

Metodologia para a construção de uma política pública de inovação tecnológica em recursos hídricos: da construção da agenda a decisão organizacional

Methodology for the construction of a technological innovation public policy in water resources: from agenda building to organizational decision

João Coelho Lima Verde Neto¹ , Francisco de Assis de Souza Filho¹ 

¹Universidade Federal do Ceará – UFC, Fortaleza, CE, Brasil. E-mails: jclvneto@gmail.com, assis@ufc.br

Como citar: Verde Neto, J. C., & Souza Filho, F. A. (2022). Metodologia para a construção de uma política pública de inovação tecnológica em recursos hídricos: da construção da agenda a decisão organizacional. *Revista de Gestão de Água da América Latina*, 19, e5, <https://doi.org/10.21168/rega.v19e5>

RESUMO: Esse trabalho propõe uma metodologia robusta de desenvolvimento de tecnologias inovadoras em políticas públicas para o setor hídrico cearense. Essa metodologia contemplou, a criação de uma Agenda de Inovação e Planejamento Estratégico e Operacional de implantação da tecnologia. Destarte, foi realizado um *workshop* com especialistas e efetuado um estudo de caso na Companhia de Gestão de Recursos Hídricos (Cogerh) para escolha, por meio de algoritmos de seleção multicritério, e implantação de um projeto de inovação tecnológica. A geração de energia a partir de painéis fotovoltaicos flutuantes foi selecionada pelas análises. Com os resultados, estruturou-se um compêndio de 32 diretrizes nas quatro dimensões do projeto – Regulatória, Técnica, Socioambiental e Comercial. Finalmente, introduziu-se o Centro de Águas como uma plataforma de interlocução entre agentes do Estado e testou-se a aderência metodológica a qual se mostrou aplicável fora do contexto privado.

Palavras-chave: Empreendedorismo; Inovação; Políticas Públicas; Recursos Hídricos; Planejamento.

ABSTRACT: This work proposes a robust methodology for the development of innovative technologies in public policies for the water sector in Ceará. This methodology contemplated the creation of an Innovation Agenda and Strategic and Operational Planning for the technology implementation. Therefore, a workshop was conducted with specialists and a case study was done at the Water Resources Management Company (Cogerh) to choose, by using multicriteria selection algorithms, and implementation of a technological innovation project. The energy generation from floating photovoltaic panels was selected by the analyses. With the results, a compendium of 32 guidelines was structured in the four dimensions of the project - Regulatory, Technical, Social-environmental and Commercial. Finally, the Water Center was introduced as a platform for interlocution among the state's agents and the methodological adherence was tested and proved to be applicable outside the private context.

Keywords: Entrepreneurship; Innovation; Public Policies; Water Resources; Planning.

1. INTRODUÇÃO

Os riscos de escassez hídrica provocados pela crescente demanda por recursos e acompanhada pela redução das fontes de abastecimento, devido aos efeitos danosos ao meio ambiente – poluentes, mudanças climáticas, etc. – têm provocado uma busca intensa por novas tecnologias as quais permitam o acesso humano à água de forma robusta, eficiente e estável (Elimelech, Phillip, 2011).

Dentro desse contexto, revela-se também a importância da adoção de uma Agenda de Inovação, bem como de uma metodologia consistente de implementação desses projetos tecnológicos e de políticas públicas disruptivas (De Vries et al., 2016), mitigando os riscos das crises e garantindo segurança hídrica à população.

Destarte, programas de incentivo à pesquisa e ao desenvolvimento de um ecossistema empreendedor, como o Cientista Chefe – promovido pelo Governo do Estado do Ceará pela Fundação

Recebido: Fevereiro 07, 2022. Revisado: Maio 09, 2022. Aceito: Maio 24, 2022.



Este é um artigo publicado em acesso aberto (*Open Access*) sob a licença *Creative Commons Attribution*, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP) – despontam como ferramentas de interlocução entre a Academia, o Governo e as Empresas, gerando soluções de forte aderência às necessidades da sociedade e do mercado (Leydesdorff & Etzkowitz, 1996).

Além disso, a interação multisetorial hídrica e energética se consolida em um Nexus para garantir o desenvolvimento sustentável da sociedade (Maxwell, 2016). Dentro desse contexto, a Cogerh, um dos maiores agentes da Cadeia Produtiva da Água no Ceará, a partir de suas atividades de gestão e planejamento estratégico, cooperou com esse trabalho como um estudo de caso no desenvolvimento de um projeto de inovação para a implantação de um sistema gerador de energia fotovoltaica, aproveitando sua grande oferta de espelhos d'água.

Com isso, a proposta metodológica aqui desenvolvida inicia pela concepção de uma Agenda de Inovação para o setor de recursos hídricos construída pelo formulador da política de águas – no caso do Ceará, a Secretária de Recursos Hídricos com ampla participação das instituições de recursos hídricos e saneamento do Estado. Essa agenda de inovação identifica tecnologias e projetos estratégicos que têm potencial de gerar grande impacto nos produtos e serviços da cadeia produtiva da água. Assim, cada instituição tem a possibilidade de priorizar as tecnológicas e ações estratégicas definidas nessa agenda.

A metodologia proposta opera da construção da agenda de inovação para todo o sistema de recursos hídricos até a decisão de priorização e implantações dessas tecnologias em cada organização, contemplando, dessa forma, as etapas de decisão da política pública de inovação em recursos hídricos nas condições do arcabouço institucional do sistema analisado.

Portanto, mitigar os impactos dos eventos hidrológicos extremos (secas e cheias) e garantir água em quantidade e qualidade adequadas para os diferentes usos – humanos, econômicos e ecossistêmico – tem sido um desafio global, dado que 80% da população mundial encontra-se em situação de segurança hídrica ou biodiversidade ameaçada (Vörösmarty et al., 2010).

Além disso, mudanças climáticas e ações antrópicas têm provocado um crescimento substancial das áreas secas no mundo. Modelos climáticos apontam para um aumento na aridez global ao longo das últimas décadas, persistindo para os anos subsequentes (Mishra & Singh, 2010).

Dessa maneira, a construção de uma Cadeia Produtiva da Água por meio da interlocução entre a academia, o poder público e a indústria tem sido um caminho para a obtenção de soluções inovadoras no setor de Recursos Hídricos (Leydesdorff & Etzkowitz, 1996). E essas soluções, juntamente com novas tecnologias, produzem impactos positivos e reduzem significativamente os riscos hídricos (Vörösmarty et al., 2010).

O processo de transformação tecnológica, portanto, se enquadra em um amplo contexto econômico, social e científico. Assim, ao passo que novas soluções disruptivas surgem, existe um vasto espectro de fatores que se inter-relacionam e compõe o cenário conjuntural da cadeia de inovação (Giget & Hillen, 2018).

Ao longo da história, essa acumulação gradual de descobertas transformou drasticamente as relações entre o homem, a sociedade e o meio ambiente e deu início a era das Revoluções Industriais (ver Figura 1).

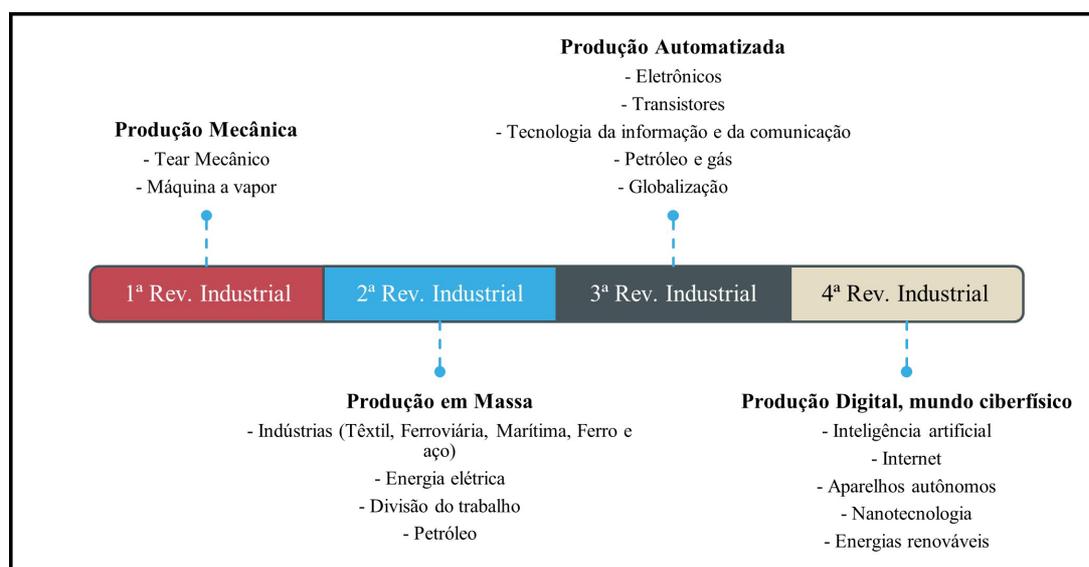


Figura 1 - As Revoluções Industriais. Fonte: Elaborado pelo autor.

Segundo Klaus Schwab (2016), autor do livro “A Quarta Revolução Industrial” e presidente do Fórum Econômico Mundial, nanotecnologias, neurotecnologias, robôs, inteligência artificial, biotecnologia, sistemas de armazenamento de energia, drones e impressoras 3D são exemplos de inovações disruptivas que podem transformar o nosso modo de vida, unindo os mundos físico, biológico e digital.

Assim, a 4ª Revolução Industrial, também chamada de Revolução 4.0, traz consigo a automatização, a internet das coisas e a computação na nuvem, formando um sistema ciberfísico e redes inteligentes. Em uma sobreposição de presente e futuro, Brynjolfsson & McAfee (2014), no livro “A Segunda Era das Máquinas”, acredita que os inovadores, pesquisadores e empreendedores construirão uma tecnologia a qual, além de trabalhar para nós, nos surpreenderá.

