

## XXVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

### BARRAGENS SUBTERRÂNEAS INTELIGENTES: UMA ANÁLISE DE VIABILIDADE EM CHÃ GRANDE (PE)

*Rebeca Vieira De Moura Soares<sup>1</sup>; Mariana Vitória Costa Ferreira<sup>2</sup>; Cecília da Silva Bezerra Barbosa de Souza<sup>3</sup>; Luiz Guilherme de Araújo Sant'anna<sup>4</sup>; Ruan Samuel Chaves de Araújo<sup>5</sup>; Micaella Raíssa Falcão de Moura<sup>6</sup>; Simone Rosa da Silva<sup>7</sup> & Anna Elis Paz Soares<sup>8</sup>*

**Abstract:** Water scarcity is one of the main challenges to sustainable development in Brazil's semi-arid region, directly impacting agricultural production and the permanence of rural families. This study evaluates the technical and economic feasibility of implementing a smart subsurface dam on a family farm located in Chã Grande (PE), a transition zone within the Pernambuco Agreste. The proposal integrates digital technologies such as the Internet of Things (IoT) and Artificial Intelligence (AI) to monitor, in real time, variables including water level and system flow rate. The methodology involved literature review, case study analysis, and assessment of technical, geospatial, and socioeconomic criteria using tools such as GIS, AHP, SWAT, and ANP. The local diagnosis considered climatic, pedological, and hydrological data, along with interviews with local residents. The technical proposal includes the installation of a PEAD liner across an intermittent streambed to retain subsurface flow and increase upstream soil moisture. The preliminary economic analysis, based on market costs and projected reductions in external water dependence, indicated an estimated payback period of four years. The proposal aligns with Sustainable Development Goals (SDGs 2, 6, and 13), promoting water security, sustainable agriculture, and technological innovation in semi-arid regions. It is concluded that the smart subsurface dam has strong replication potential and can significantly contribute to modernizing water management in smallholder farms, provided that its effectiveness is validated through field testing and continuous monitoring.

**Resumo:** A escassez hídrica é um dos principais desafios ao desenvolvimento sustentável no Semiárido brasileiro, afetando diretamente a produção agrícola e a permanência das famílias no meio rural. Este estudo avalia a viabilidade técnica e econômica da implantação de uma barragem subterrânea inteligente em uma propriedade familiar localizada em Chã Grande (PE), região de transição com o Agreste de Pernambuco. A proposta visa integrar tecnologias digitais como Internet das Coisas (IoT) e Inteligência Artificial (IA) para monitorar, em tempo real, variáveis como nível d'água e vazão do sistema. A metodologia adotada envolve revisão bibliográfica, análise de estudos de caso e avaliação de critérios técnicos, geoespaciais e socioeconômicos com o suporte de ferramentas como GIS, AHP, SWAT e ANP. O diagnóstico local considerou dados climáticos

<sup>1)</sup> Aluna do curso de graduação em Engenharia Civil. Escola Politécnica de Pernambuco-UPE, R. Benfica, 455, Madalena, CEP 50720-001, Recife-PE. E-mail: rvms@poli.br.

<sup>2)</sup> Aluna do curso de graduação em Engenharia Civil. Escola Politécnica de Pernambuco-UPE, R. Benfica, 455, Madalena, CEP 50720-001, Recife-PE. E-mail: mvcf@poli.br.

<sup>3)</sup> Aluna do curso de graduação em Engenharia Civil. Escola Politécnica de Pernambuco-UPE, R. Benfica, 455, Madalena, CEP 50720-001, Recife-PE. E-mail: csbbs@poli.br.

<sup>4)</sup> Aluno do curso de graduação em Engenharia Civil. Escola Politécnica de Pernambuco-UPE, R. Benfica, 455, Madalena, CEP 50720-001, Recife-PE. E-mail: lgas3@poli.br.

<sup>5)</sup> Aluno do curso de graduação em Engenharia Civil. Escola Politécnica de Pernambuco-UPE, R. Benfica, 455, Madalena, CEP 50720-001, Recife-PE. E-mail: rsca@poli.br.

