Sustentabilidade e Desenvolvimento Sustentável: Da Integração das TICs na Gestão Organizacional ao Conceito de Bacias Hidrográficas Inteligentes

Sustainability and Sustainable Development: From the Integration of ICTs in Organizational Management to the Concept of Smart River Basins

Orandi Mina Falsarella

https://doi.org/10.37497/alumni.inbooks.4.c38

1 INTRODUÇÃO

Desde a criação do Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Sustentabilidade da PUC-Campinas, em 2016, o pesquisador tem desenvolvido, de forma contínua e sistemática, um conjunto diversificado de investigações acadêmicas centradas nas temáticas da sustentabilidade e desenvolvimento sustentável, articuladas a abordagens contemporâneas de Planejamento Estratégico Empresarial (PE), Inteligência Organizacional e Competitiva e ao uso de Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs) inovadoras. Entre essas tecnologias destacam-se Big Data, Inteligência Artificial, Internet das Coisas (IoT), Sensoriamento Remoto, Visão Computacional (Machine Vision), Realidade Virtual e Realidade Aumentada, entre outras, considerando seu potencial de agregação de valor às estratégias organizacionais, tanto no setor público quanto no privado, com foco

1 INTRODUCTION

Since the establishment of the Graduate Program in Sustainability (PPGS) at PUC-Campinas in 2016, the researcher has continuously and systematically conducted a diverse range of academic studies focused on sustainability and sustainable development. These studies integrate contemporary approaches to Strategic Planning (SP), Organizational and Competitive Intelligence, and the use of innovative Information and Communication Technologies (ICTs). Key technologies include big data, artificial intelligence, the Internet of Things (IoT), remote sensing, machine vision, virtual reality, and augmented reality, among others; these are examined for their potential to add value to organizational strategies in both the public and private sectors, with a focus on

na promoção da sustentabilidade e do desenvolvimento sustentável.

A incorporação dessas temáticas ao longo dos anos ocorreu de forma gradativa e evolutiva. Em um primeiro momento, as pesquisas buscaram compreender de que maneira a análise dos objetivos e metas explicitados nos instrumentos de Planejamento Estratégico poderia evidenciar o grau de comprometimento das organizações com práticas de sustentabilidade e desenvolvimento sustentável. Posteriormente, o foco investigativo passou a integrar de maneira mais explícita as TICs e o desenvolvimento sustentável, com o objetivo de demonstrar como a adoção estratégica dessas tecnologias poderia gerar vantagens competitivas sustentáveis para as organizações.

Como desdobramento natural e amadurecimento dos resultados obtidos, emergiu a necessidade de transposição desses conceitos e achados teóricos para aplicações empíricas concretas, capazes de produzir benefícios tangíveis para a sociedade. Esse movimento culminou após a celebração de um convênio com a Agência das Bacias Hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí, possibilitando a aplicação prática dos modelos e ferramentas desenvolvidos no âmbito das pesquisas.

Nesse contexto, foi concebido o projeto voltado ao monitoramento de bacias hidrográficas por meio do uso de TICs inovadoras, consolidando-se sob a temática de Bacias Hidrográficas Inteligentes.

Dessa forma, o presente capítulo tem como objetivo central descrever e analisar a evolução dos projetos de pesquisa desenvolvidos, bem como das temáticas investigadas ao longo desse percurso acadêmico, evidenciando suas inter-relações conceituais, metodológicas e práticas,

promoting sustainability and sustainable development.

Over the years, these themes were incorporated gradually and evolved. Initially, research sought to understand how analyzing the objectives and goals outlined in strategic planning instruments could reveal the extent of organizations' commitment to sustainability practices and sustainable development. Subsequently, the research focus shifted to more explicitly integrate ICTs and sustainable development, aiming to demonstrate how the strategic adoption of these technologies could generate sustainable competitive advantages for organizations.

As a natural development of the research and as the results matured, the need emerged to translate these concepts and theoretical findings into concrete empirical applications that deliver tangible benefits to society. This process culminated in an agreement with the Piracicaba, Capivari, and Jundiaí River Basin Agency, enabling the practical application of the models and tools developed through the research.

Against this backdrop, a project focused on watershed monitoring using innovative ICTs took shape under the theme of Smart River Basins.

Thus, the central objective of this chapter is to describe and analyze the evolution of the research projects developed and the themes investigated throughout this academic journey, highlighting their conceptual, methodological, and practical interrelationships, as well as their contributions to advancing knowledge at the intersection of sustain-

e destacando suas contribuições para o avanço do conhecimento na interface entre sustentabilidade, estratégia organizacional e tecnologias emergentes.