1.1. A temática da Inovação

A Era Digital proporcionou não apenas um aumento na produtividade das empresas, mas também uma aceleração na velocidade das inovações. Com pouco capital inicial, empresas de tecnologias disruptivas, como Uber, Whatsapp, entre outras, conquistaram abrangência mundial em pouquíssimos anos corroborando o conceito de “super-indústria” lançado por Toffler (1971).

Um dos primeiros a utilizar esse termo, o economista Joseph Schumpeter acreditava que a capacidade de inovação era o motor do desenvolvimento capitalista. Além disso, Schumpeter et al. (1983), em seu livro “A Teoria do Desenvolvimento Econômico”, considera que o número de inovações é praticamente ilimitado, porém somente as rentáveis são possíveis na vida real.

1.2. A Inovação e os Recursos Hídricos

O consumo mundial de água cresce em ritmo duas vezes mais intenso que o aumento da população mundial (Partzsch, 2009), pressionando a relação do homem com os recursos hídricos por mudanças drásticas.

Tecendo um paralelo ao que aconteceu com o sistema industrial, segundo Sedlak (2014) a sociedade humana passou por três Revoluções da Água (ver Figura 2).

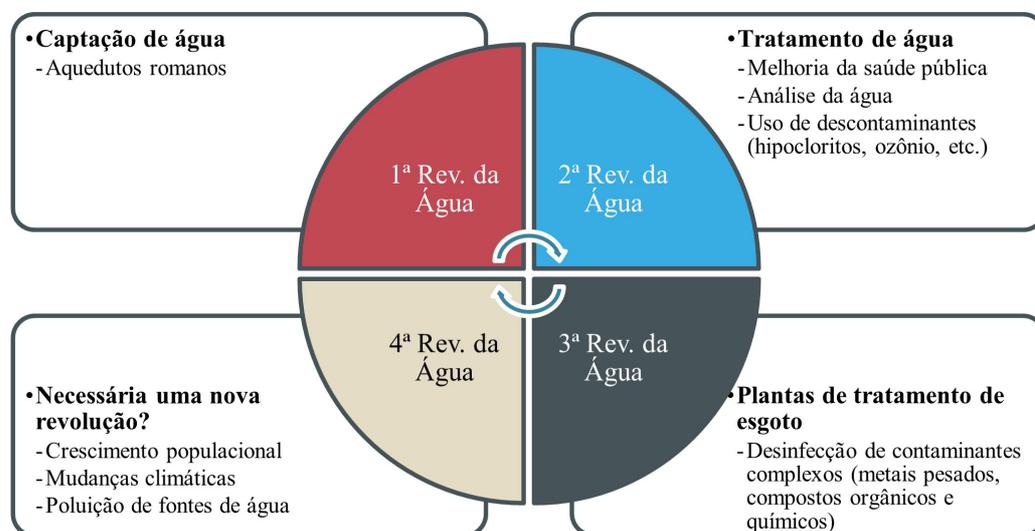


Figura 2 - As Revoluções da Água. Fonte: Elaborado pelo autor.

1.2.1. A Primeira Revolução da Água

A primeira revolução, chamada de “Água 1.0”, aconteceu na Roma antiga com os primitivos sistemas de captação de água e despejo de esgotos (Sedlak, 2014). O governo romano conseguiu desenvolver um intrincado sistema de abastecimento capaz de levar água a longas distâncias e enfrentando diversos obstáculos.

Além dos aquedutos, diversos outros avanços tecnológicos foram realizados pela sociedade romana com o intuito de suprir a população distante das fontes hídricas. O texto “*De architectura of Vitruvius*”, escrito no ano 25 A.C., aponta uma série de temas técnicos a respeito do abastecimento sobretudo para irrigação (Smith, 1978).

1.2.2. A Segunda Revolução da Água

O aglomerado repentino de pessoas no ambiente urbano começou a gerar surtos de doenças, como cólera e febre tifoide, devido ao consumo de águas contaminadas. Dessa maneira, a Segunda Revolução, “Água 2.0”, aconteceu com o desenvolvimento das primeiras formas de tratamento de água o que representou um salto de qualidade na saúde pública (Sedlak, 2014).

Dessa maneira, com o desenvolvimento científico, bem como o de ferramentas e técnicas de análise a partir do século XVIII, a descoberta de seres patológicos como bactérias, vírus e outros contaminantes físicos e químicos na água permitiu a mitigação de crises epidêmicas ocasionadas devido à má qualidade de abastecimento urbano, como os surtos de febre tifoide e cólera na década de 1850 em Londres (Hall & Dietrich, 2000).

No século XX, além das técnicas de filtração desenvolvidas nas décadas anteriores, o tratamento da água passou a fazer uso também de ozônio e hipocloritos para desinfecção (Johnson, 1911). Cidades pioneiras, como Nova Jersey, nos Estados Unidos, tiveram resultados bastante positivos com a esterilização da água (Mcguire, 2006).

1.2.3. A Terceira Revolução da Água

A Revolução “Água 3.0” ocorreu com a implementação das plantas de tratamento de esgoto devido à constante expansão e aumento de dejetos dos primeiros grandes centros urbanos. Inicialmente com o intuito apenas estético e para tratar da depleção do oxigênio nos mananciais, as estações de tratamento evoluíram para proteger as fontes de água potável e os ecossistemas aquáticos removendo também metais pesados, compostos orgânicos e químicos, entre outros dejetos (Sedlak, 2014).

Ao longo da história, os tratamentos de esgotos apresentaram diversos desafios técnicos e políticos. Com isso, diferentes tecnologias foram desenvolvidas para mitigar os impactos danosos dos poluentes, como: tratamento primário, por sedimentação; tratamento secundário, por meio de micro-organismos para decomposição de resíduos orgânicos; processamento de sólidos; processos de desinfecção; sistemas de membranas e de biorreatores, entre outros (Lofrano & Brown, 2010).

1.2.4. A Quarta Revolução da Água

Em seu livro “*Water 4.0*”, Sedlak (2014) ainda sugere que necessitamos de uma Quarta Revolução – Água 4.0. Nesse contexto, o crescimento populacional e as mudanças climáticas fragilizam a nossa capacidade de abastecimento. Fato esse observado pelas crises hídricas que grandes centros vêm passando nos últimos anos.

Sedlak (2014) elucida quatro possíveis caminhos para enfrentar a problemática da água (ver Figura 3).

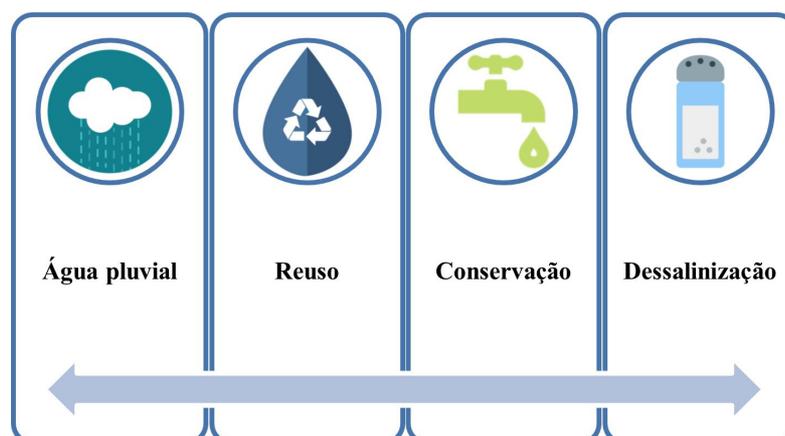


Figura 3 - Possíveis novas fontes hídricas. Fonte: Elaborado pelo autor.

Outros autores ainda complementam esse rol de medidas para a problemática da água, como: descentralização da captação de águas pluviais (Partzsch, 2009), políticas de governança participativa (Bakker & Cook, 2011), desenvolvimento de modelos de negócios sustentáveis e um “mercado verde” (Boons et al., 2013), etc.

2. METODOLOGIA

O método de pesquisa utilizado consiste em uma etapa de “Diagnóstico das demandas tecnológicas e elaboração do Plano Estratégico de implementação de uma tecnologia inovadora”. Este tópico está subdividido em: “Prospecção das principais tecnologias inovadoras”; “Seleção das alternativas tecnológicas prioritárias”; “Estratégias de implementação”; “Análise de desempenho e êxito da inovação”.

• Diagnóstico das demandas tecnológicas e elaboração do Plano Estratégico de implementação de uma tecnologia inovadora

Com o intuito de realizar o diagnóstico das demandas tecnológicas e concepção do Plano Estratégico de implementação de uma tecnologia inovadora, criou-se uma metodologia de inovação voltada ao setor público a qual apresenta similaridades à estrutura do Processo de Inovação elucidada por Tidd & Bessant (2015).

A primeira fase consiste na realização de um *Workshop* e no preenchimento de um *Roadmap*. Enquanto que as três etapas finais da metodologia estão subdivididas em três novas fases, as quais serão discutidas ao longo desse trabalho (ver Figura 4).



Figura 4 - Etapas da metodologia. Fonte: Elaborado pelo autor.

2.1. PROSPECÇÃO DAS PRINCIPAIS TECNOLOGIAS INOVADORAS

Com o intuito de identificar, de forma sistemática e em conjunto, os principais problemas e demandas científicas e tecnológicas para os Recursos Hídricos, é proposto a concepção de uma Agenda de Inovação. Para tanto, faz-se necessário um debate rigoroso de ideias (*brainstorming*) com vistas a definir estratégias específicas para desenvolver os projetos de inovação no setor.

