Recursos Hídricos (CIMRC).

O Risk Assessment and Horizon Scanning (RAHS), programa que atua no âmbito do Centro Nacional de Coordenação de Segurança de Singapura, é um centro responsável por recolher e analisar dados em grande escala gerenciando proativamente ameaças, como ataques terroristas, doenças infecciosas e crises financeiras (AL NUAIMI et al, 2015). Apesar de atuar na gerência de diversas crises diferentes, com a estrutura de análise e de gerenciamento de dados em grande escala oferecido pelo RAHS, é possível que essas funcionalidades sejam direcionadas para manejar questões hídricas, ontribuindo na parte de análise e auxiliando nas tomadas de decisões. O RAHS reforça a necessidade de criação do CIMRC.

O National Education Network (NEdNet) é um sistema integrado na Tailândia que inclui serviços de informação relacionados à educação, infraestrutura de rede e serviços de aprendizagem. O sistema permite melhor raciocínio e visualização geral para os que lecionam conteúdos, apoia fortemente a aprendizagem autodirigida e personalizada com base no estudante e auxilia em tomadas de decisões (AL NUAIMI et al, 2015). Este sistema, de forma direta, é capaz de influenciar tanto a dinâmica de aprendizagem, quanto a própria capacidade de aprender dos indivíduos.

Diante desta grande capacidade de transmissão de informações e de agir como ferramenta para geração de conhecimento, o NEdNet, quando direcionado a questões ambientais, pode ser um eficiente meio para a educação ambiental, principalmente em questões hídricas. Sendo assim, o sistema educacional poderia ter aulas, conteúdos, atividades, eventos e palestras que criem visibilidade do assunto para a população e principalmente os para os estudantes, abordando temas como desperdício de água, bons hábitos que impactam positivamente o meio ambiente, funcionamento do ciclo hidrológico, poluição hídrica, entre diversos outros tópicos importantes. Esse ambiente de educação ambiental poderia estar integrado ao CIMRC fornecendo informações sobre a segurança hídrica em tempo real .

O e-Noé é uma solução composta por uma rede de sensores sem fio que é capaz de monitorar rios e córregos urbanos (CRUZ, BARCELLOS e BERNARDINI, 2020). A partir do monitoramento realizado pelos sensores instalados submersos nas águas, é possível que a captação e o registro de alterações no nível das águas sejam feitos. Utilizando-se destes dados, aplicações de Inteligência Artificial são capazes de realizar previsões sobre possíveis enchentes no local. De modo geral, é possível visualizar nesta aplicação alguns aspectos que se relacionam com a gestão hídrica e bacias hidrográficas inteligentes, uma vez que esses sensores poderiam estar instalados nos vários rios e cursos de água da bacia hidrográfica coletando informações sobre o nivelamento e, a partir de aplicações de IA e Big Data, seria possível fornecer subsídios para auxiliar o processo decisório sobre cheias e escassez hídrica. Essa é mais uma aplicação que poderia fazer parte do CIMRM.

Diante do volume de dados que o CIMRC pode receber e processar, o conceito de computação em nuvem pode ser aplicado uma vez que todas as aplicações e os dados e informações são reunidos em data centers e são acessados por meio da internet. Cada uma das aplicações e sistemas citados anteriormente possuem funções e funcionamentos diferentes, ainda que existam suas distinções, todas tendem para o mesmo objetivo e se interconectam por este ponto. Visto isso, o CIMRC auxiliaria na conectividade de todos os serviços, facilitando toda a integração existente entre eles.

**Conclusões**

Ao longo deste trabalho foi possível explorar o uso de TICs para a formação do conceito de bacias hidrográficas inteligentes e sustentáveis, uma vez que com base no estudo de conceitos e aplicações sobre cidades inteligentes, fica eminente a importância das TICs para o avanço e melhora na qualidade de vida dos cidadãos.

A partir das aplicações apresentadas e outras que podem ser definidas, a criação de um Centro Integrado de Monitoramento de Recursos Hídricos (CIMRC), como foi descrito, é uma proposta que visa centralizar todas as temáticas relacionadas à segurança hídrica da região em que uma bacia hidrográfica se estende, podendo exercer funções focadas na gestão dos recursos hídricos objetivando melhor o aproveitamento e controle da água a partir da coleta, recebimento e análise das informações disponíveis no espaço territorial.