<sup>6)</sup> Professora Doutora- POLI-UPE, R. Benfica, 455 - Madalena, Recife - PE, 50720-001, micaella.raissa@upe.br.

<sup>7)</sup> Professora Doutora- POLI-UPE, R. Benfica, 455 - Madalena, Recife - PE, 50720-001, simonerosa@poli.br.

<sup>8)</sup> Professora Doutora- POLI-UPE, R. Benfica, 455 - Madalena, Recife - PE, 50720-001, anna.soares@poli.br.



pedológicos e hidrológicos, além de entrevistas com moradores. A proposta técnica baseia-se na instalação de lona de PEAD transversal a um riacho intermitente, com potencial de retenção subsuperficial e aumento da umidade do solo. A análise econômica preliminar, fundamentada em custos de mercado e projeções de redução de dependência hídrica externa, indicou um *payback* estimado em quatro anos. A proposta se alinha aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS 2, 6 e 13), promovendo segurança hídrica, agricultura sustentável e inovação tecnológica no Semiárido. Conclui-se que a barragem subterrânea inteligente apresenta potencial de replicabilidade e pode contribuir significativamente para a modernização do manejo de águas em pequenas propriedades, desde que sua eficácia seja validada por testes de campo e monitoramento contínuo.

**Palavras-Chave** – Barragem Subterrânea Inteligente, Gestão Hídrica no semiárido e Tecnologias Sustentáveis rurais.

## 1. INTRODUÇÃO

A escassez hídrica é um dos maiores desafios ao desenvolvimento sustentável em regiões semiáridas, impactando diretamente a segurança alimentar, a geração de renda e a permanência das populações no meio rural (Marengo, 2008). No Brasil, essa problemática é particularmente crítica no Agreste de Pernambuco, entre Zona da Mata e Sertão, onde o baixo índice pluviométrico e a escassez de recursos hídricos superficiais comprometem a produtividade agrícola e a qualidade de vida das famílias (Barbosa *et al.*, 2016). Diante desse cenário, soluções alternativas para captação e armazenamento de água tornam-se essenciais. Entre elas, destaca-se a barragem subterrânea — estrutura instalada transversalmente em leitos de riachos intermitentes — que intercepta o fluxo subsuperficial e eleva o lençol freático, conservando a umidade do solo, reduzindo perdas por evaporação e fortalecendo a agricultura familiar (Nilsson, 2001; Gondim *et al.*, 2012). Apesar da eficácia técnica, essas estruturas ainda carecem de estudos que integrem aspectos econômicos, sociais e ambientais, especialmente em propriedades privadas com restrições hídricas. A incorporação de tecnologias digitais — como a Inteligência Artificial (IA) e a Internet das Coisas (IoT) — representa uma nova etapa na gestão hídrica, permitindo monitoramento contínuo, automação de processos e uso eficiente da água (Hoes & Kroes, 2011). Uma barragem subterrânea inteligente é concebida como uma estrutura equipada com sensores de umidade, nível freático, pluviometria e vazão, integrados a sistemas inteligentes de análise e tomada de decisão.

Este estudo avalia a viabilidade técnica e econômica da implantação de uma barragem subterrânea inteligente em uma chácara familiar em Chã Grande (PE), contribuindo para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável: ODS 2 (erradicar a fome e promover a agricultura sustentável), ODS 6 (garantir disponibilidade e gestão sustentável da água) e ODS 13 (adotar medidas urgentes contra as mudanças climáticas). A proposta visa promover segurança hídrica, inclusão tecnológica e desenvolvimento sustentável no Semiárido brasileiro.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A fundamentação teórica baseou-se em revisão de literatura com enfoque comparativo e exploratório, por meio da análise de estudos de caso e pesquisas aplicadas sobre barragens subterrâneas em diferentes contextos geográficos. Essa abordagem permite identificar padrões, critérios técnicos, aspectos sociais e lacunas de conhecimento relevantes para a aplicação de tecnologias hídricas sustentáveis (Yin, 2001; Denyer & Tranfield, 2009). Foram selecionados estudos



com metodologias diversas — de políticas públicas a modelagens hidrológicas e geoespaciais — visando integrar evidências sobre eficácia e replicabilidade.