Assim, o ambiente de discussão se situou em um *Workshop* de dois dias e com aproximadamente 20 profissionais atuantes na cadeia hídrica do Estado e seguiu a estrutura de um *Roadmap* com horizonte de 5 anos.

• Workshop – Preenchimento do Roadmap

O preenchimento do *Roadmap* será dividido em duas fases. A primeira consistiu na discussão dos 3 primeiros tópicos: Motores de mudança, Desafios e Oportunidades. Enquanto que a segunda parte, referiu-se aos tópicos subsequentes: Tecnologias, Projetos e Lideranças, respaldando-se nas ideias definidas na etapa anterior

- **Motores de mudança** – São os fatores que impulsionam e motivam uma quebra da situação inicial de gestão dos Recursos Hídricos.
- **Desafios** – São os aspectos negativos que podem pôr em risco determinada vantagem competitiva.
- **Oportunidades** – São os aspectos positivos que podem proporcionar vantagem competitiva.
- **Tecnologias** – Conjunto de técnicas, processos, métodos, meios e instrumentos disponíveis.
- **Projetos** – Sistematização dos principais planos a serem concebidos.
- **Lideranças** – São os principais agentes responsáveis por pôr em prática e fomentar o projeto.

2.2. Seleção das alternativas tecnológicas prioritárias

2.2.1. Construção do instrumento de consulta

Nesta fase, as tecnologias advindas do *Workshop*, juntamente com outras possíveis referências bibliográficas e tecnológicas da Cogerh, foram analisadas por meio de entrevistas com especialistas da empresa cujo intuito foi conceber uma matriz sucinta das alternativas de maior aderência à Companhia.

Uma vez concluída a etapa de seleção das alternativas de maior relevância para a Cogerh, foi realizada uma consulta ao seu quadro diretivo por meio de um questionário eletrônico via *Google Forms*. Nele, o diretor deve pontuar todas as alternativas de 0 a 5, em que 0 indica menor prioridade para a empresa e 5 maior prioridade (ver Figura 5).

Escolha das tecnologias

1. Camadas anti-evaporantes a ser implantadas nos açudes (Ex.: monolayers). *

0 1 2 3 4 5

○ ○ ○ ○ ○ ○

2. Wetland e cone speece para melhoria da qualidade da água. *

0 1 2 3 4 5

○ ○ ○ ○ ○ ○

Figura 5 - Trecho do formulário eletrônico elaborado para consulta aos diretores da Cogerh. Fonte: O autor (2020).

2.2.2. Metodologias de hierarquização

A fim de hierarquizar as soluções votadas pelo quadro diretivo, diferentes metodologias multicritério são utilizadas (Matriz de ponderação, Topsis, Promethee e Electre). Dessa maneira, a opção melhor ranqueada foi selecionada para elaboração de um Plano Estratégico de implementação.

a) Matriz de ponderação

Esse é o método mais simples e direto. Nesse caso, não é levado em consideração a dominância e interferência de uma alternativa com outra. Ele é constituído basicamente pelo somatório da pontuação de cada alternativa ponderado pelo peso do votante, arbitrado pelo tomador de decisão, em relação aos seus pares.

$$Soma = \sum_1^n Votante_n \times Peso_n \quad (1)$$

b) Topsis

Do inglês *Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution* (TOPSIS). Esse método calcula, para cada alternativa, uma distância da solução considerada ideal, definida pela melhor pontuação a cada critério. Sendo assim, as melhores alternativas devem ter a menor distância da solução positiva ideal (*Positive Ideal Solution* - PIS) e a maior distância da solução negativa ideal (*Negative Ideal Solution* - NIS).

Seguindo os mesmos cálculos, mas adaptando a metodologia apresentada por Behzadian et al. (2012), o algoritmo foi dividido em 6 passos:

• Passo 1

Geração da matriz de decisão $D = [x_{ij}]_{m \times n}$, em que as linhas são as diferentes alternativas (A) e as colunas são os diferentes critérios (C):

$$D = \begin{bmatrix} x_{11} & \dots & x_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad (2)$$

• Passo 2

Todos os critérios são ponderados segundo um peso (W) definido pelo tomador de decisão, em que, para cada critério, a soma de seus pesos é unitária, ou seja, $\sum_1^n w_i = 1$.

• **Passo 3**

Depois de preenchida, a matriz D é normalizada em uma matriz $R = [r_{ij}]_{m \times n}$, em que:

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_1^m x_{ij}^2}} \quad (3)$$

E calcula-se a matriz de ponderação $P = [p_{ij}]_{m \times n}$, oriunda da relação:

$$p_{ij} = w_j \times r_{ij}. \quad (4)$$

• **Passo 4**

Identificação da solução ideal positiva (A^+), para critérios de impacto positivo, e da solução ideal negativa (A^-), para critérios de impacto negativo, onde:

$$A^+ = (p_1^+, p_2^+, \dots, p_n^+) \text{ e } A^- = (p_1^-, p_2^-, \dots, p_n^-) \quad (5)$$

Sendo:

$$\text{se critérios de impacto positivo: } \begin{cases} p_j^+ = \max_i(p_{ij}) \\ p_j^- = \min_i(p_{ij}) \end{cases}, \text{ ou}$$

$$\text{se critérios de impacto negativo: } \begin{cases} p_j^+ = \min_i(p_{ij}) \\ p_j^- = \max_i(p_{ij}) \end{cases}$$

• **Passo 5**

Calcula-se, para cada alternativa, a distância euclidiana em relação aos vetores de soluções ideais (A^+ e A^-):

$$\begin{cases} d_i^+ = p_j^+ - p_{ij} = \sqrt{\sum_{j=1}^n (d_{ij}^+)^2} \\ d_i^- = p_j^- - p_{ij} = \sqrt{\sum_{j=1}^n (d_{ij}^-)^2} \end{cases} \quad (6)$$

• **Passo 6**

É realizado o cálculo da proximidade ou similaridade relativa, índice que varia de 0, para a pior solução (mais próxima da solução ideal negativa e distante da positiva), até 1, para a melhor (mais próxima da solução ideal positiva e distante da negativa):

$$s_i = \frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-} \quad (7)$$

Com os dados de proximidade, é então feito o ranqueamento das alternativas, sendo as melhores – e, portanto, as que devem ser preferidas – aquelas que obtiverem maior valor de s_i .

c) Promethee

Do inglês Preference Ranking Organization METHod for Enrichment of Evaluations (PROMETHEE). Segundo Brans et al. (1986) esse método pertence à família de algoritmos com abordagem de Sobreclassificação (do inglês *Outranking*). Ele funciona promovendo uma relação de sobreclassificação a partir dos índices de preferência e discordância e da construção de fluxos de subordinação entre as diferentes alternativas.

Essa metodologia é utilizada para tomada de decisão complexa ponderando percepções e julgamentos humanos no processo decisório. Assim, o Promethee não foca em definir uma “decisão certa”, mas em encontrar a alternativa que melhor se encaixa para os objetivos do problema, definindo assim sinergias, conflitos e clusters entre as alternativas.

O algoritmo apresenta como saída duas variáveis, “V1” e “V2”, que indicam os fluxos positivos e negativos, respectivamente, de cada alternativa. Ou seja, quanto maior o valor de “V1”, maior a dominância dessa alternativa, enquanto que, quão maior for “V2”, mais influência ela recebe das demais.

Esse método pode ser dividido em três passos:

- **Passo 1**

Consiste no cálculo do grau de preferência para cada par de alternativas para cada critério, dada pela função de preferência.

Existem vários tipos de funções de preferência: usual, em forma de “U” ou “V”, em níveis e etc. Nesse estudo, abordaremos apenas a função gráfica em nível, pelo fato das respostas serem pontuadas em números discretos. Matematicamente sua equação é:

$$P_j(a_j) = \begin{cases} 0, & \text{se } |a_j| \leq q_j \\ 1/2, & \text{se } q_j \leq |a_j| \leq p_j \\ 1, & \text{se } |a_j| > p_j \end{cases} \quad (8)$$

Onde “q” é o limiar da indiferença e “p” é o limiar da preferência.

- **Passo 2**

Calcula-se os fluxos uni-critério, que são fluxos indicativos de preferência de uma alternativa sobre outra. São divididos em três categorias:

- **Fluxos positivos ou saindo (V1):** valor que varia de 0 a 1 e indica o grau de preferência de uma alternativa sobre todas as outras. Dada pela equação:

$$V1 = \phi^+(a_i) = \frac{\sum_{j=1}^n P_{ij}}{n-1} \quad (9)$$

- **Fluxos negativos ou entrantes (V2):** valor que varia de 0 a 1 e indica o grau de preferência de todas as alternativas sobre uma específica. Dada pela equação:

$$V2 = \phi^-(a_i) = \frac{\sum_{j=1}^n P_{ji}}{n-1} \quad (10)$$

- **Fluxos líquido:** é dada pela soma dos fluxos positivos e negativos de cada alternativa. Dada pela equação:

$$\phi(a_i) = \phi^+(a_i) - \phi^-(a_i) \quad (11)$$

- **Passo 3**

Calcula-se os fluxos globais que são os resultados das somas dos fluxos uni-critério ponderados a partir do peso relativo de cada critério. Matematicamente representado por:

$$\phi(a) = \sum_{i=1}^k w_i * \phi_i(a) \quad (12)$$

d) Electre I

Do acrônimo francês *Élimination Et Choix Traduisant la Réalité* (ELECTRE), essa metodologia de análise multicritério tem por foco comparar cada alternativa entre si, utilizando o conceito de concordância e discordância afim de revelar pontuações de preferência para o tomador de decisão.

