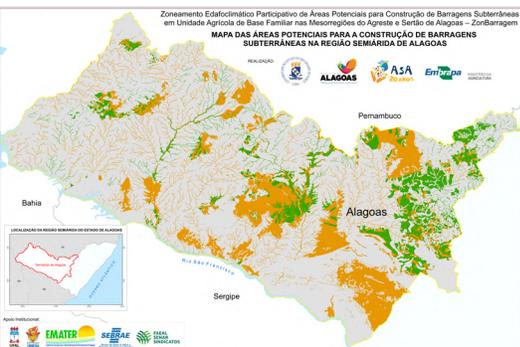




## Critérios Metodológicos e Zoneamento de Áreas Potenciais para Construção de Barragens Subterrâneas em Comunidades Difusas do Semiárido Alagoano



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Embrapa Solos  
Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento  
Secretaria do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos  
Governador do Estado de Alagoas  
Articulação Semiárido Brasileiro*

## **BOLETIM DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO 284**

# **Critérios Metodológicos e Zoneamento de Áreas Potenciais para Construção de Barragens Subterrâneas em Comunidades Difusas do Semiárido Alagoano**

*Maria Sonia Lopes da Silva  
Flávio Adriano Marques  
Manoel Batista de Oliveira Neto  
Alexandre Hugo Cezar Barros  
Daniel Chaves Webber  
Cláudio Almeida Ribeiro  
Albani Vieira Rocha  
Eliene Bezerra Pereira  
Antônio Gomes Barbosa  
Alexandre de Oliveira Lima  
André Julio do Amaral  
Alineaurea Florentino Silva  
Alba Leonor da Silva Martins  
Maria José Zaroni  
Sívio Roberto de Lucena Tavares  
Gustavo de Mattos Vasques  
Gizélia Barbosa Ferreira  
Wilton José Silva da Rocha  
Tony Jarbas Ferreira Cunha (In memoriam)*

**Embrapa Solos**  
Rio de Janeiro, RJ  
2022

## **Embrapa Solos**

Unidade de Execução de Pesquisa e  
Desenvolvimento de Recife

Rua Antônio Falcão, nº402  
Boa Viagem, Recife, PE  
CEP: 51020-240  
Fone: +55 (81) 3198-7800

[www.embrapa.br](http://www.embrapa.br)

[www.embrapa.br/fale-conosco/sac](http://www.embrapa.br/fale-conosco/sac)

### **Unidade responsável pelo conteúdo e edição**

Embrapa Solos UEP Recife

#### **1ª edição**

E-book (2022): PDF

## **Comitê Local de Publicações**

Presidente  
*Silvio Barge Bhering*

Secretário-Executivo  
*Marcos Antônio Nakayama*

Membros  
*Bernadete da Conceição Carvalho Gomes Pedreira,  
David Vilas Boas de Campos, Evaldo de Paiva Lima,  
José Francisco Lumberas, Joyce Maria Guimarães  
Monteiro, Lucia Raquel Queiroz Pereira da Luz,  
Maurício Rizzato Coelho, Wenceslau Geraldes  
Teixeira*

Supervisão editorial  
*Marcos Antônio Nakayama*

Normalização bibliográfica  
*Enyomara Lourenço Silva (CRB –4/1569)*

Projeto gráfico da coleção  
*Carlos Eduardo Felice Barbeiro*

Editoração eletrônica  
*Beatriz Regina Figueiredo e Wilber Antônio Santos  
da Silva*

Capa  
*Beatriz Regina de Figueiredo, Wilber Antônio Santos  
da Silva e Maria Sonia Lopes da Silva*

Fotos da capa  
*Jaciana Salazar da Silva*

### **Todos os direitos reservados.**

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte,  
constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

### **Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

Embrapa Solos

---

Critérios metodológicos e zoneamento de áreas potenciais para construção de barragens  
subterrâneas em comunidades difusas do Semiárido alagoano / Maria Sonia Lopes da  
Silva ...[et al.]. - Rio de Janeiro : Embrapa Solos, 2022.  
59 p. : il. color. - (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Solos, ISSN 1678-  
0892 ; 284).