## 2.1. Estudos de caso e experiências práticas

Estudos nacionais e internacionais demonstram o potencial das barragens subterrâneas no enfrentamento à escassez hídrica. O Quadro 1 sintetiza experiências conduzidas por órgãos públicos e pesquisadores, destacando critérios de avaliação, metodologias aplicadas e principais resultados, contribuindo para uma compreensão integrada da aplicabilidade e eficácia dessas estruturas em diferentes contextos.

Quadro 1 – Estudos nacionais e internacionais sobre barragens subterrâneas

Autor/Ano	Local do Estudo	Metodologia aplicada	Principais critérios avaliados	Resultados/Conclusões
SESAN /2023	Semiárido Brasileiro	Diretrizes de política pública	Renda familiar, acesso à água, gestão comunitária	Segurança hídrica com baixo custo para agricultura familiar
Barbosa /2023	Ceará (Brasil)	Estudo de caso técnico-operacional	Recarga do solo, viabilidade local	Viabilidade prática em pequenas propriedades
Talebi <i>et al.</i> /2023	Yazd (Irã)	SWAT + ANP	Fluxo subsuperficial, volume do reservatório, distância da vila	<i>Subsurface flow</i> como critério mais relevante para seleção de sítios
Chezgi /2023	Alborz (Irã)	SMCE + AHP	Geologia, slope, uso do solo, proximidade de falhas	Ranqueamento eficaz de locais para barragens subterrâneas

Fonte: Os autores

## 2.2. Seleção de sítios: integração de fatores técnicos e sociais

A seleção de locais para barragens subterrâneas demanda abordagem multidimensional, integrando critérios técnicos (topografia, geologia, uso do solo, lençol freático) e variáveis socioeconômicas. Modelos de avaliação multicritério têm se destacado como ferramentas eficazes nesse processo. O uso de *Geographic Information System* (GIS), *Analytic Hierarchy* (AHP), (ANP) e (SWAT) permite combinar dados espaciais, hidrológicos e sociais, ampliando a precisão e a aplicabilidade das análises. O Quadro 2 reúne os principais métodos identificados na literatura para apoiar a tomada de decisão na escolha de locais adequados.

Quadro 2 – Ferramentas de apoio à seleção de sítios para barragens subterrâneas

Ferramenta/Método	Descrição	Aplicação nos estudos	Vantagens principais
GIS	Mapeamento espacial e integração de dados	Chezgi <i>et al.</i> (2016), Talebi <i>et al.</i> (2023)	Supporte à análise espacial e à tomada de decisão georreferenciada
AHP	Priorização de critérios por comparação par-a-par	Chezgi <i>et al.</i> (2016)	Simplicidade e aplicabilidade em decisões multicritério



ANP	Variação do AHP com interdependência entre critérios	Talebi <i>et al.</i> (2023)	Representa relações complexas entre variáveis
SWAT	Simulação hidrológica de bacias e fluxos subsuperficiais	Talebi <i>et al.</i> (2023)	Alta precisão na modelagem de cenários hidrológicos
IoT/IA	Monitoramento remoto e análise preditiva em tempo real	Talebi <i>et al.</i> (2023)	Otimização da gestão hídrica e automação de processos de controle

Fonte: Os autores

### 3. METODOLOGIA

A metodologia deste estudo foi elaborada para integrar aspectos técnicos, econômicos e tecnológicos na avaliação da viabilidade de uma barragem subterrânea inteligente em uma propriedade rural em Chã Grande, Pernambuco. O processo foi dividido em quatro etapas: (i) caracterização da área, (ii) diagnóstico hídrico, (iii) definição da proposta técnica, (iv) análise de viabilidade econômica, conforme ilustrado na Figura 1.