Esse algoritmo apresenta como saídas uma matriz de concordância e outra de discordância. Assim, na primeira matriz, uma maior pontuação do índice de concordância indica que essa determinada alternativa (na linha) teve um desempenho superior, por mais votantes, em relação ao seu par na coluna. Enquanto que, na segunda matriz, os índices de discordância indicam uma desvantagem relativa ao seu par na coluna.

Finalmente, define-se os limiares de concordância e discordância. Esses valores são arbitrados pelo manipulador do código e servem para montar a Tabela de Superação.

Sistematizando, o método Electre I conta com cinco passos:

- **Passo 1**

Primeiramente monta-se a matriz de decisão $P = [x_{ij}]_{m \times n}$, em que as linhas são as diferentes alternativas (A) e as colunas são os diferentes critérios (C):

$$P = \begin{bmatrix} x_{11} & \cdots & x_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & \cdots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad (13)$$

Logo em seguida, seus valores são normalizados, gerando a matriz $R = [r_{ij}]_{m \times n}$, em que:

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_1^m x_{ij}} \quad (14)$$

- **Passo 2**

É realizado o cálculo dos índices de concordância (c_{ik}) e discordância (d_{ik}), montando-se as matrizes de concordância $C = [c_{ik}]_{m \times n}$ e discordância $D = [d_{ik}]_{m \times n}$, onde:

$$c_{ik} = \sum_{j \in C(x_i, x_k)} w_j \quad (15)$$

Ou seja, para cada coluna “j”, é verificado se a alternativa “i” supera a “k”. Em caso positivo, adota-se o seu respectivo peso “ w_j ” e, em caso negativo, adota-se 0. Ao final, somam-se todos valores.

Para a discordância, primeiramente calcula-se a escala Δ_j dos critérios, dada pela diferença entre o maior e o menor valor de cada coluna. Assim, tem-se:

$$\Delta_j = \max(x_j) - \min(x_j) \quad (16)$$

Então escolhe-se a maior:

$$\Delta = \max(\Delta_j) \quad (17)$$

Com isso, o índice de discordância é calculado como:

$$d_{ik} = \max [v_j(x_k) - v_j(x_i)] / \Delta \quad (18)$$

Ou seja, para cada coluna “j”, subtrai-se o valor da alternativa “k” pelo valor da alternativa “i”. Ao final, toma-se o maior desses resultados e divide-se pela escala.

- **Passo 3**

Nessa etapa, define-se os limiares de concordância e discordância arbitrados pelo manipulador do código. Em seguida, constrói-se a matriz de superação $S = [s_{ik}]_{m \times n}$ segundo a regra:

$$\begin{cases} \text{se índice de concordância} > \text{Limiar de concordância} \\ \text{e índice de discordância} < \text{Limiar de discordância} \end{cases} \rightarrow s_{ik} = 1$$

$$\text{senão} \rightarrow s_{ik} = 0 \quad (19)$$

- **Passo 4**

Uma vez formada a matriz de superação, pode realizar a representação gráfica das relações de superação. Ou seja, $s_{ik} = 1$ indica que devemos desenhar uma seta saindo da alternativa “i” para a alternativa “k”. Caso $s_{ik} = 0$, não há seta.

2.2.3. Entrevistas não estruturadas com especialistas do tema

Após a escolha da tecnologia de maior relevância, passou-se para a etapa de identificação dos fatores chave para implementação de nova tecnologia. Nesse caso, foram realizadas diversas entrevistas com especialistas sêniores da Cogehr cujas principais ideias foram consolidadas, sob tutoria, em um mapa mental de resumo. Esses fatores posteriormente serviram de roteiro preparatório na condução das entrevistas subsequentes com outros profissionais atuantes na temática escolhida.

Com isso, posteriormente, foram consultados, por meio de plataformas virtuais de vídeo conferência, os especialistas das áreas de Inovação e de Tecnologia e executivos atuantes no mercado e com experiência em implantação de projetos de escopo semelhante.

2.3. Estratégias de implementação

Durante o processo de implementação, existe a tomada de decisão dentro de um ambiente de incertezas, uma vez que é impossível conhecer todas as variáveis do sistema de inovação. Dessa maneira, o Funil da Inovação, também chamado de *stage-gate*, ilustra a transição da área conceitual para a aplicação, passando por uma série de etapas sucessivas de avaliação.

O presente trabalho tem foco somente na primeira etapa do funil, pois a concretização do Projeto não será tema deste texto. Assim, essa dissertação elabora o Conceito Inicial a partir de referências técnicas e bibliográficas e visa preparar as principais métricas de construção do Projeto Detalhado a ser posto em Teste e Lançado posteriormente.

2.3.1. Análise bibliográfica e definição das dimensões de domínio do projeto

Ao final da fase de coleta de informações com especialistas, realizou-se um aprofundamento teórico por meio de uma bibliografia científica complementar composta por artigos, relatórios e textos pertinentes ao desenvolvimento do projeto da tecnologia escolhida.

O objetivo desse estudo é elucidar, por meio de uma base teórico-científica e técnica, quais as principais diretrizes a serem visualizadas durante as etapas subsequentes de construção do projeto em questão.

2.3.2. Sistematização do conteúdo do planejamento estratégico

Uma vez definida as principais diretrizes, passa-se então à fase de ramificação e detalhamento dos aspectos prioritários necessários à implantação futura.

Esse tópico, portanto, sistematiza as indagações precípuas as quais devem ser abordadas durante o planejamento estratégico do projeto. Cada questionamento situa-se em uma das dimensões principais de análise definida anteriormente e remete aspectos de cunho técnico-teórico versados na literatura corrente.

2.3.3. Etapas executivas do projeto

O presente texto não se debruçará sobre enredo executivo do projeto escolhido, que somente se experenciará nos anos posteriores, além do escopo dessa análise. O foco desse estudo, portanto, permeou entre as fases de planejamento estratégico e visou a concepção de um mecanismo de evolução gradativa do ecossistema inovador.

Dessa maneira, deve-se conceber, no Estado, um dispositivo de auxílio contínuo à implementação de ideias disruptivas, permitindo que a agenda de inovações tenha sustentação em um caminho consolidado e consistente de interlocução entre os diferentes agentes implicados a esse ecossistema: *startups*, empresas, clientes, instituições de pesquisa, etc.

2.4. Análise de desempenho e êxito da inovação

Na fase final da metodologia, Tidd & Bessant (2015) abordam a temática do valor que a inovação irá agregar. Assim, na metodologia aqui aplicada, essa etapa descreve o planejamento de uma estratégia de exame de desempenho.

Nesse contexto, o significado de valor, aqui referido, vai além da concepção puramente financeira. O objetivo do desenvolvimento tecnológico é aportar um benefício à sociedade e à empresa. Destarte, a fim de avaliar essa captura de valor e medir os resultados da inovação, aplicou-se, de forma adaptada, as diretrizes do Manual de Oslo (Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico, 2007).

3. RESULTADOS

Diagnóstico das demandas tecnológicas e elaboração do Plano Estratégico de implementação de uma tecnologia inovadora.

3.1. Prospeção das principais tecnologias inovadoras

Para melhor identificação e entendimento das circunstâncias que permeiam a problemática dos Recursos Hídricos, promoveu-se um *workshop* de dois dias no *Campus* do Pici com a participação de aproximadamente 20 profissionais atuantes no setor.

• **Workshop – Preenchimento do Roadmap**

As discussões propostas no seminário, visavam a construção de um *Roadmap* sobre as principais linhas estratégicas e percalços da inovação no âmbito dos Recursos Hídricos do estado do Ceará.

Nesse contexto, conforme explicado na metodologia o preenchimento *Roadmap* dividiu-se em seis tópicos: Motores de mudança, Desafios e Oportunidades – na primeira parte; Tecnologias, Projetos e Lideranças – na etapa subsequente. Os resultados estão compilados na Tabela 1 e Figura 6.

Tabela 1 - Resultados do *Workshop*.

12 Motores de mudança	34 Desafios	50 Projetos
39 Oportunidades	33 Tecnologias	15 Lideranças

Fonte: Elaborado pelo autor.