1.1 Sustentabilidade, inteligência organizacional e competitiva e Tecnologias da Informação e Comunicação: proposta de uma estrutura integrada para a competitividade empresarial

As organizações contemporâneas enfrentam um cenário de concorrência crescente e sistemática, impulsionado tanto pelo ingresso de novos competidores em mercados tradicionalmente ocupados por empresas consolidadas quanto pela diversificação estratégica de organizações já estabelecidas para segmentos nos quais anteriormente não atuavam. Esse dinamismo competitivo é intensificado, de maneira significativa, pela rápida evolução das Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs), as quais vêm promovendo transformações profundas nos processos organizacionais, nos modelos de negócio e nos padrões de comportamento institucional.

Em ambientes caracterizados por elevada agressividade concorrencial, torna-se imperativo que as organizações sejam capazes de identificar e explorar novas oportunidades, mitigar ameaças externas, reduzir fragilidades internas e potencializar seus pontos fortes. Tais ações configuram-se como elementos centrais para a construção de vantagem competitiva sustentável e, em última instância, para a própria sobrevivência organizacional no mercado.

Segundo Thompson, Strickland III e Gamble (2008, p. 133), a estratégia competitiva refere-se "aos aspectos específicos da estratégia para concorrer de modo bem-sucedido e destacando suas contribuições para o avanço do conhecimento na interface entre sustentabilidade, estratégia organizacional e tecnologias emergentes.

1.1 Sustainability, Organizational and Competitive Intelligence, and Information and Communication Technologies: A Proposal for an Integrated Framework for Business Competitiveness

Contemporary organizations face an increasingly competitive environment, driven both by new entrants into markets traditionally held by established firms and by the strategic diversification of existing organizations into segments where they previously did not operate. This competitive dynamism is significantly intensified by the rapid evolution of Information and Communication Technologies (ICTs), which are driving profound transformations in organizational processes, business models, and patterns of organizational behavior.

In environments characterized by intense competitive rivalry, organizations must be able to identify and exploit new opportunities, mitigate external threats, reduce internal weaknesses, and leverage their strengths. Such actions are central to building a sustainable competitive advantage and, ultimately, to the organization's very survival in the market.

According to Thompson, Strickland III, and Gamble (2008, p. 133), competitive strategy refers to "the specific aspects of the strategy for competing successfully and securing a competitive advantage over rivals." From this perspective, intelligence, when linked to the informational context, plays a central role in organizational decision-making. As Alves

cedido e assegurar vantagem competitiva frente aos concorrentes". Nessa perspectiva, a noção de inteligência, quando associada ao contexto informacional, assume papel central no processo decisório organizacional. Conforme destacado por Alves e Falsarella (2009), a inteligência, remetida ao domínio da informação, está intrinsecamente vinculada ao ato de escolher, dentre múltiplas alternativas analisadas, aquela que se apresenta como a mais adequada, com base nas informações disponíveis e devidamente tratadas.

Embora a formulação estratégica e os sistemas de Inteligência Organizacional e Competitiva constituam importantes fontes de vantagem competitiva, outros fatores também exercem influência determinante nesse processo, destacando-se as Tecnologias da Informação e Comunicação, tanto em suas aplicações consolidadas quanto em suas vertentes emergentes. As TICs podem contribuir de forma significativa para o desempenho organizacional ao: (i) otimizar e integrar processos de negócio; (ii) viabilizar a criação de novos produtos, serviços e modelos organizacionais; (iii) aprimorar os fluxos de comunicação interna e externa; (iv) ampliar o acesso, a circulação e o uso estratégico da informação; e (v) subsidiar, com maior precisão, agilidade e confiabilidade, os processos de tomada de decisão em níveis estratégico, tático e operacional.

Outro elemento central nesse contexto refere-se à incorporação dos princípios do desenvolvimento sustentável às práticas corporativas. Conforme argumentam Barbieri et al. (2010), a adesão das organizações à agenda da sustentabilidade desempenha um papel estratégico ao não apenas contribuir para a mitigação dos impactos socioambientais decorrentes de suas atividades, mas também ao fortalecer sua legitimidade institucional perante a sociedade e

and Falsarella (2009) highlight, intelligence, in the informational domain, is intrinsically linked to selecting, from among multiple analyzed alternatives, the one that appears most suitable based on available and properly processed information.

Although strategic formulation and Organizational and Competitive Intelligence systems are important sources of competitive advantage, other factors also decisively influence this process, particularly Information and Communication Technologies (ICTs), in both their established applications and emerging forms. ICTs can contribute significantly to organizational performance by: (i) optimizing and integrating business processes; (ii) enabling the creation of new products, services, and organizational models; (iii) enhancing internal and external communication flows; (iv) expanding access to, circulation of, and strategic use of information; and (v) supporting decision-making processes at strategic, tactical, and operational levels with greater precision, agility, and reliability.

Another central element in this context concerns the incorporation of sustainable development principles into corporate practices. As Barbieri et al. (2010) argue, organizational adoption of the sustainability agenda plays a strategic role by not only helping mitigate socioenvironmental impacts from their activities but also strengthening institutional legitimacy in the eyes of society and creating opportunities for long-term competitive differentiation.