Com todo o controle de gestão sobre as aplicações, o CIMRC receberia informações por meio de sensores dos mais diversos tipos (pluviométricos, níveis de água e vazão dos rios, entre outros), além de dados relacionados a alterações climáticas. Com toda grande base de dados captada e armazenada, várias análises poderiam ser feitas, gerando informações e subsídios para auxiliar o processode tomada de decisões.

Todas as etapas poderiam ser realizadas com base em monitoramentos em tempo real, utilizando os recursos tecnológicos como IoT, Computação em Nuvem, Big Data e Inteligência Artificial presentes em cada uma das aplicações, para que assim seja possível obter uma melhor eficiência de respostas relacionadas à gestão hídrica. Em suma, não há dúvidas que tecnologias e aplicações presentes em cidades inteligentes possam também ser utilizadas para construção do conceito de bacias hidrográficas inteligentes.

Nesse sentido, como há dependência de água para a sobrevivência dos seres vivos e para a realização das atividades produtivas, a necessidade de toda essa estrutura de informações que a tecnologia pode entregar é fundamental para que os gestores de recursos hídricos possam combater melhor todas as adversidades hídricas trazidas pelas alterações climáticas, uma vez que poderão ter informações em tempo real para auxiliar na tomada de decisão.

**Agradecimentos**

Ao CNPq e a Pontifícia Universidade Católica de Campinas pela oportunidade e incentivo de desenvolver pesquisa no país e ao CNPq pela bolsa PIBIC recebida.

**Referências**

AL NUAIMI, Eiman; AL NEYADI, Hind; MOHAMED, Nader; AL-JAROODI, Jameela. Applications of big data to smart cities. **Journal of Internet Services and Applications**, v. 6, n. 1, p. 1-15, 2015. Disponível em: <<https://jisajournal.springeropen.com/articles/10.1186/s13174-015-0041-5>> . Acesso em: 07 jan. 2023.

BASSI, Alessandro; HORN, Geir. Internet of Things in 2020: A Roadmap for the Future. **European Commission: Information Society and Media**, v. 22, p. 97-114, 2008.

BRASIL. **Política Nacional de Recursos Hídricos**, 1997. Disponível em <https://www.planalto.gov.br/ccivil\_03/leis/l9433.htm>. Acesso em: 05 set. 2023.

BORJA, Rafael; GAMA, Kiev. Middleware para cidades inteligentes baseado em um barramento de serviços. In: **Anais do X Simpósio Brasileiro de Sistemas de Informação**. SBC, 2014. p. 584-590. Disponível em: <https://sol.sbc.org.br/index.php/sbsi/article/view/6147>. Acesso em: 10 fev. 2023

BORSATO, F.; MARTONI, A. M., Estudo da fisiografia das bacias hidrográficas urbanas no Município de Maringá, Estado do Paraná, **Acta Scientiarum Human and Social Science**, 2008, DOI: 10.4025/actascihumansoc.v26i2.1391.

CARAGLIU, A.; DEL BO, C.; NIJKAMP, P. . Smart Cities in Europe**. Journal of Urban Technology**, 2011. Vol. 2, n. 18, p. 65-82. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1080/10630732.2011.601117>>. Acesso em: 20 out. 2022.

CARRION, Patrícia; QUARESMA, Manuela. Internet da Coisas (IoT): Definições e aplicabilidade aos usuários finais. **Human Factors in Design**, v. 8, n. 15, p. 049-066, 2019. Disponível em: <https://www.revistas.udesc.br/index.php/hfd/article/view/2316796308152019049>. Acesso em: 20 dez. 2022.

COUTINHO, Pedro Caldas. **Big Data em cidades inteligentes: um mapeamento sistemático**. 2019.

Disponível em: <https://pantheon.ufrj.br/handle/11422/6440>. Acesso em: 03 fev. 2023.

CRUZ, Matheus; BARCELLOS, Raissa; BERNARDINI, Flavia. Inteligência Artificial no Governo Eletrônico em Cidades Inteligentes: Possibilidades e Desafios. **Computação Brasil**, n. 43, p. 27-30, 2020. Disponível em: <https://sol.sbc.org.br/journals/index.php/comp-br/article/view/1793>. Acesso em: 07 mar. 2023.