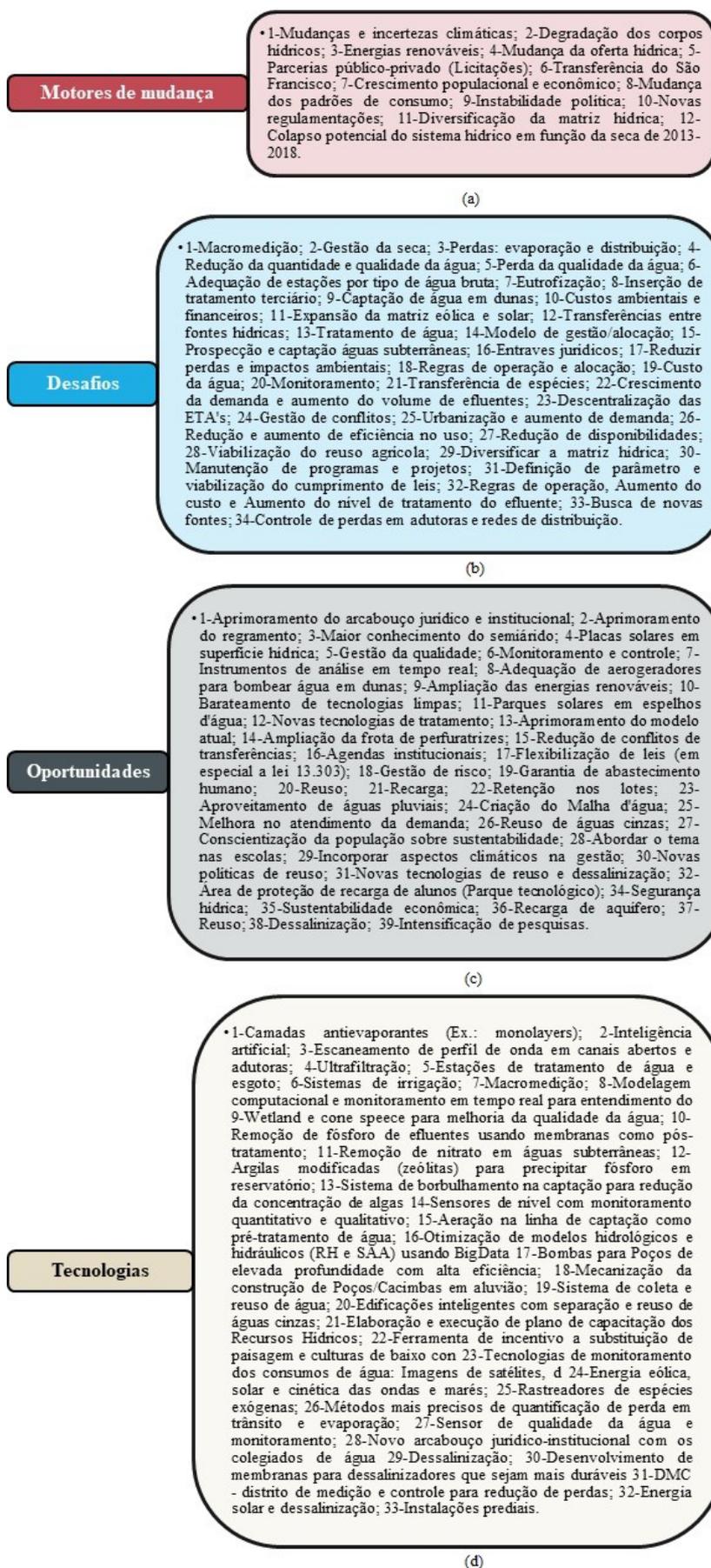


Figura 6 – Quadro de resultados do *Workshop*. (a) Motores de mudança; (b) Desafios; (c) Oportunidades; (d) Tecnologias. Fonte: Elaborado pelo autor.

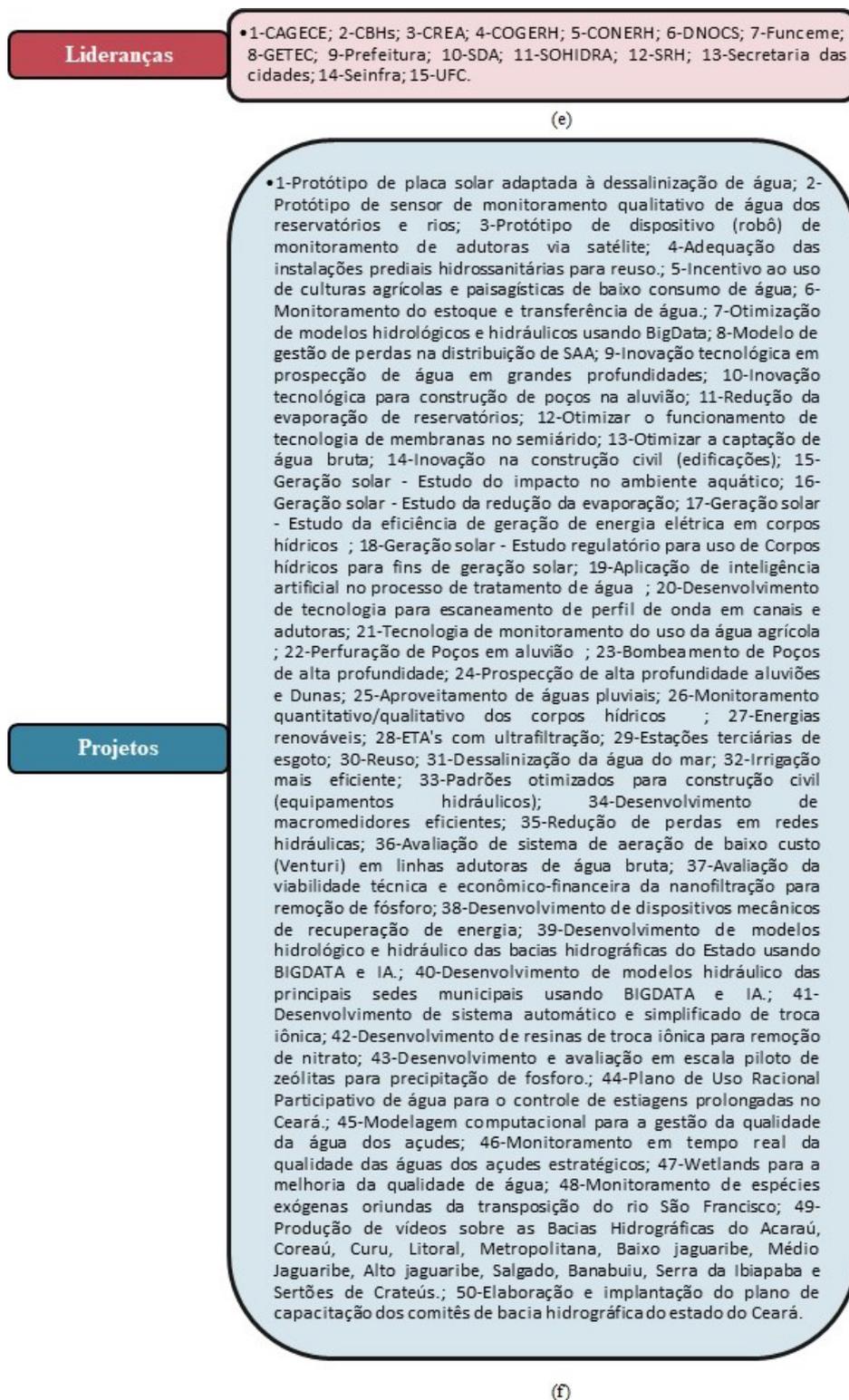


Figura 6 – Quadro de resultados do *Workshop*. (a) Motores de mudança; (b) Desafios; (c) Oportunidades; (d) Tecnologias. Fonte: Elaborado pelo autor. (Continuação...)

3.2. Seleção das alternativas tecnológicas prioritárias

3.2.1. Construção do instrumento de consulta

Nesta etapa, as tecnologias advindas do *Workshop* foram sintetizadas em uma matriz e analisadas, juntamente com outras 347 tecnologias constantes no documento “Desafios Cogerh no Gerenciamento dos Recursos Hídricos” (Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos, 2019), por uma equipe especializada em Recursos Hídricos do setor de Inovação da Cogerh.

Após essa primeira fase de estudo, foram identificadas as 10 tecnologias de maior relevância para a Companhia (ver Tabela 2). Desse total, o quadro de diretores da Cogerh, aqui escolhido pela sua representatividade técnica, política e institucional, analisou todas as alternativas por meio de uma votação eletrônica, pontuando-as de 0 a 5, em que 0 indica menor prioridade para a empresa e 5 maior prioridade.

Tabela 2 - Lista das 10 tecnologias selecionadas para votação virtual pelo quadro diretivo da Cogerh.

Tecnologia 1	Camadas antievaporantes a ser implantadas nos açudes (Ex.: monolayers).
Tecnologia 2	Wetland e cone speece para melhoria da qualidade da água.
Tecnologia 3	Introdução na captação de peróxido de Hidrogênio nas proximidades da área de captação do açude para redução da concentração de algas e cianotoxinas (pré-tratamento no açude).
Tecnologia 4	Viabilizar a utilização de novas tecnologias ou tecnologias alternativas para a limpeza de eixos de transferência ou açudes (macrófitas).
Tecnologia 5	Otimização de modelos hidrológicos e hidráulicos usando banco de dados através de ferramentas computacionais (inteligência artificial e machine learning).
Tecnologia 6	Monitoramento do estoque e transferência de água por meio de métodos mais precisos de quantificação de perda em trânsito e evaporação.
Tecnologia 7	Tecnologias de monitoramento dos consumos de água para agricultura por meio de: Imagem de satélite; Drones; Hidrometração; Tecnologia de interpretação de imagens para umidade do solo.
Tecnologia 8	Estudos e projetos relacionados à produção de água.
Tecnologia 9	Aproveitamento dos espelhos d'água dos reservatórios para geração de energia a partir de módulos fotovoltaicos.
Tecnologia 10	Aprimoramento da política de cobrança pelo uso da água mediante o uso de bandeiras tarifárias.

Fonte: Elaborado pelo autor.

3.2.2. Metodologias de hierarquização

Ao final do processo eletivo, todos os pontos foram computados e foram aplicados diferentes metodologias de análise multicritério (Matriz de ponderação, Topsis, Promethee e Electre) com o intuito selecionar a mais relevante.

Nesse contexto, dispomos de 4 votantes, descritos nos métodos como os diferentes “critérios”, e 10 tecnologias, descritas como as diferentes “alternativas” sobre as quais o algoritmo deve ranquear.

Com isso, montou-se a seguinte tabela (ver Tabela 3) de pontuação a qual foi incorporada aos algoritmos supracitados usando a linguagem R.

Tabela 3 - Tabela de pontuação da votação virtual.

	Votante1	Votante2	Votante3	Votante4
Tecnologia 1	5	4	1	1
Tecnologia 2	4	4	1	1
Tecnologia 3	1	4	2	5
Tecnologia 4	2	4	3	3
Tecnologia 5	3	4	5	3
Tecnologia 6	3	4	5	5
Tecnologia 7	3	5	5	5
Tecnologia 8	3	4	3	2
Tecnologia 9	4	4	4	4
Tecnologia 10	4	5	5	3

Fonte: Elaborado pelo autor.

a) Matriz de ponderação

Nesse método, cada votante teve seu peso igualado ao valor 1. Então, foi somada a pontuação de cada alternativa e construída uma matriz, relacionando a tecnologia ao seu somatório de pontos correspondente (ver Tabela 4).