Along these same lines, Munck and Souza (2009) identify three fun-

criar oportunidades de diferenciação competitiva de longo prazo.

Nesse mesmo sentido, Munck e Souza (2009) identificam três dimensões fundamentais da sustentabilidade no contexto empresarial. A dimensão econômica enfatiza a busca contínua por vantagem competitiva, eficiência operacional, melhoria da qualidade, redução de custos e atenção às dinâmicas de mercado. A dimensão ambiental abrange o uso de tecnologias limpas, a adoção de práticas sistemáticas de reciclagem, a gestão sustentável dos recursos naturais, o atendimento às exigências regulatórias e a adequada gestão de resíduos e efluentes, com vistas à oferta de produtos e serviços ambientalmente responsáveis. Por sua vez, a dimensão social envolve o comprometimento com a responsabilidade social corporativa, o fortalecimento das comunidades locais, a valorização, capacitação e desenvolvimento dos recursos humanos e a participação ativa das organizações em iniciativas de caráter social.

Diante desse arcabouço conceitual, o objetivo do presente projeto de pesquisa consistiu em caracterizar de que maneira a interação entre as Tecnologias da Informação e Comunicação e a Inteligência Organizacional e Competitiva pode contribuir para a promoção de uma gestão organizacional orientada à sustentabilidade.

Do ponto de vista metodológico, o estudo fundamentou-se em uma pesquisa exploratória de natureza prescritiva, com abordagem quantitativa. Como resultado, e com o intuito de gerar subsídios capazes de apoiar a identificação e o uso estratégico de diferentes fontes e tipos de informação, internas e externas, estruturadas e não estruturadas, bem como de natureza estratégica, tática ou operacional, foi desenvolvido um modelo de monitoramento informacional baseado no uso de TIC. Esse modelo encon-

damental dimensions of sustainability in the business context. The economic dimension emphasizes the continuous pursuit of competitive advantage, operational efficiency, quality improvement, cost reduction, and attention to market dynamics. The environmental dimension encompasses the use of clean technologies, the adoption of systematic recycling practices, the sustainable management of natural resources, compliance with regulatory requirements, and the proper management of waste and effluents to offer environmentally responsible products and services. In turn, the social dimension involves commitment to corporate social responsibility, strengthening local communities, the recognition, training, and development of human resources, and actively participating in social initiatives.

Against this conceptual backdrop, this research project aimed to characterize how the interaction between Information and Communication Technologies and Organizational and Competitive Intelligence can foster sustainability-oriented organizational management.

Methodologically, the study used an exploratory and prescriptive research design with a quantitative approach. As a result, an information monitoring model based on ICT was developed to provide insights that support identifying and strategically using various information sources and types, internal and external, structured and unstructured, and spanning strategic, tactical, and operational levels. This model supports both the sustainable management of organizations and the achievement

tra-se orientado tanto à gestão sustentável das organizações quanto à obtenção de vantagem competitiva em ambientes complexos e altamente dinâmicos.

1.2 Inteligência organizacional e competitiva e Big Data: recursos fundamentais para a gestão sustentável das organizações

A análise do projeto anteriormente descrito evidencia que a informação constitui o elemento central para responder às incertezas e orientar decisões estratégicas, sobretudo porque múltiplos atores, variados níveis organizacionais e diferentes tipos de fontes, internas ou externas, estruturadas ou não estruturadas, interagem nesse ecossistema informacional complexo.

Nesse cenário, ganha relevância o conceito emergente de Big Data. De acordo com Kaisler, Armour e Espinosa (2013), Big Data caracteriza-se pelos três "Vs": Volume, Velocidade e Variedade. O Volume de dados evoluiu de ordens de grandeza como terabytes para petabytes, aproximando-se progressivamente de exabytes, com projeções que já preveem a chegada aos zettabytes (10^{21}). A Velocidade refere-se tanto ao ritmo de geração e acumulação dos dados quanto à velocidade com que esses dados são atualizados e se tornam obsoletos. A Variedade, por sua vez, diz respeito à coexistência de dados estruturados e não estruturados provenientes de múltiplos formatos e plataformas.

Complementarmente, Beulke (2011) acrescenta dois novos "Vs": Veracidade e Valor. A Veracidade diz respeito à confiabilidade dos dados, uma vez que grandes volumes tendem a incluir informações imprecisas ou inconsistentes que podem distorcer análises e comprometer a qualidade do raciocínio estratégico. Nessa perspectiva, o

of competitive advantage in complex, highly dynamic environments.

1.2 Organizational and Competitive Intelligence and Big Data: Fundamental Resources for the Sustainable Management of Organizations

Analysis of the previously described project demonstrates that information is central to addressing uncertainties and guiding strategic decisions, particularly because multiple actors, different organizational levels, and various types of information sources, whether internal or external, structured or unstructured, interact within this complex information ecosystem.