CUNHA, Izabella Bauer de Assis; BARACHO, Renata Maria Abrantes. Dados Abertos e suas aplicações em Cidades Inteligentes. **Liinc em Revista**, v. 15, n. 2, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.18617/liinc.v15i2.4767>>. Acesso em: 16 jan. 2023.

DEBATTISTA, Jeremy; LANGE, Christoph; SCERRI, Simon; AUER, Sören.Linked'Big'Data: towards a manifold increase in big data value and veracity. **In: 2015 IEEE/ACM 2nd International Symposium on Big Data Computing (BDC)**. IEEE, 2015. p. 92-98. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/BDC.2015.34>. Acesso em: 21 mar. 2023.

FARIAS, José Ewerton P. de; ALENCAR, Marcelo S.; LIMA, Ísis A.; ALENCAR, Raphael T. Cidades Inteligentes e Comunicações. **Revista de tecnologia da informação e comunicação**, n.1, 2011.

GANDOMI, Amir; HAIDER, Murtaza. Beyond the hype: Big data concepts, methods, and analytics. **International journal of information management**, v. 35, n. 2, p. 137-144, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2014.10.007>. Acesso em: 02 abr. 2023.

GIFFINGER, Rudolf; FERTNER, Christian; KRAMAR, Hans; KALASEK, Robert; PICHLER-MILANOVIC, Nataša; MEIJERS, Evert. **Smart cities-ranking of european medium-sized cities. Final report**, Vienna University of Technology, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.34726/3565>. Acesso em: 02 nov. 2022.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo, v. 5, n. 61, p. 16-17, 2002.

GLEICK, P.; ICELAND, C. Water, Security, and Conflict. Issue Brief. **World Resource Institute and Pacific Institute**., p. 1–16, ago. 2018.

GOMES, D. dos S. Inteligência Artificial: conceitos e aplicações. **Olhar Científico**. v1, n. 2, p. 234-246, 2010.

JOÃO, Belmiro do Nascimento; SOUZA, Crisomar Lobo de; SERRALVO, Francisco Antonio. Revisão sistemática de cidades inteligentes e internet das coisas como tópico de pesquisa. **Cadernos Ebape**. br, v. 17, p. 1115-1130, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1679-395174442>. Acesso em: 13 mai. 2023.

JOHNSSON, Rosa Maria Formiga; MELO, Marilia Carvalho de.O conceito emergente de segurança hídrica. **Sustentare**, v. 1, n. 1, p. 72-92, 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5892/st.v1i1.4325>. Acesso em: 10 set. 2022.

KAUFMAN, Dora. **A inteligência artificial irá suplantar a inteligência humana?**.ESTAÇÃO DAS LETRAS E CORES EDI, 2019.

KON, Fabio; SANTANA, Eduardo Felipe Zambom. Cidades Inteligentes: Conceitos, plataformas e desafios. **Jornadas de atualização em informática**, v. 17, 2016.

KON, Fabio; SANTANA, Eduardo Felipe Zambom. Computação aplicada a Cidades Inteligentes: Como dados, serviços e aplicações podem melhorar a qualidade de vida nas cidades. **CSBC 2017. JAI 4. São Paulo, SP**, p. 2536, 2017.

KRISHNAMACHARI, Bhaskar; POWER, Jerry; KIM, Seon Ho; SHAHABI, Cyrus.I3: An IoT marketplace for smart communities. In: **Proceedings of the 16th Annual International Conference on Mobile Systems, Applications, and Services**. 2018. p. 498-499. Disponível em: <https://doi.org/10.1145/3210240.3223573>. Acesso em: 01 mar. 2023.

LAZZARETTI, Kellen; SEHNEM, Simone; BENCKE, Fernando Fantoni; MACHADO, Hilka Pelizza. Cidades inteligentes: insights e contribuições das pesquisas brasileiras, **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2175-3369.011.001.e20190118>. Acesso em: 21 set. 2022.

LEMOS, André; De que forma as novas tecnologias - como a computação em nuvem, o Big Data e a internet Das coisas - podem melhorar a condição de vida nos espaços urbanos?. **Revista GV-EXECUTIVO - Fundação Getúlio Vargas**, v. 12 n. 2, 2013.

NAM, T.; PARDO, T.A. Conceptualizing smart city with dimensions of technology, people and institutions. In: **ANNUAL INTERNATIONAL CONFERENCE ON DIGITAL**, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1145/2037556.2037602>. Acesso em: 21 set. 2022.