Tabela 4 - Resultado Matriz de Ponderação.

	Votante1	Votante2	Votante3	Votante4	SOMA
Tecnologia 1	5	4	1	1	11
Tecnologia 2	4	4	1	1	10
Tecnologia 3	1	4	2	5	12
Tecnologia 4	2	4	3	3	12
Tecnologia 5	3	4	5	3	15
Tecnologia 6	3	4	5	5	17
Tecnologia 7	3	5	5	5	18
Tecnologia 8	3	4	3	2	12
Tecnologia 9	4	4	4	4	16
Tecnologia 10	4	5	5	3	17

Fonte: Elaborado pelo autor.

Por meio dessa matriz, é possível destacar que as alternativas 6, 7, 9 e 10 foram as mais pontuadas.

b) Topsis

O resultado do código do algoritmo Topsis está na Tabela 5. Nela pode-se notar a confirmação da preferência pelas alternativas 6, 7, 9 e 10. Sendo a 7 novamente a de melhor desempenho, seguida pela alternativa 9.

Tabela 5 - Resultado Topsis.

	alt.row	Score	rank
1	1	0.43	7
2	2	0.36	10
3	3	0.45	6
4	4	0.41	9
5	5	0.61	5
6	6	0.72	3
7	7	0.74	1
8	8	0.42	8
9	9	0.73	2
10	10	0.70	4

Fonte: Elaborado pelo autor.

c) Promethee

O algoritmo tem como saída dois relatórios: “Promethee1” e “Promethee2”. No primeiro, são fornecidos os dados de V1 e V2, enquanto que, no segundo, é apresentado o resultado líquido de V1-V2. O resultado do código está compilado na Tabela 6.

Tabela 6 - Resultado Promethee.

Tecnologia	V1	V2	V1-V2
1	0,25	0,50	-0,25
2	0,17	0,53	-0,36
3	0,25	0,50	-0,25
4	0,19	0,53	-0,33
5	0,31	0,28	0,03
6	0,42	0,17	0,25
7	0,64	0,11	0,53
8	0,19	0,50	-0,31
9	0,47	0,28	0,19
10	0,64	0,14	0,50

Fonte: Elaborado pelo autor.

Com isso tudo, nota-se que, por essa metodologia, a alternativa 10 ganha maior relevância que nos métodos anteriores. Percebe-se também que a alternativa 9 tem uma dominância maior que a 6 apesar de seu resultado líquido ser um pouco inferior.

d) Electre I

O algoritmo apresenta como saídas uma matriz de concordância e outra de discordância, representados na Tabela 7 e Tabela 8, respectivamente.

Tabela 7 - Matriz de concordância.

Tecnologias	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,25	0,5	0,5	0,25
2	0,75	1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,25	0,5	0,5	0,25
3	0,75	0,75	1	0,5	0,5	0,5	0,25	0,5	0,5	0,25
4	0,75	0,75	0,75	1	0,5	0,25	0	0,75	0,25	0,25
5	0,75	0,75	0,75	1	1	0,75	0,5	1	0,5	0,5
6	0,75	0,75	1	1	1	1	0,75	1	0,75	0,5
7	0,75	0,75	1	1	1	1	1	1	0,75	0,75
8	0,75	0,75	0,75	0,75	0,5	0,5	0,25	1	0,25	0
9	0,75	1	0,75	1	0,75	0,5	0,25	1	1	0,5
10	0,75	1	0,75	1	1	0,75	0,75	1	0,75	1

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 8 - Matriz de discordância.

Tecnologias	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0	0	1	0,5	1	1	1	0,5	0,75	1
2	0,25	0	1	0,5	1	1	1	0,5	0,75	1
3	1	0,75	0	0,25	0,75	0,75	0,75	0,5	0,75	0,75
4	0,75	0,5	0,5	0	0,5	0,5	0,5	0,25	0,5	0,5
5	0,5	0,25	0,5	0	0	0,5	0,5	0	0,25	0,25
6	0,5	0,25	0	0	0	0	0,25	0	0,25	0,25
7	0,5	0,25	0	0	0	0	0	0	0,25	0,25
8	0,5	0,25	0,75	0,25	0,5	0,75	0,75	0	0,5	0,5
9	0,25	0	0,25	0	0,25	0,25	0,25	0	0	0,25
10	0,25	0	0,5	0	0	0,5	0,5	0	0,25	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Finalmente, definiu-se os limiares de concordância em 0,7 e discordância em 0,2. Esses valores são utilizados para montar a tabela de superação (ver Tabela 9), segundo a regra:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{se índice de concordância} > 0,7 \\ \text{e índice de discordância} < 0,2 \end{array} \right. \rightarrow 1$$

$$\text{senão} \rightarrow 0$$

Tabela 9 - Matriz de superação.

Tecnologias	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Saída
1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	2
6	0	0	1	1	1	1	0	1	0	0	4
7	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	5
8	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
9	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	3
10	0	1	0	1	1	0	0	1	0	1	4
Chegada	0	3	2	5	3	1	0	5	0	0	

Fonte: Elaborado pelo autor.

Dessa forma, quando a célula tem o valor 1, indica que a alternativa na linha tem dominância relativa à alternativa na coluna. Essas relações são representadas graficamente na Figura 7.

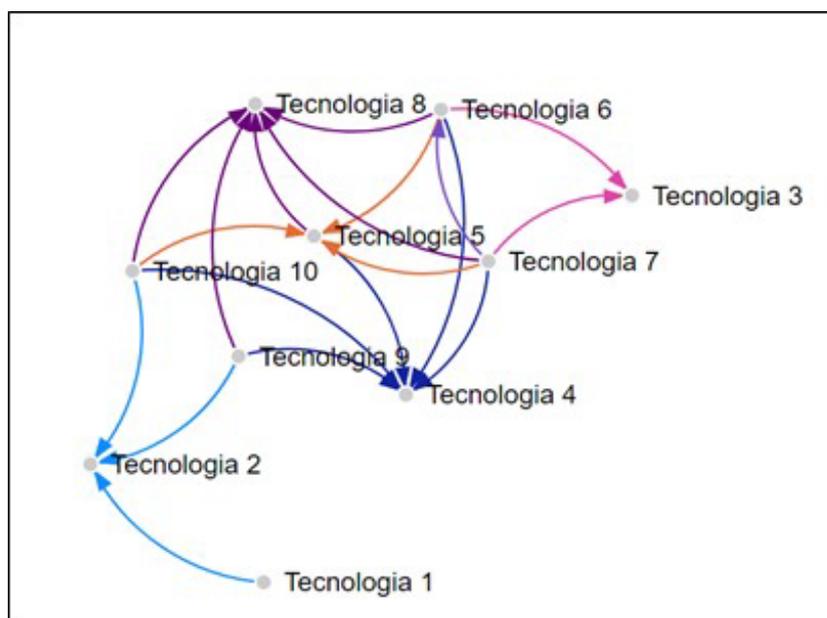


Figura 7 - Gráfico de dominância entre as alternativas. Fonte: Elaborado pelo autor.

Notadamente a alternativa 7 tem 5 saídas e nenhuma entrada e é, portanto, a mais preponderante, seguida pela décima que tem 4 saídas. E, comparando as alternativas 6 e 9, viu-se que a tecnologia 9, apesar de ter uma saída a menos, não ter nenhuma chegada.

Finalmente, ao término de todo o processo de análise dos algoritmos, pode-se inferir que, existe uma predominância na escolha da solução 7, seguida pelas alternativas 6, 9 e 10. Dessa maneira, compilou-se os resultados dessas alternativas mais relevantes em uma única tabela resumo, indicando a ordem de preferência de escolha mediante cada algoritmo (ver Tabela 10).

Tabela 10 - Compilação dos resultados das análises multicritérios.

	Matriz de ponderação	Topsis	Promethee	Electre
Tecnologia 6	2º	3º	3º	3º
Tecnologia 7	1º	1º	1º	1º
Tecnologia 9	4º	2º	4º	4º
Tecnologia 10	3º	4º	2º	2º

Fonte: Elaborado pelo autor.

Destarte, devido à proximidade entre os resultados finais, fazendo essas tecnologias alternarem entre si de colocação, pode-se inferir que existe um forte equilíbrio sobre as prioridades de escolha para a Cogerh.

Com isso, apesar da alternativa 7 ter apresentado um desempenho superior nas análises, por motivações estratégicas de implementação dos Planos de Inovação da Companhia e sob a tutoria de especialistas sêniores da Cogerh, foi a alternativa 9 – “Aproveitamento dos espelhos d’água dos reservatórios para geração de energia a partir de módulos fotovoltaicos” – que despontou como a prioridade para o desenvolvimento e o detalhamento de seus planos de aplicação, mediante a presente dissertação e em parceria com a área de Inovação da Cogerh.

3.2.3. Entrevistas não estruturadas com especialistas do tema

Nessa etapa, inicialmente, foi construído sob tutoria de especialistas um mapa mental (ver Figura 8), idealizando quais seriam os fatores chave para implementação de nova tecnologia, os quais serviram de roteiro preparatório na condução das subseqüentes entrevistas com os profissionais do setor elétrico.