In this context, the emerging concept of big data becomes increasingly relevant. According to Kaisler, Armour, and Espinosa (2013), big data is characterized by the three "Vs": Volume, Velocity, and Variety. Data volume has grown from terabytes to petabytes and is approaching exabytes, with projections already anticipating the arrival of zettabytes (10^{21}). Velocity refers both to the rate at which data is generated and accumulated and to the speed at which such data is updated and becomes obsolete. Variety, in turn, relates to the coexistence of structured and unstructured data originating from multiple formats and platforms.

Additionally, Beulke (2011) introduces two new "Vs": Veracity and Value. Veracity concerns data reliability, since large volumes often include inaccurate or inconsistent information that can distort analyses and compromise the quality of strategic reasoning. From this perspective, monitoring and fil-

monitoramento e a filtragem de dados potencialmente falhos tornam-se essenciais. Já o Valor refere-se à capacidade de extrair e transformar grandes volumes de dados em informações que efetivamente agreguem utilidade e significado para a organização.

Dessa forma, o conceito de Big Data apresenta-se como um importante vetor de vantagem competitiva, ao possibilitar a análise de dados em escala e velocidade compatíveis com as demandas organizacionais contemporâneas, contribuindo decisivamente para a melhoria dos processos de avaliação e tomada de decisão.

Assim, o desenvolvimento sustentável no âmbito empresarial depende do uso estratégico de informações que podem ser obtidas a partir do ciclo da Inteligência Organizacional e Competitiva, potencializado pelos princípios e capacidades do Big Data. Em conjunto, esses elementos, apoiados por Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs), permitem coletar, analisar e apresentar dados e informações de forma estruturada, tempestiva e inteligível aos tomadores de decisão, fortalecendo a capacidade organizacional de responder aos desafios ambientais, sociais e econômicos do contexto atual.

Assim, a partir de uma pesquisa exploratória prescritiva de caráter quantitativo o projeto de pesquisa propôs uma estrutura integrada com diretrizes e parâmetros, a partir dos conceitos de IOC, Sustentabilidade, TIC e Big Data, para ser utilizada pelas instituições na busca por vantagens competitivas.

1.3 Bacias hidrográficas inteligentes: minimizando os desafios da gestão dos recursos hídricos

Embora seja essencial para a vida e para as atividades produtivas, a água entering potentially flawed data become essential. Value, in turn, refers to the ability to extract and transform large volumes of data into information that genuinely adds utility and meaning for the organization.

Thus, big data emerges as a key driver of competitive advantage by enabling data analysis at a scale and speed aligned with contemporary organizational demands, thereby contributing decisively to improved assessment and decision-making processes.

Thus, sustainable development in the corporate sphere depends on the strategic use of information derived from the Organizational and Competitive Intelligence cycle, enhanced by the principles and capabilities of big data. Together, these elements, supported by Information and Communication Technologies (ICTs), enable the collection, analysis, and presentation of data and information to decision-makers in a structured, timely, and intelligible manner, thereby strengthening the organization's capacity to respond to the environmental, social, and economic challenges of the current landscape.

Thus, based on exploratory and prescriptive research with a quantitative approach, the project proposed an integrated framework, comprising guidelines and parameters derived from the concepts of OCI, sustainability, ICT, and big data, for use by institutions seeking competitive advantages.

1.3 Smart River Basins: Minimizing the Challenges of Water Resources Management

Although essential for life and productive activities, water faces multi-

frenta múltiplas ameaças. Tundisi (2006) destaca o uso excessivo de águas superficiais e subterrâneas como um dos fatores mais críticos para o desequilíbrio do ciclo hidrológico e para a redução da qualidade e quantidade de água disponível. Ademais, os efeitos das mudanças climáticas intensificam extremos hidrometeorológicos, resultando em períodos de excesso de chuvas em algumas regiões e de severa escassez hídrica em outras.

Nesse contexto de crescente vulnerabilidade, emerge o conceito de segurança hídrica, que, segundo Gleick e Iceland (2018), refere-se à garantia de que, em determinado espaço territorial, uma quantidade adequada de água de qualidade apropriada seja disponibilizada de forma contínua para atender às necessidades humanas, ambientais e econômicas.

Assim, a gestão sustentável da água no contexto de uma bacia hidrográfica é muito complexa pois é necessário ter dados e informações da disponibilidade hídrica da bacia e do consumo e essas informações estão dispostas nas etapas do que se pode chamar de ciclo de vida da água (Falsarella, Silva, & Mariosa, 2022), ou seja:

- Geração por meio de ciclos hidrológicos naturais;
- Retenção e armazenamento;
- Captação e tratamento;
- Distribuição para consumo; e
- Tratamento da água consumida para posterior reuso.

Tundisi (2006) ressalta ainda que os desafios associados à gestão da água podem ser mitigados mediante o desenvolvimento e adoção de sistemas sustentados por inovações tecnológicas.