E-book no formato PDF

1. Geoespacialização ambiental. 2. Agricultura familiar. 3. Tecnologia social hídrica. 4. In-  
clusão socioprodutiva. I. Silva, Maria Sonia Lopes da. II. Marques, Flávio Adriano. III. Oliveira  
Neto, Manoel Batista de. IV. Barros, Alexandre Hugo Cezar. V. Webber, Daniel Chaves. VI.  
Ribeiro, Cláudio Almeida. VII. Rocha, Albanir Vieira. VIII. Pereira, Eliene Bezerra. IX. Barbosa,  
Antônio Gomes. X. Lima, Alexandre de Oliveira. XI. Amaral, André Julio do. XII. Silva, Aline-  
aurea Florentino. XIII. Martins, Alba Leonor da Silva. XIV. Zaroni, Maria José. XV. Tavares,  
Sílvio Roberto de Lucena. XVI. Vasques, Gustavo de Mattos. XVII. Ferreira, Gizelia Barbosa.  
XVIII. Rocha, Wilton José da Silva. XIX. Cunha, Tony Jarbas Ferreira. XX. Embrapa Solos.  
XXI. Série.

---

CDD 631.4

Enyomara Lourenço Silva (CRB – 4/1569)

© Embrapa, 2022

## Autores

---

### **Maria Sonia Lopes da Silva**

Engenheira-agrônoma, doutora em Ciência do Solo, pesquisadora  
Embrapa Solos UEP Recife, PE

### **Flávio Adriano Marques**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Solos e Nutrição de Plantas, pesquisador  
Embrapa Solos UEP Recife, PE

### **Manoel Batista de Oliveira Neto**

Engenheiro-agrônomo, mestre em Ciência do Solo, pesquisador  
Embrapa Solos UEP Recife, PE

### **Alexandre Hugo Cezar Barros**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Física do Ambiente Agrícola, pesquisador  
Embrapa Solos UEP Recife, PE

### **Daniel Chaves Webber**

Graduado em Administração, mestre em Ciência e Tecnologia Ambiental, analista  
Embrapa Pesca Aquicultura, Tocantins, GO

### **Cláudio Almeida Ribeiro**

Engenheiro-agrônomo, especialista em Agroecologia, assessor da  
Articulação Semiárido Brasileiro, Recife, PE

### **Albani Vieira Rocha**

Agente de Desenvolvimento Rural Sustentável, Coordenador Executivo do  
Centro de Desenvolvimento Comunitário de Maravilha, Maravilha, AL

### **Eliene Bezerra Pereira**

Licenciada em História, Coordenadora Executiva do Centro de Apoio Comunitário de Tapera em União a Senador, Senador Rui Palmeira, AL

### **Antônio Gomes Barbosa**

Sociólogo, Coordenador de Programas e Projetos da Articulação Semiárido Brasileiro, Recife, PE

### **Alexandre de Oliveira Lima**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Geodinâmica e Geofísica, professor adjunto da Universidade Estadual do Rio Grande do Norte, Campus Mossoró, RN

**André Julio do Amaral**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Ciência do Solo, pesquisador  
Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS

**Alineaura Florentino Silva**

Engenheira-agrônoma, doutora em Desenvolvimento e Meio Ambiente,  
pesquisadora da Embrapa Semiárido, Petrolina, PE

**Alba Leonor da Silva Martins**

Engenheira-agrônoma, doutorada em Ciência do Solo, pesquisadora  
Embrapa Solos, Rio de Janeiro, RJ

**Maria José Zaroni**

Engenheira-agrônoma, mestre em mestrado em Geografia, pesquisadora  
Embrapa Solos, Rio de Janeiro, RJ

**Sílvio Roberto de Lucena Tavares**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Geotecnia, pesquisador Embrapa Solos,  
Rio de Janeiro, RJ

**Gustavo de Mattos Vasques**

Engenheiro-florestal, doutor em Sistema de Informações Geográficas,  
pesquisador da Embrapa Solos, Rio de Janeiro, RJ

**Gizelia Barbosa Ferreira**

Engenheira-agrônoma, doutoranda em Medio Ambiente y Sociedad pela  
Universidad Pablo de Olavide, Espanha, professora do Instituto  
Federal de Pernambuco, Campus Vitória de Santo Antão, PE

**Wilton José da Silva Rocha**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Geociências, geólogo da Secretaria de  
Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos, Maceió, AL

**Tony Jarbas Ferreira Cunha (In memoriam)**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Ciência do Solo, pesquisador  
Embrapa Semiárido, Petrolina, PE