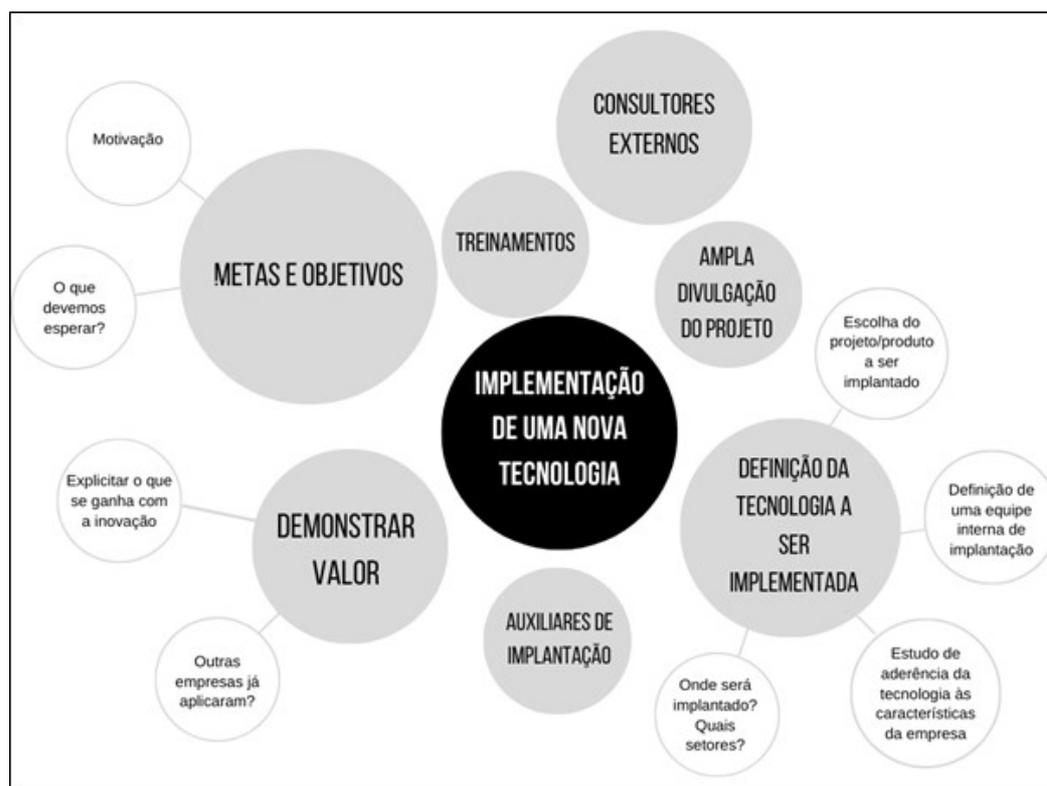


Figura 8 - Mapa mental de implementação de uma nova tecnologia. Fonte: Elaborado pelo autor.

Com isso, posteriormente, foram consultados, por meio de plataformas virtuais de vídeo conferência, profissionais experientes atuantes na área de inovação. Como resultado dessas entrevistas, definiu-se algumas Estratégias de implementação, os Desafios a serem enfrentados por essa tecnologia inovadora e as Vantagens relativas que o projeto poderá aportar à Companhia (ver Figura 9).



Figura 9 – Estratégias, Desafios e Vantagens da implantação de módulos fotovoltaicos em espelhos d'água. Fonte: Elaborado pelo autor.

3.3. Estratégias de implementação

3.3.1. Análise bibliográfica e definição das dimensões de domínio do projeto

A partir das entrevistas com os especialistas consultados citados anteriormente, bem como uma análise complementar bibliográfica de artigos, relatórios e textos científicos sob tutoria deles, delineou-se o escopo de atuação do projeto, evidenciando assim as principais dimensões de concepção do projeto: Regulatório, Técnico, Socioambiental e Comercial.

3.3.2. Sistematização do conteúdo do planejamento estratégico

Como consolidação dos conteúdos reunidos em todas as etapas anteriores, constituintes do processo de análise, concebeu-se um compêndio de diretrizes sobre os aspectos prioritários para implantação do Projeto de Painéis Solares Flutuantes classificados, aqui, segundo sua dimensão de atuação (Figura 10).

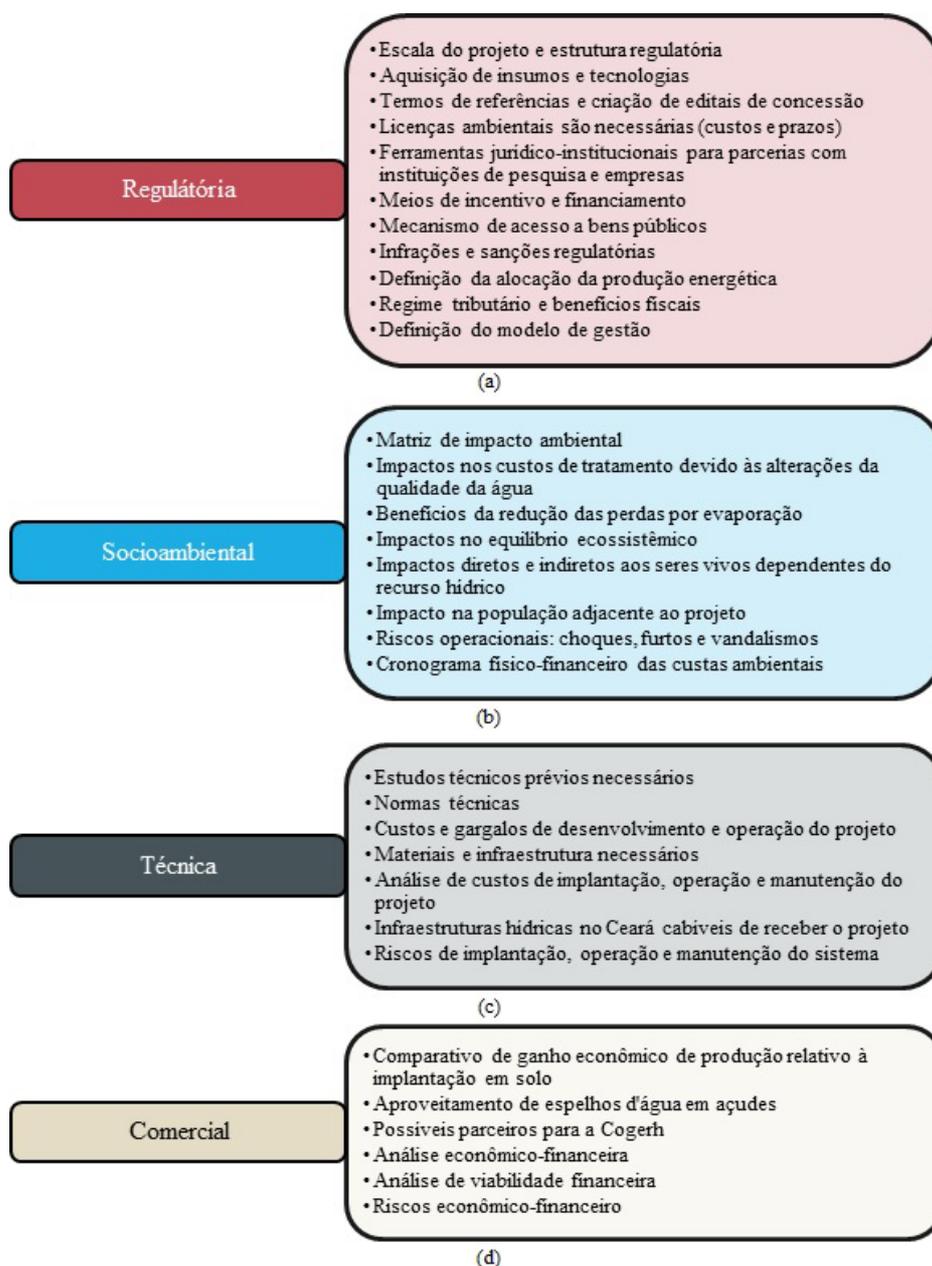


Figura 10 – Principais diretrizes do Plano Estratégico de implantação do Projeto de Painéis Solares Flutuantes. (a) Regulatória; (b) Socioambiental; (c) Técnica; (d) Comercial. Fonte: Elaborado pelo autor.

3.3.3. Etapas executivas do projeto

O presente estudo não se designou a abordar seus efeitos executivos posteriores ao planejamento, mas retratou medidas de cunho estratégico que permitam a implementação do ecossistema inovador proposto.

Outrossim, como um meio de implementação sustentável de uma agenda de inovação, idealizou-se o conceito de um Centro de Águas, no âmbito do projeto do Cientista Chefe, financiado por grandes empresas de Recursos Hídricos do Ceará (Cagece e Cogerh).

O Centro de Águas será a arena de interlocução entre a Cagece, Cogerh, UFC e empreendedores para o desenvolvimento de projetos contra os principais problemas do setor no Estado.

Assim, a execução das ações de inovação se dará no Centro de Águas e áreas de inovação das empresas seguirão etapas bem definidas para a implementação das tecnologias desenvolvidas. Dessa maneira, o Centro funcionará segundo dois fluxos:

a) Demand Driven

No primeiro, a tecnologia é desenvolvida a partir das necessidades encontradas pelas Blue Chips. Assim, inicialmente as grandes empresas criarão uma Agenda de Projetos de seu interesse e financiará o desenvolvimento das respectivas tecnologias.

Dos projetos, poderão surgir empresas com vínculos comerciais a serem negociados com as financiadoras. Essas startups então abastecerão as necessidades tanto das Blue Chips como também atender outros clientes no mercado.

b) Supply Driven

No segundo, a tecnologia é desenvolvida a partir das linhas de pesquisa e tem o intuito de gerar demanda, solucionando problemas ou aportando qualquer outro benefício ainda inexplorado no mercado.