Nesse contexto, o acesso diário e em tempo real a informações estratégicas como parâmetros de quantidade e qualidade dos corpos hídricos e o monitora-

ple threats. Tundisi (2006) highlights the excessive use of surface water and groundwater as one of the most critical factors contributing to imbalances in the hydrological cycle and reductions in the quality and quantity of available water. Furthermore, climate change intensifies hydrometeorological extremes, resulting in periods of excessive rainfall in some regions and severe water scarcity in others.

Against this backdrop of increasing vulnerability, the concept of water security emerges; according to Gleick and Iceland (2018), this refers to ensuring that, within a given territory, an adequate quantity of water of appropriate quality is continuously made available to meet human, environmental, and economic needs.

Thus, sustainable water management within a river basin is highly complex, as it requires data and information regarding the basin's water availability and consumption, information that is found across the stages of what might be termed the water life cycle (Falsarella, Silva, & Mariosa, 2022), namely:

- Generation via natural hydrological cycles;
- Retention and storage;
- Collection and treatment;
- Distribution for consumption; and
- Treatment of consumed water for subsequent reuse.

Tundisi (2006) further highlights that the challenges associated with water management can be mitigated through the development and adoption of systems underpinned by technological innovations.

In this context, daily, real-time access to strategic information, such as quantitative and qualitative parameters

mento da implementação das ações previstas nos planos de bacias torna-se imprescindível para aprimorar a governança hídrica e subsidiar a tomada de decisões operacionais e estratégicas. A disponibilidade tempestiva desses dados permite avaliar a eficácia das ações implementadas e promover ajustes contínuos para assegurar resiliência e sustentabilidade no uso dos recursos hídricos.

Para possibilitar a coleta, o processamento e a análise dessas informações, disponibilizando-as de forma estruturada aos gestores, diversas Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs) podem ser empregadas. Entre elas destacam-se: Internet das Coisas (IoT), Big Data, Business Intelligence (BI), Inteligência Artificial (IA), Machine Vision, Realidade Virtual (RV) e Realidade Aumentada (RA).

A IoT consiste em um conjunto de dispositivos conectados à internet, dotados de sensores capazes de captar e transmitir informações sobre o ambiente em que estão instalados (Zeng, Pang, & Tang, 2024). No contexto das bacias hidrográficas, esses sensores podem ser distribuídos ao longo do território, permitindo o monitoramento contínuo de variáveis hidrológicas e ambientais. O Big Data, como já foi descrito, possui a capacidade de processar grandes volumes de dados com elevada velocidade e eficiência, extraindo valor analítico de informações massivas e heterogêneas (Luvizan, Meirelles, & Diniz, 2014).

O Business Intelligence (BI) refere-se ao conjunto de métodos e ferramentas que transformam dados em informações sistematizadas, gerando relatórios e visualizações que apoiam a tomada de decisão (Santos & Ramos, 2006). Esse conjunto de ferramentas utiliza os conceitos de *drill down* e *drill up* para permitir a navegação

of water bodies and monitoring of actions outlined in basin plans, is essential to strengthen water governance and support operational and strategic decision-making. Timely access to this data enables assessment of the effectiveness of implemented actions and supports continuous adjustments to ensure resilience and sustainability in water resource use.

Various Information and Communication Technologies (ICTs) can collect, process, and analyze this information, making it available to managers in a structured format. Notable examples include the Internet of Things (IoT), big data, Business Intelligence (BI), artificial intelligence (AI), machine vision, virtual reality (VR), and augmented reality (AR).

IoT consists of internet-connected devices equipped with sensors that capture and transmit information about the environment in which they are installed (Zeng, Pang, & Tang, 2024). In river basins, these sensors can be distributed across the territory, enabling continuous monitoring of hydrological and environmental variables. As described above, big data can process large volumes of data quickly and efficiently, extracting analytical value from massive and heterogeneous information (Luvizan, Meirelles, & Diniz, 2014).

Business Intelligence (BI) refers to the methods and tools that transform data into structured information, generating reports and visualizations that support decision-making (Santos & Ramos, 2006). This suite of tools employs “drill-down” and “drill-up” concepts to enable navigation between consolidated and detailed levels of information. big data and BI applications can also

entre níveis consolidados e detalhados de informação. Aplicações de Big Data e BI podem ainda incorporar técnicas de Inteligência Artificial, capazes de simular processos de raciocínio humano e apoiar análises preditivas e diagnósticos complexos.

A Machine Vision modela e replica computacionalmente a percepção visual humana, permitindo que máquinas reconheçam objetos, padrões e estruturas no ambiente (Sausen, 2020). A Realidade Virtual cria ambientes imersivos tridimensionais que permitem navegar e interagir com representações digitais de sistemas físicos, enquanto a Realidade Aumentada combina informações virtuais com o ambiente real em tempo real, enriquecendo a percepção espacial do usuário (Botega & Cruvinel, 2009).