Figura 1- Fluxo de trabalho



Fonte: Autores

#### 3.1 Caracterização da área de estudo

A área de estudo corresponde a uma chácara familiar situada na zona rural de Chã Grande (PE), na microrregião do Agreste pernambucano. A caracterização geográfica e ambiental foi realizada com base em dados geoespaciais obtidos por imagens de satélite, sensoriamento remoto (*Google Earth Pro* e QGIS) e dados meteorológicos históricos da Agência Pernambucana de Águas e Climas (APAC) e da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). A análise climática considerou o histórico pluviométrico da região, destacando a irregularidade das chuvas e sua concentração em curtos períodos (SESAN, 2023; Barbosa, 2023). As características do solo e do relevo foram avaliadas a partir de cartas da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) e do Serviço Geológico do Brasil (SGB), além de visitas técnicas. Constatou-se predominância de agricultura de subsistência, com hortaliças e frutíferas, comum em propriedades familiares do semiárido.

#### 3.2 Diagnóstico hídrico local e Definição da Solução Técnica

O diagnóstico hídrico local foi conduzido por meio de sondagens diretas, observações empíricas da profundidade e sazonalidade do lençol freático, além do levantamento de estruturas existentes de captação, como cacimbas e cisternas. Entrevistas semiestruturadas realizadas com moradores complementaram a análise, valorizando o conhecimento local no planejamento hídrico (Barbosa, 2023). A proposta técnica prevê a construção de uma barragem subterrânea transversal a um riacho temporário, utilizando lona de polietileno de alta densidade (PEAD), instalada até o embasamento rochoso, conforme os modelos de Chezgi *et al.* (2016) e Talebi *et al.* (2023). A seleção do local considerou critérios técnicos e multicritério.

### 3.3 Avaliação da viabilidade econômica

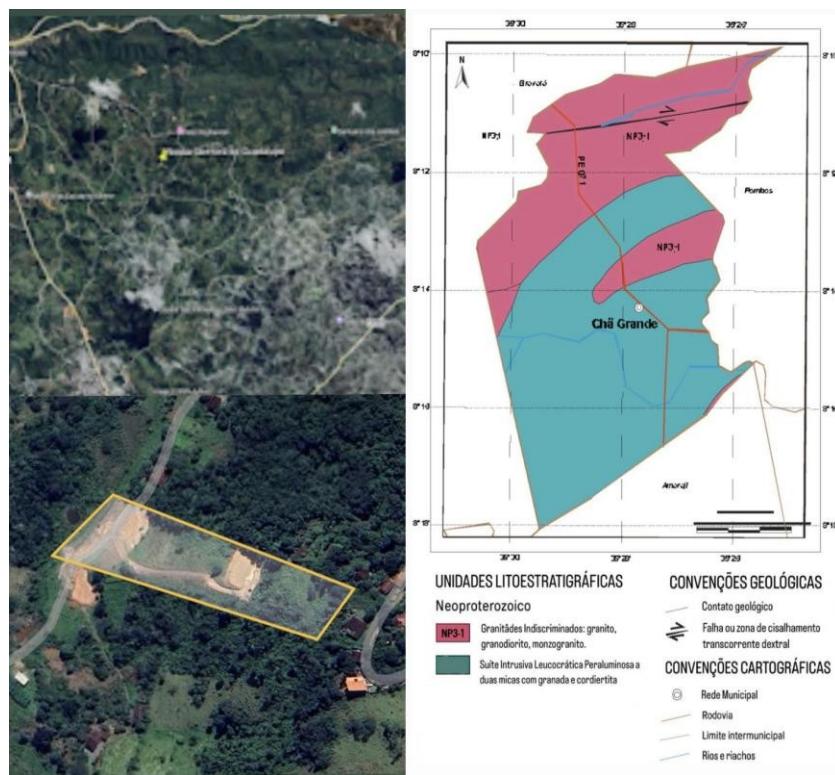
A avaliação da viabilidade econômica será baseada em custos locais de materiais, equipamentos e mão de obra, incluindo itens como lona PEAD, transporte e sensores para automação. A análise custo-benefício considerará o volume de água armazenado e a redução da dependência de fontes externas, relacionando o investimento à segurança hídrica gerada. O cálculo do *payback* e do valor presente líquido (VPL) seguirá as diretrizes de SESAN (2023), com comparação a projetos similares descritos por Talebi *et al.* (2023), que destacam o baixo custo e a eficiência dessas estruturas em pequenas propriedades.