PEDROSA, Paulo HC; NOGUEIRA, Tiago. **Computação em nuvem**. Acesso em, v. 6, 2011. Disponível em: <https://www.ic.unicamp.br/~ducatte/mo401/1s2011/T2/Artigos/G04-095352-120531-t2.pdf>. Acesso em: 22 set. 2022.

PORTO, Monica FA; PORTO, Rubem La Laina. Gestão de bacias hidrográficas. **Estudos avançados**, v. 22, p. 43-63, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-40142008000200004>. Acesso em: 09 set. 2022.

RUSSELL, Stuart; NORVIG, Peter. **Inteligência Artificial**. 2. Ed. Rio de Janeiro: Campos, 2004.

SAMPIERI, Roberto Hernandez; COLLADO, Carlos Fernadez; LUCIO, Pilar Batista Otros **Metodología de la Investigación**, v. 3, 1991.

SILVEIRA, D. T.; CÓRDOVA, F. P. A pesquisa científica. In: **GERHARDDT, T. E. e SILVEIRA, D. T. (org.). Métodos de Pesquisa**. Porto Alegre: Editora de UFRGS, P. 31-42, 2009.

SOUSA, Flávio RC; MOREIRA, Leonardo O.; MACHADO, Javam C. Computação em nuvem: Conceitos, tecnologias, aplicações e desafios. **II Escola Regional de Computação Ceará, Maranhão e Piauí (ERCEMAPI)**, p. 150-175, 2009.

TAURION, Cezar. **Cloud computing-computação em nuvem**. Brasport, 2009.

TEODORO, Valter Luiz Iost; TEIXEIRA, Denilson; COSTA, Daniel Jadyr Leite; FULLER, Beatriz Buda. O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local. **Revista Brasileira Multidisciplinar**, v. 11, n. 1, p. 137-156, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.25061/2527-2675/ReBraM/2007.v11i1.236>. Acesso em: 12 jan. 2023.

TOPPETA, D. The smart city vision: how innovation and ICT can build smart, “livable”, sustainable cities. **The Innovation Knowledge Foundation**, 2010.

TUCCI, Carlos EM. Hidrologia: ciência e aplicação.; 2. reimpr. **Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS: ABRH**, 2001.

TUNDISI, José Galizia. **Água no século XXI: enfrentando a escassez**. 2003. Disponível em: <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/lil-383410>. Acesso em: 06 out. 2022.

WARD, Jonathan Stuart; BARKER, Adam. Undefined by data: a survey of big data definitions. **arXiv preprint arXiv:1309.5821**, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.48550/arXiv.1309.5821>. Acesso em: 29 abr. 2023.

WEISS, Marcos Cesar; BERNARDES, Roberto Carlos; CONSONI, Flavia Luciane. Cidades inteligentes: a aplicação das tecnologias de informação e comunicação para a gestão de centros urbanos. **Revista Tecnologia e Sociedade**, v. 9, n. 18, 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.3895/rts.v9n18.2634>. Acesso em: 29 abr. 2023.

YIGITCANLAR, T.; KAMRUZZAMAN, M.; BUYS, L.; IOPPOLO, G.; SABATINI-MARQUes, J., da Costa, M.; YUN, J. J. Understanding ‘smart cities’: Intertwining development drivers with desired outcomes in a multidimensional framework. **Cities**, v. 81, p. 145-160, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cities.2018.04.003>. Acesso em: 15 mar. 2023.

1. Graduando. Curso de Engenharia de Software da Pontifícia Universidade Católica de Campinas. https://orcid.org/0009-0007-9527-0415. E-mail: emilio.jb@puccampinas.edu.br [↑](#footnote-ref-1)
2. Doutor. Programa de Pós-graduação Stricto Sensu em Sustentabilidade da Pontifícia Universidade Católica de Campinas. https://orcid.org/0000-0002-2200-5094. E-mail: orandi@puc-campinas.edu.br. [↑](#footnote-ref-2)
3. Doutor. Programa de Pós-graduação Stricto Sensu em Sustentabilidade da Pontifícia Universidade Católica de Campinas. <https://orcid.org/0000-0001-6552-9288>. E-mail: duarcidesmariosa@puc-campinas.edu.br. [↑](#footnote-ref-3)