Considerando a amplitude territorial das bacias hidrográficas, essas TICs emergentes apresentam grande potencial de aplicação para aprimorar o monitoramento distribuído e a análise integrada da segurança hídrica.

Nesse contexto, emerge o conceito de Bacias Hidrográficas Inteligentes, entendido como um sistema integrado e tecnologicamente orientado de monitoramento das bacias hidrográficas e do Plano de Bacias. Tal abordagem permite aos gestores de recursos hídricos avaliar, com maior precisão e tempestividade, o estado da segurança hídrica da unidade territorial, além de verificar se as intervenções planejadas à medida que são implementadas estão efetivamente contribuindo para o alcance das metas e resultados preconizados.

Assim, o objetivo desse projeto de pesquisa foi destacar os principais problemas relacionados à segurança hídrica em bacias hidrográficas e propor aplicações de Tecnologias da Informação e Comunicação, que utilizem IoT, Big Data, Business

incorporate artificial intelligence techniques that simulate human reasoning and support predictive analyses and complex diagnostics.

machine vision computationally models and replicates human visual perception, enabling machines to recognize objects, patterns, and structures in the environment (Sausen, 2020). virtual reality creates immersive three-dimensional environments that allow for navigation and interaction with digital representations of physical systems. At the same time, augmented reality combines virtual information with the real environment in real time, enriching the user's spatial perception (Botega & Cruvinel, 2009).

Given the vast territorial extent of river basins, these emerging ICTs offer significant potential to enhance distributed monitoring and integrated water security analysis.

In this context, the concept of Smart River Basins emerges, defined as an integrated, technology-driven system for monitoring river basins and their respective basin plans. This approach enables water resource managers to assess the territorial unit's water security status with greater precision and timeliness, while also verifying whether planned interventions, as they are implemented, effectively contribute to achieving established goals and outcomes.

Thus, the objective of this research project was to highlight the main problems related to water security in river basins and to propose applications of Information and Communication Technologies using IoT, big data, business intelligence (BI), artificial intelligence (AI), and other technologies to min-

Intelligence (BI) e Inteligência Artificial (IA), entre outras para minimizar os desafios da gestão dos recursos hídricos tornando este espaço territorial, a bacia hidrográfica, inteligente.

Como resultado, a partir de uma pesquisa aplicada, de natureza exploratória e prescritiva, de caráter quantitativo foi realizada uma revisão sistemática da literatura que apresentou as principais publicações científicas que utilizam essas tecnologias e por meio de um projeto experimental foi desenvolvida uma aplicação de IA que detecta anomalias relacionadas à quantidade e à qualidade da água a partir de dados coletados de sondas telemétricas na estação Ártemis em Piracicaba.

2 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O percurso analítico apresentado neste capítulo permitiu evidenciar a evolução conceitual, metodológica e aplicada de um conjunto de pesquisas desenvolvidas no campo da sustentabilidade e do desenvolvimento sustentável, articulando progressivamente os aportes do Planejamento Estratégico, da Inteligência Organizacional e Competitiva e das Tecnologias da Informação e Comunicação. Observa-se que tal trajetória não ocorreu de forma fragmentada, mas sim de maneira cumulativa e integradora, resultando em avanços teóricos e em aplicações empíricas com potencial impacto social, ambiental e institucional.

Inicialmente, os estudos concentraram-se na análise do grau de incorporação da sustentabilidade nos instrumentos de Planejamento Estratégico organizacional, evidenciando como objetivos, metas e indicadores podem refletir o comprometimento institucional com práticas sustentáveis. Em um segundo momento,

imize water resource management challenges by transforming the river basin into a “smart” territory.

As a result, based on an applied, exploratory, and prescriptive research design with a quantitative approach, a systematic literature review was conducted to identify key scientific publications addressing the use of these technologies; additionally, an AI application was developed through an experimental project to detect anomalies related to water quantity and quality using data collected from telemetry probes at the Ártemis station in Piracicaba.

2 CONCLUDING REMARKS

The analytical path presented in this chapter highlights the conceptual, methodological, and applied evolution of a body of research in the fields of sustainability and sustainable development, progressively integrating contributions from Strategic Planning, Organizational and Competitive Intelligence, and Information and Communication Technologies. This trajectory did not unfold in a fragmented manner but rather through a cumulative and integrative process, resulting in theoretical advances and empirical applications with potential social, environmental, and institutional impact.

Initially, the studies focused on analyzing the extent to which sustainability is incorporated into organizational strategic planning instruments, highlighting how objectives, targets, and indicators can reflect an institutional commitment to sustainable practices. Subsequently, the research advanced by explicitly integrating ICTs into orga-

a pesquisa avançou ao integrar explicitamente as TICs aos sistemas de Inteligência Organizacional e Competitiva, demonstrando que o uso estratégico da informação, apoiado por tecnologias emergentes, constitui um elemento fundamental para a construção de vantagens competitivas sustentáveis em ambientes organizacionais complexos e dinâmicos.