## 4. ESTUDO DE VIABILIDADE: PROPOSTA DE BARRAGEM SUBTERRÂNEA INTELIGENTE EM CHÃ GRANDE (PE)

### 4.1. Caracterização da Área de Estudo

A propriedade analisada é uma chácara familiar localizada na zona rural de Chã Grande, no Agreste pernambucano. Com acesso limitado a fontes permanentes de água e sujeita a forte sazonalidade, considera-se a construção de uma barragem subterrânea integrada a tecnologias digitais como alternativa para melhorar a retenção de água no solo e promover maior estabilidade hídrica. A Figura 2 exibe o mapa pedológico e o uso do solo da área estudada.

Figura 2 - Localização da chácara no município de Chã Grande (PE), mapa pedológico e uso do solo da propriedade



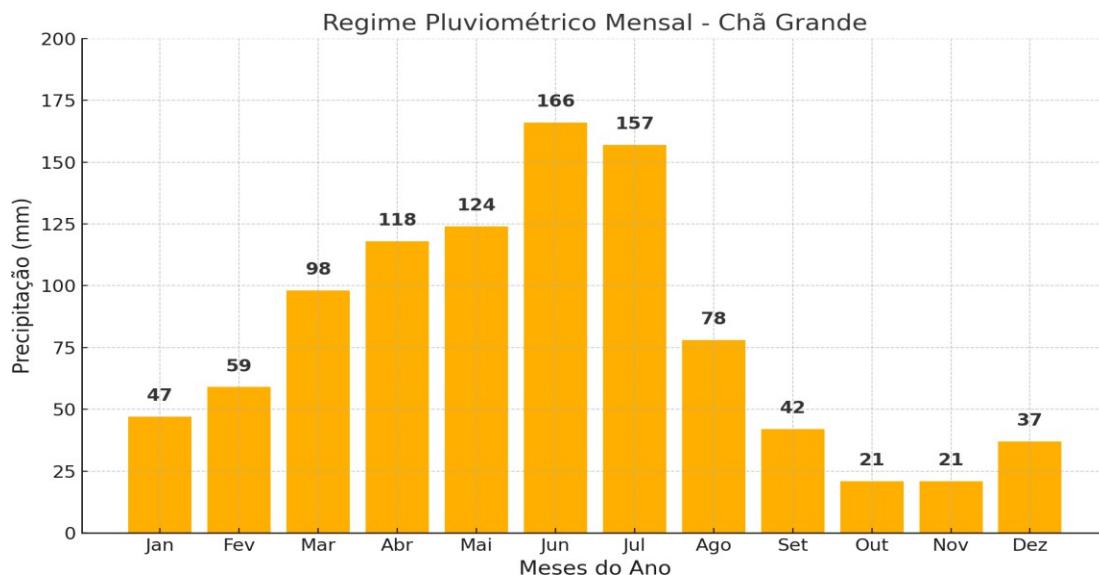
Fonte: Google Earth Pro/ Os autores a partir de SGB (2005)

Segundo a APAC, a média anual de chuvas em Chã Grande nos últimos 30 anos está em 969 mm, com concentração predominante entre os meses de abril e julho. A irregularidade pluviométrica, aliada às variações climáticas e à elevada evapotranspiração, compromete a eficiência dos



reservatórios superficiais. Isso reforça a adoção de alternativas como barragens subterrâneas para abastecimento e produção agrícola (SESAN, 2023; Talebi *et al.*, 2023). A Figura 3 apresenta o regime pluviométrico local, evidenciando sua sazonalidade e os desafios para o armazenamento hídrico.

Figura 3 – Regime Pluviométrico de Chã Grande



Fonte: Os autores

O levantamento pedológico da EMBRAPA identificou predominância de Argissolos e Latossolos, com textura média a arenosa, moderada drenabilidade e baixa retenção de umidade, conforme ilustrado na Figura 2. A topografia levemente ondulada, com declividades entre 2% e 8%, favorece a recarga hídrica e a implantação de barragens subterrâneas.