Assim, primeiro surgirão as ideias, projetos e startups as quais passarão por rodadas de negociação (*pitchs*). Havendo interesse, as *Blue Chips* aportarão formas de financiamento, suporte tecnológico ou qualquer outra vantagem comercial em troca de uma possível participação na empresa. Após os *pitchs*, essas startups poderão tanto abastecer as necessidades das *Blue Chips* que as incorporou como também atender outros clientes no mercado.

3.4. Análise de desempenho e êxito da inovação

As análises de êxito da inovação visam definir “O quê”, “Onde” e “Como” medir o desempenho das alterações provenientes do projeto. Seus resultados indicam um rol não exaustivo de métricas de dimensões, indicadores e setores da Companhia – O que medir, Onde medir e Como medir, respectivamente – os quais estão consolidados na Figura 11.



Figura 11 - Desempenho da inovação: O quê? Como? Onde? Fonte: Elaborado pelo autor.

3.4.1. O que queremos medir?

As medições de desempenho devem se enquadrar dentro das principais dimensões de concepção do projeto: Regulatório, Técnico, Socioambiental e Comercial. Assim, esses setores servem de ponto de partida e sobre os quais as inovações tecnológicas devem promover alguma alteração de valor.

3.4.2. Como queremos medi-lo?

Dentro de cada dimensão supracitada, inferiu-se métricas de análise de desempenho:

- **Regulatório** → Alterações nos caminhos jurídicos-institucionais, destravando a estrutura regulatória. Nesse âmbito, deve-se avaliar a redução de prazos e custos para aquisições de insumos e tecnologias, termos de referência e editais de fomento e parcerias etc.
- **Técnico** → Análise de desempenho técnico da estrutura como capacidade produtiva, corrosão, resistência dos materiais às intempéries, etc.
- **Socioambiental** → Análise das métricas de impacto ambiental e de equilíbrio do ecossistema, como controle da população peixes e animais locais, controle de oxigênio e matéria orgânica dissolvida, pesquisas sociais com populações ribeirinhas e etc.
- **Comercial** → Análise dos custos de manutenção, capacidade de produção de energia, índices de inflação e alterações de salários e etc.

3.4.3. Onde se deve medi-lo?

A partir das dimensões de alcance do projeto, definiu-se alguns setores implicados com as mudanças advindas das evoluções tecnológicas, como todo o setor jurídico da empresa, corpo de engenheiros e técnicos, a área de inovação e pesquisa e o quadro diretivo.

4. CONCLUSÕES E DISCUSSÕES

A metodologia desenvolvida aqui desenvolvida para busca de inovações na iniciativa pública foi aplicada com sucesso e logrou êxito em todos os objetivos propostos. Este trabalho demonstrou a robustez do método para a aplicação em políticas públicas, expandido o horizonte além do âmbito empresarial privado tradicional da literatura.

Assim, esse texto se inicia pela concepção de uma Agenda de Inovação, contendo os 50 projetos de maior relevância para o setor Recursos Hídricos do Estado do Ceará aplicáveis a curto, médio e longo prazo. Esses projetos foram identificados a partir de 12 motores de mudança, 34 desafios, 39 oportunidades e 33 tecnologias e distribuídos entre as 15 principais lideranças do setor hídrico cearense.

Para o estudo de caso, realizou-se uma parceria com o setor de Inovação da Cogeh. Logo, a partir da Agenda de Inovação e de outros referenciais teóricos, juntamente com a consulta a especialistas, foi feita uma tabela com os 10 principais projetos para a Companhia.

Nessa lista, aplicou-se os algoritmos de seleção multicritério – Matriz de Ponderação, Topsis, Promethee e Electre I. Cada método incorpora um viés de escolha e a utilização de vários deles amplia o horizonte de visão do tomador de decisões, propiciando uma análise mais lúcida.

Assim, apesar de não ter tido o melhor desempenho nos algoritmos, o projeto “Aproveitamento dos espelhos d’água dos reservatórios para geração de energia a partir de módulos fotovoltaicos” despontou como o de maior aderência à empresa por motivos estratégicos, revelando a importância da análise crítica de especialistas capazes de adicionar elementos não previstos e incorporados inicialmente pelos métodos.

Com isso, a criação de um Plano Estratégico de Inovação para a construção de um projeto inédito no Ceará de placas fotovoltaicas flutuantes permitirá aos seus implantadores antever problemas e construir soluções que permeiam as quatro principais dimensões de atuação do empreendimento – Regulatória, Socioambiental, Técnica e Comercial.

Destarte, partindo de cada dimensão, foi sistematizado um compêndio de 32 diretrizes em formato de indagações a serem analisadas para auxiliar as etapas posteriores. Além disso, para as fases executivas, introduziu-se o conceito do Centro de Águas, plataforma de interlocução entre os diferentes agentes da inovação (empresas, instituições de pesquisa, empreendedores, etc.). Nela as novas ideias e projetos teriam duas opções de fluxo (*Demand Driven* e *Supply Driven*), servindo de base para a consolidação de um ecossistema dinâmico e inovador.

Finalmente, como ferramenta de controle de desempenho desses novos projetos, adaptou-se a metodologia do Manual de Oslo (Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico, 2007) para a análise de êxito da inovação. Dessa forma, criaram-se métricas de avaliação do projeto segundo três vertentes – O quê? Como? Onde? –, estabelecendo um rol não taxativo de dimensões de análise (o que se deve medir), indicadores de desempenho (como medir) e setores da empresa (onde medir).

5. REFERÊNCIAS

- Bakker, K., & Cook, C. (2011). Water governance in Canada: innovation and fragmentation. *Water: Research and Development*, 27(2), 275-289.
- Behzadian, M., Khanmohammadi Otahsara, S., Yazdani, M., & Ignatius, J. (2012). A state-of-the-art survey of TOPSIS applications. *Expert Systems with Applications*, 39(17), 13051-13069.
- Boons, F., Montalvo, C., Quist, J., & Wagner, M. (2013). Sustainable innovation, business models and economic performance: an overview. *Journal of Cleaner Production*, 45, 1-8.
- Brans, J.-P., Vincke, P., & Mareschal, B. (1986). How to select and how to rank projects: the PROMETHEE method. *European Journal of Operational Research*, 24(2), 228-238.
- Brynjolfsson, E., & McAfee, A. (2014). *The second machine age: work, progress, and prosperity in a time of brilliant technologies*. New York: W.W. Norton & Company.
- Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos. (2019). *Desafios Cogeh no Gerenciamento dos Recursos Hídricos*. Fortaleza: COGERH.
- De Vries, H., Bekkers, V., & Tummers, L. (2016). Innovation in the public sector: a systematic review and future research agenda. *Public Administration*, 94(1), 146-166.
- Elimelech, M., & Phillip, W. A. (2011). The future of seawater desalination: energy, technology, and the environment. *Science*, 333(6043), 712-717.
- Giget, M., & Hillen, V. (2018). *Les nouvelles stratégies d'innovation 2018-2020: vision prospective 2030*. Paris: IESCI.
- Hall, E. L., & Dietrich, A. M. (2000). A brief history of drinking water. *Opflow*, 26(6), 46-49.
- Johnson, G. A. (1911). Hypochlorite treatment of public water supplies: its adaptability and limitations. *American Journal of Public Health*, 1(8), 562-574.
- Leydesdorff, L., & Etzkowitz, H. (1996). Emergence of a Triple Helix of university—industry—government relations. *Science & Public Policy*, 23(5), 279-286.
- Lofrano, G., & Brown, J. (2010). Wastewater management through the ages: a history of mankind. *The Science of the Total Environment*, 408(22), 5254-5264.
- Maxwell, S. (2016). The Water-energy nexus in water and wastewater treatment. *Journal - American Water Works Association*, 108(7), 20-24.
- Mcguire, M. J. (2006). Eight revolutions in the history of US drinking water disinfection. *Journal - American Water Works Association*, 98(3), 123-149.
- Mishra, A. K., & Singh, V. P. (2010). A review of drought concepts. *Journal of Hydrology (Amsterdam)*, 391(1-2), 202-216.
- Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico – OECD. (2007). *Manual de Oslo: Proposta de Diretrizes para Coleta e Interpretação de Dados sobre Inovação Tecnológica*. Paris: OCDE Eurostat.
- Partzsch, L. (2009). Smart regulation for water innovation—the case of decentralized rainwater technology. *Journal of Cleaner Production*, 17(11), 985-991.
- Schumpeter, J., Opie, R., & Elliott, J. (1983). *The theory of economic development: an inquiry into profits, capital, credit, interest, and the business cycle*. New Brunswick, New Jersey: Transaction Publishers.
- Schwab, K. (2016). *The fourth industrial revolution*. Geneva, Switzerland: World Economic Forum.
- Sedlak, D. (2014). *Water 4.0: the past, present, and future of the world's most vital resource*. New Haven: Yale University Press.
- Smith, N. (1978). Roman hydraulic technology. *Scientific American*, 238(5), 154-161.
- Tidd, J., & Bessant, J. (2015). *Gestão da inovação*. (F. Nonnenmacher, Trad.) Porto Alegre: Bookman.
- Toffler, A. (1971). *Future shock*. New York: Bantam.
- Vörösmarty, C. J., McIntyre, P. B., Gessner, M. O., Dudgeon, D., Prusevich, A., Green, P., Glidden, S., Bunn, S. E., Sullivan, C. A., Liermann, C. R., & Davies, P. M. (2010). Global threats to human water security and river biodiversity. *Nature*, 467(7315), 555.

Contribuição dos autores:

João Coelho: Concepção e execução da metodologia. Coleta e tratamento de dados. Análise e discussão dos resultados. Redação textual.

Assis Filho: Concepção da metodologia. Análise e discussão dos resultados. Revisão da redação..