A incorporação dos conceitos de Big Data ampliou significativamente essa abordagem, ao permitir o tratamento analítico de grandes volumes de dados, com elevada velocidade e variedade, incorporando ainda critérios de veracidade e valor informacional. Essa integração reforçou o papel da informação como ativo estratégico, essencial para a tomada de decisão orientada à sustentabilidade, ao permitir que organizações antecipem riscos, identifiquem oportunidades e respondam de forma mais eficiente às demandas econômicas, sociais e ambientais contemporâneas.

O amadurecimento dessas investigações culminou na transposição dos modelos conceituais para o domínio da gestão dos recursos hídricos, materializada no conceito de Bacias Hidrográficas Inteligentes. Nesse contexto, a aplicação integrada de IoT, Big Data, BI, Inteligência Artificial, Machine Vision, Realidade Virtual e Realidade Aumentada mostrou-se estratégica para enfrentar os desafios associados à segurança hídrica, à complexidade territorial das bacias e à necessidade de monitoramento contínuo da quantidade e qualidade da água. A experiência empírica desenvolvida, apoiada por um convênio institucional, demonstrou a viabilidade técnica e o potencial analítico dessas soluções, especialmente por meio da detecção automatizada de anomalias em dados hidrológicos reais.

nizational and competitive intelligence systems, demonstrating that the strategic use of information, supported by emerging technologies, is a fundamental element in building sustainable competitive advantages within complex and dynamic organizational environments.

The incorporation of big data concepts has significantly expanded this approach by enabling the analytical processing of vast volumes of data characterized by high velocity and variety, while also integrating criteria regarding veracity and informational value. This integration has reinforced information as a strategic asset essential for sustainability-oriented decision-making, allowing organizations to anticipate risks, identify opportunities, and respond more efficiently to contemporary economic, social, and environmental demands.

As these investigations matured, the conceptual models were extended to the field of water resources management, culminating in the concept of Smart River Basins. In this context, the integrated application of IoT, big data, BI, artificial intelligence, machine vision, virtual reality, and augmented reality proved strategic for addressing challenges related to water security, the territorial complexity of river basins, and the need for continuous monitoring of water quantity and quality. The empirical experience gained, supported by an institutional partnership, demonstrated the technical feasibility and analytical potential of these solutions, particularly through automated anomaly detection in real hydrological data.

The results indicate that systematically incorporating innovative ICTs

Os resultados alcançados indicam que a incorporação sistemática de TICs inovadoras à gestão sustentável, tanto em contextos organizacionais quanto territoriais, amplia a capacidade de governança, fortalece os processos decisórios e contribui para a promoção do desenvolvimento sustentável. Ademais, evidenciam que a inteligência, enquanto processo informacional orientado à escolha, assume papel central na articulação entre estratégia, tecnologia e sustentabilidade.

Como limitações, destacam-se os desafios relacionados à disponibilidade, padronização e confiabilidade dos dados, bem como à necessidade de capacitação técnica e institucional para a implementação e manutenção dessas soluções tecnológicas. Esses aspectos indicam que a consolidação de modelos inteligentes de gestão exige não apenas infraestrutura tecnológica, mas também arranjos institucionais, políticas públicas e processos de aprendizagem organizacional adequados.

Em pesquisas futuras pretende-se aprofundar a avaliação longitudinal dos impactos dessas tecnologias na governança hídrica e organizacional, explorar a integração de modelos preditivos mais avançados e ampliar a aplicação do conceito de inteligência territorial para outros contextos socioambientais. Dessa forma, espera-se contribuir para o avanço do conhecimento científico e para a construção de soluções sustentáveis, orientadas por dados, informação e inteligência, em benefício da sociedade e do meio ambiente.

into sustainable management, in both organizational and territorial contexts, enhances governance capacity, strengthens decision-making processes, and promotes sustainable development. Furthermore, they show that intelligence, understood as an information-based process oriented toward decision-making, plays a central role in articulating strategy, technology, and sustainability.

Notable limitations include challenges regarding data availability, standardization, and reliability, as well as the need for technical and institutional capacity-building to implement and maintain these technological solutions. These aspects indicate that consolidating intelligent management models requires not only technological infrastructure but also appropriate institutional arrangements, public policies, and organizational learning processes.

Future research will seek to deepen longitudinal assessments of these technologies' impacts on water and organizational governance, explore the integration of more advanced predictive models, and extend the application of the territorial intelligence concept to other socioenvironmental contexts. In doing so, the goal is to contribute to the advancement of scientific knowledge and the development of sustainable solutions guided by data, information, and intelligence for the benefit of society and the environment.