#### 4.2. Diagnóstico Hídrico Local

Visitas exploratórias e relatos dos proprietários identificaram um curso d’água intermitente e dificuldades de acesso durante chuvas intensas, devido à perda de suporte do solo. Não há poços ou outras infraestruturas hídricas em operação. A topografia em talvegue, a presença de solos argilosos e a baixa profundidade do lençol freático sustentam tecnicamente a proposta. Essas condições estão em conformidade com os critérios estabelecidos por Chezgi *et al.* (2016) e Talebi *et al.* (2023) para a implantação de barragens subterrâneas em áreas de recarga com fluxo intermitente e potencial de retenção subsuperficial.

#### 4.3. Proposta Técnica da Barragem Subterrânea

A proposta prevê a instalação de uma lona impermeável de PEAD em corte paralelo ao curso d’água temporário, formando uma barreira para retenção do fluxo subsuperficial e aumento da umidade do solo a montante. As dimensões estimadas são de 1,5 m de profundidade, 20 m de largura e 0,5 m de espessura, conforme modelos aplicados no Semiárido (Chezgi *et al.*, 2016; Talebi *et al.*, 2023). A implantação ocorrerá em três etapas e dependerá de apoio técnico e financeiro.

#### 4.4. Integração com Tecnologias Digitais

A principal inovação do projeto é a integração de sensores IoT à barragem subterrânea, permitindo monitoramento remoto em tempo real da umidade do solo, nível do lençol freático e pluviometria. Os dados serão enviados a uma central digital em nuvem, acessível por aplicativo móvel. A Figura 4 ilustra o sistema em formato App.

Figura 4 – Projeto App de monitoramento da barragem inteligente



Fonte: Gerada por Chat GPT em 08/06/2025

Além do monitoramento em tempo real, a proposta inclui um sistema com base em inteligência artificial, que utilizará dados históricos e atuais para sugerir práticas agrícolas mais eficientes. O sistema poderá indicar, por exemplo, o momento ideal para irrigação ou colheita, com base em padrões climáticos, variações do nível freático e disponibilidade hídrica do solo. Essa automação inteligente busca otimizar o uso da água, aumentar a produtividade e reduzir desperdícios em regiões semiáridas. É importante destacar que, embora promissora, essa aplicação tecnológica encontra-se em fase conceitual e dependerá de futuras validações e testes de campo para aferir sua viabilidade prática e eficácia operacional.

#### 4.5. Projeção de Viabilidade Econômica

Foi realizada uma análise estimada de viabilidade econômica, considerando valores médios de mercado para materiais (lona PEAD, sensores, conectores), mão de obra e transporte. A simulação utilizou metodologia de custo-benefício, com estimativas do volume de água potencialmente armazenado e da economia gerada pela redução de dependência de caminhões-pipa ou outros meios externos de suprimento.

Com base nessas premissas, conforme apresentado na Figura 5, projeta-se um *payback* em médio prazo (4 anos), assumindo o uso eficiente da água retida e o aumento da produtividade agrícola. Tais projeções, entretanto, estão sujeitas a alterações conforme a execução do projeto e os eventos climáticos da região.