Referências/*References*

Alves, R. de P., & Falsarella, O. M. (2009). Modelo conceitual de inteligência organizacional aplicada à função manutenção. *Gestão e Produção, 16*(2), 313–324. https://doi.org/10.1590/S0104-530X2009000200013

Barbieri, J. C., Vasconcelos, I. F. G., Andreassi, T., & Vasconcelos, F. C. (2010). Inovação e sustentabilidade: Novos modelos e proposições. *RAE – Revista de Administração de Empresas, 50*(2), 146–154. https://doi.org/10.1590/S0034-75902010000200002

Beulke, D. (2011). *Big Data impacts data management: The 5 Vs of Big Data*. http://davebeulke.com/big-data-impacts-data-management-the-five-vs-ofbig-data/

Botega, L. C., & Cruvinel, P. E. C. (2009). Realidade virtual: Histórico, conceitos e dispositivos. In *Anais do XI Simpósio de Realidade Virtual e Aumentada*. SBC, Porto Alegre. http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/578635

Falsarella, O. M., Silva, M. L. R. da, & Mariosa, D. F. (2022). O processo de decisão na gestão de recursos hídricos: A contribuição da Internet das Coisas (IoT) e Big Data. *Journal on Innovation and Sustainability – RISUS, 13*(2), 45–58. https://doi.org/10.23925/2179-3565.2022v13i2p45-58

Gleick, P., & Iceland, C. (2018). *Water, security, and conflict*. (Issue Brief, pp. 1–16). World Resource Institute & Pacific Institute. https://pacinst.org/wp-content/uploads/2018/08/Water-Security-and-Conflict.pdf

Kaisler, S., Armour, F., & Espinosa, A. (2013). Introduction to Big Data: Scalable representation and analytics for data science. In *Proceedings of the 46th Hawaii International Conference on System Sciences* (p. 984). IEEE Computer Society. https://dl.acm.org/doi/10.1109/HICSS.2014.97

Luvizan, S., Meirelles, F., & Diniz, E. H. (2014, maio). Big Data: Publication evolution and research opportunities. In *Anais do 11th CONTECSI -International Conference on Information Systems and Technology Management*. USP, São Paulo. https://doi.org/10.5748/9788599693100-11CONTECSI/PS-694

Munck, L., & Souza, R. B. (2009). Responsabilidade social empresarial e sustentabilidade organizacional: A hierarquização de caminhos estratégicos para o desenvolvimento sustentável. *Revista Brasileira de Estratégia, 2*(2), 185–202. https://doi.org/10.7213/rebrae.v2i2.13457

Santos, M. Y., & Ramos, I. (2006). *Business intelligence: Tecnologias da informação na gestão de conhecimento*. FCA Editora de Informática.

Sausen, D., Marques, L. P., Costa, G. de A., Melo, M. C. de, & Azevedo, L. B. (2020). Agrotecnologias disruptivas. *RECoDAF – Revista Eletrônica Competências Digitais para Agricultura Familiar, 6*(2), 41–68. https://owl.tupa.unesp.br/recodaf/index.php/recodaf/article/view/126/283

Thompson, A. A., Strickland III, A. J., & Gamble, J. E. (2008). *Administração estratégica*. (15ª ed.). McGraw-Hill.

Tundisi, J. G. (2006). Novas perspectivas para a gestão dos recursos hídricos. *Revista USP*, (70), 24–35. https://doi.org/10.11606/issn.2316-9036.v0i70p24-35

Zeng, F., Pang, C., & Tang, H. (2024). Sensors on Internet of Things systems for the sustainable development of smart cities: A systematic literature review. *Sensors, 24*(7), 2074. https://doi.org/10.3390/s24072074



ORANDI MINA FALSARELLA

E-mail: orandi@puc-campinas.edu.br | ORCID: https://orcid.org/0000-0002-2200-5094

Professor e pesquisador do Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade da PUC-Campinas. Doutor em Engenharia Mecânica (Unicamp), com foco em gestão estratégica de TIC, mestre em Informática e graduado em Análise de Sistemas pela PUC-Campinas. Possui ampla produção científica em periódicos e eventos nacionais e internacionais, além de participação e coordenação de projetos financiados por FAPESP e CNPq. Tem experiência na organização de eventos científicos, como o Sustentare WIPIS, e atuação profissional em consultorias para o Ministério da Saúde, via UNESCO. Desenvolve ensino e pesquisa em Sistemas de Informação, apoio à decisão, gestão do conhecimento, planejamento estratégico, gestão de TIC, sustentabilidade e recursos hídricos.

Professor and researcher in the Graduate Program in Sustainability (PPGS) at PUC-Campinas. PhD in Mechanical Engineering (Unicamp), with a focus on strategic ICT management; a Master's degree in Computer Science; and a Bachelor's degree in Systems Analysis from PUC-Campinas. He has extensive scientific production in national and international journals and events, as well as participation in and coordination of projects funded by FAPESP and CNPq. He has experience organizing scientific events, such as Sustentare WIPIS, and has consulted for the Ministry of Health through UNESCO. He teaches and researches Information Systems, decision support, knowledge management, strategic planning, ICT management, sustainability, and water resources.