Figura 5: Payback

Banco	Código	Item	UND.	CUSTO - BANCO	CUSTO REAL														
SINAPI	101114	ESCAVAÇÃO MANUAL EM SOLO DE 1ª CATEGORIA, PROFUNDIDADE ATÉ 1,50 M	m³	R\$ 53,69	R\$ 19.731,00														
SINAPI	93367	REATERRO MECANIZADO DE VALA COM ESCAVADEIRA HIDRÁULICA (CAPACIDADE DA CAÇAMBA: 0,8 M³/POTÊNCIA: 111 HP), LARGURA DE 1,5 A 2,5 M, PROFUNDIDADE ATÉ 1,5 M, COM SOLO (SEM SUBSTITUIÇÃO) DE 1ª CATEGORIA, COM COMPACTADOR DE SOLOS DE PERCUSSÃO. AF_08/2023	m³	R\$ 24,63	R\$ 1.662,53														
cotação		Impermeabilização - Lona PEAD (800 micras)	m²	R\$ 30,00	R\$ 10.500,00														
cotação		Sensoreamento e sistema de automação			R\$ 29.050,00														
SINAPI	102704	TUBO DE PEAD CORRUGADO PERFORADO, DN 100 MM, PARA DRENO - FORNECIMENTO E ASSENTAMENTO	m	R\$ 12,18	R\$ 609,00														
SINAPI	88316	SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	R\$ 21,05	R\$ 3.704,80														
<b>Custo - Total</b>					<b>R\$ 65.257,33</b>														
<table border="1"> <thead> <tr> <th>DETALHAMENTO - SENSORES</th> <th>Custos</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Piezômetro elétrico (Sensores de nível d'água)</td> <td>R\$ 3.500,00</td> </tr> <tr> <td>Fluxômetro</td> <td>R\$ 1.800,00</td> </tr> <tr> <td>Sensores de pH</td> <td>R\$ 10.000,00</td> </tr> <tr> <td>Sensores de condutividade elétrica</td> <td>R\$ 10.000,00</td> </tr> <tr> <td>Data Loggers</td> <td>R\$ 3.750,00</td> </tr> <tr> <td><b>Custo - Total</b></td> <td><b>R\$ 29.050,00</b></td> </tr> </tbody> </table>						DETALHAMENTO - SENSORES	Custos	Piezômetro elétrico (Sensores de nível d'água)	R\$ 3.500,00	Fluxômetro	R\$ 1.800,00	Sensores de pH	R\$ 10.000,00	Sensores de condutividade elétrica	R\$ 10.000,00	Data Loggers	R\$ 3.750,00	<b>Custo - Total</b>	<b>R\$ 29.050,00</b>
DETALHAMENTO - SENSORES	Custos																		
Piezômetro elétrico (Sensores de nível d'água)	R\$ 3.500,00																		
Fluxômetro	R\$ 1.800,00																		
Sensores de pH	R\$ 10.000,00																		
Sensores de condutividade elétrica	R\$ 10.000,00																		
Data Loggers	R\$ 3.750,00																		
<b>Custo - Total</b>	<b>R\$ 29.050,00</b>																		
<table border="1"> <tbody> <tr> <td>Investimento inicial</td> <td>R\$ 65.257,33</td> </tr> <tr> <td>Fluxo de Caixa anual</td> <td>R\$ 15.314,37</td> </tr> <tr> <td><b>Payback</b></td> <td><b>4,261182798</b></td> </tr> <tr> <td></td> <td>4 anos e 4 meses</td> </tr> </tbody> </table>						Investimento inicial	R\$ 65.257,33	Fluxo de Caixa anual	R\$ 15.314,37	<b>Payback</b>	<b>4,261182798</b>		4 anos e 4 meses						
Investimento inicial	R\$ 65.257,33																		
Fluxo de Caixa anual	R\$ 15.314,37																		
<b>Payback</b>	<b>4,261182798</b>																		
	4 anos e 4 meses																		

Fonte: Os autores

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A proposta da barragem subterrânea inteligente para a chácara de Chã Grande é promissora do ponto de vista técnico e socioambiental. Embora ainda não implementada, os estudos preliminares indicam que a estrutura pode representar um avanço significativo para o manejo sustentável da água em propriedades familiares no Semiárido.

A integração de sensores e monitoramento remoto insere a proposta no contexto da agricultura digital, com potencial de replicação em outras áreas rurais de características semelhantes. Reforça-se, contudo, que os benefícios aqui apresentados são projeções estimativas, a serem validadas pela execução e acompanhamento técnico da obra. Espera-se, assim, que esta pesquisa contribua para futuros trabalhos que explorem o uso da Inteligência Artificial e Internet das Coisas (e outras tecnologias) na modernização de processos de manejo sustentável das águas.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Escola Politécnica de Pernambuco (POLI/UPE) pelo apoio institucional na realização deste estudo de viabilidade de uma barragem subterrânea inteligente em uma chácara familiar em Chã Grande. Gostaríamos de expressar nosso profundo agradecimento à professora Micaella Moura pelo inestimável apoio, orientação e conhecimento técnico compartilhado ao longo de todo o processo de pesquisa.

Adicionalmente, agradecemos aos proprietários da chácara em Chã Grande pela colaboração, acesso à propriedade e fornecimento de informações essenciais à avaliação da viabilidade do sistema proposto. Estendemos também nosso reconhecimento a todos que contribuíram com ideias e discussões que enriqueceram este estudo.

## REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. (2020). Atlas da Irrigação: Uso da Água na Agricultura Irrigada. Brasília: ANA, 1 ed. Disponível em: <https://www.gov.br/ana>
- AGÊNCIA PERNAMBUCANA DE ÁGUAS E CLIMA - APAC. Precipitação Média por Município. Pernambuco: APAC, 1 ed. Disponível em: <https://www.apac.pe.gov.br/193-climatologia/521-climatologia-por-municipio>
- ALI, T. *et al.* (2023). “Underground dam site selection using hydrological modelling and analytic network process”. *Groundwater for Sustainable Development*, v. 23, p. 100976, DOI:<https://doi.org/10.1016/j.gsd.2023.100976>.
- BARBOSA, C. S. B. (2023). “Estudo técnico-operacional de barragens subterrâneas no Ceará”. In: Anais do XXV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Maceió, Nov. 2023, 1, pp. 1–12.
- BARBOSA, R; LIMA, E. V. S; SILVA, J. A & ANDRADE, E. M. (2016). “Vulnerabilidade e adaptação da agricultura familiar à seca no Agreste de Pernambuco”. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 9(6), 1788-1803.
- CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. SINAPI – Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil. Disponível em: <https://www.caixa.gov.br/sinapi>. Acesso em: 14 maio 2025.
- CHEZGI, J. *et al.* (2016). “Assessment of a spatial multi-criteria evaluation to site selection underground dams in the Alborz Province, Iran”. *Geocarto International*, v.31, n. 6, p 628-646, DOI: <https://doi.org/10.1080/10106049.2015.1073366> .
- CHEZGI, S. R.; GHARAKHANI, G. A.; NAJAFI, A.; NAZARI, A. (2016). “GIS-based site selection for subsurface dams using SMCE and AHP: A case study in Alborz, Iran”. *Environmental Earth Sciences*, 75(9), 800.
- DENYER, D.; TRANFIELD, D. (2009). “Producing a systematic review”. In: BUCHANAN, D.A.; BRYMAN, A. (org.). *The Sage Handbook of Organizational Research Methods*. London: Sage Publications, pp. 671–689.
- EMBRAPA. (2021). Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 6. ed. Brasília: Embrapa Solos, 376 p.
- GONDIM, S. C; ARAÚJO, J. C. & RODRIGUES, T. E. M. (2012). “Barragens subterrâneas como estratégia de convivência com a seca no semiárido cearense: estudo de caso em Pentecoste.” *Revista Tecnologia*, 33(1), 93-102.
- MARENGO, J.A. (2008). “ Mudanças climáticas e seus impactos nos recursos hídricos do Brasil.” *Revista Brasileira de Climatologia*, 3(1), 6-25.
- NILSSON, Â. (2001). *Groundwater dams for small-scale water supply*. ITDG Publishing.
- SESAN – SECRETARIA NACIONAL DE SEGURANÇA ALIMENTAR E NUTRICIONAL. (2023). *Tecnologias Sociais de Convivência com o Semiárido*. Brasília: Ministério do Desenvolvimento e Assistência Social, Família e Combate à Fome, 2023.



**XXVI**  
**Simpósio Brasileiro de**  
**Recursos Hídricos**

23 a 28 de novembro de 2025 - Vitória - ES

**ABRHidro**  
Associação Brasileira de Recursos Hídricos

SGB – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. (2005). Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea: Diagnóstico do Município de Chã Grande, Estado de Pernambuco. Org. por MASCARENHAS, J. C.; BELTRÃO, B. A.; SOUZA JÚNIOR, L. C.; GALVÃO, M. J. T. G.; PEREIRA, S. N.; MIRANDA, J. L. F. Recife: CPRM/PRODEEM, 11 p. + anexos.

TALEBI, A.; GHADERI, A.; FARID, A.; KHODAKARAMI, L. (2023). “Site selection for subsurface dams using SWAT and ANP methods in Yazd province, Iran”. Water Resources Management, 37(2), pp. 145–162.

YIN, R. K. (2001). Estudo de caso: planejamento e métodos. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

YIN, R. K. (2018). Case study research and applications (6th ed.): SAGE Publications.