## Sumário

---

Resumo .....	7
Abstract .....	8
Introdução.....	9
1.1. Contextualização.....	9
1.2. Barragem subterrânea: conceito, construção e importância, experiência em Alagoas.....	11
1.3. Estado de Alagoas: localização, mesorregiões e economia.....	13
1.4. Caracterização do Semiárido alagoano: clima, relevo, solo e hidrografia.....	16
1.5. Zoneamento edafoclimático para identificação de áreas com potencial para construção de barragens subterrânea: importância e objetivos.....	17
2. Material e Métodos .....	18
2.1. Área de estudo.....	18
2.2. Metodologia desenvolvida.....	19
2.2.1. Atualização dos parâmetros de seleção e construção de barragem subterrânea.....	20
2.2.2. Definição de parâmetros ambientais para escolha de local adequado.....	22
2.2.3. Definição dos indicadores e critérios de aptidão para construção de barragem subterrânea.....	22
2.2.4. Elaboração dos mapas de aptidão para construção de barragem subterrânea.....	23

2.2.5. Elaboração dos mapas de potencial para construção de barragem subterrânea.....	24
2.2.6. Bases cartográficas utilizadas.....	25
2.2.7. Definição da escala dos mapas.....	26
3. Resultados e Discussão.....	26
3.1. Aptidão das terras para construção de barragens subterrâneas.....	28
3.1.1. Aptidão geológica.....	28
3.1.2. Aptidão do relevo/declividade.....	28
3.1.3. Aptidão pedológica.....	29
3.1.4. Salinidade e sodicidade de solos no contorno da rede de drenagem.....	31
3.1.5. Aptidão edafo-hídrica.....	32
3.1.6. Aptidão climática.....	33
3.2. Áreas potenciais para construção de barragens subterrâneas.....	36
3.2.1. Verdade de campo.....	37
3.2.2. Mapas finais das áreas potenciais para construção de barragens subterrâneas.....	40
Considerações finais.....	45
Agradecimentos.....	46
Referências.....	47
Anexos.....	50
Anexo 1. Links de acesso aos mapas de áreas com potencial para construção de barragens subterrâneas: ZonBarragem Alagoas.....	50
Anexo 2. Mapas de áreas com potencial para construção de barragens subterrâneas por microrregião: ZonBarragem Alagoas.....	51

## Resumo

---

O armazenamento e a gestão da água constituem um grande desafio para as populações rurais difusas residentes no Semiárido brasileiro. A adoção de tecnologias sociais hídricas para o consumo humano, produção de alimentos e dessedentação de animais tem contribuído significativamente para a melhoria da qualidade de vida, por proporcionar a inclusão socioproductiva das famílias agricultoras. A barragem subterrânea é uma dessas tecnologias que tem contribuído na diminuição da vulnerabilidade das famílias aos elevados níveis de fome e pobreza, gerando alimentos e acesso a condições mínimas de dignidade e cidadania. Entretanto, em razão da enorme diversidade de solos e do embasamento rochoso do Semiárido brasileiro, a seleção de locais com potencial para construção de barragens subterrâneas precisa ser aprimorada com base em parâmetros técnicos, ambientais e sociais. A identificação de ambientes potenciais à construção de barragens subterrâneas é, portanto, necessária e de suma importância como subsídio às políticas públicas. A Embrapa Solos, por meio da Unidade de Execução de Pesquisa e Desenvolvimento de Recife (UEP Recife), juntamente com seus parceiros desenvolveu o *Zoneamento edafoclimático de áreas potenciais para construção de barragens subterrâneas em comunidades difusas do Semiárido alagoano (ZonBarragem)*. O estudo teve como objetivo disponibilizar uma metodologia para identificar áreas potenciais para construção de barragens subterrâneas, visando a aumentar a captação e o armazenamento da água de chuva no Semiárido brasileiro, bem como subsidiar a tomada de decisão em programas de políticas públicas voltados à inserção socioproductiva de agroecossistemas de base familiar. O estudo contemplou, aproximadamente, 214 famílias, numa área de 12.581 km<sup>2</sup>, que corresponde a 1.500 beneficiários, distribuídos em 38 municípios alagoanos. O mapa foi elaborado, tomando como base o Zoneamento Agroecológico de Alagoas (ZAAL), também gerado pela Embrapa Solos UEP Recife e parceiros. Considerando uma análise multicritério, a partir do cruzamento dos parâmetros solo, clima, relevo, rede de drenagem e geologia, foram delimitadas três classes de potencial: alta, média e baixa. Em seguida, as classes foram espacializadas em todo território do Semiárido de Alagoas, gerando o mapa de potencial edafoclimático. Com o objetivo de validar o mapa produzido, foram efetuadas verdades de campo, por microrregião. Ao final, foram gerados oito mapas de potencial edafoclimático, sendo um geral e sete compartimentados por microrregião, em escala de 1:100.000, denominados de Mapas ZonBarragem Alagoas.

**Termos de indexação:** geoespacialização ambiental, agricultura familiar, tecnologia social hídrica, inclusão socioproductiva.

## Abstract

---

### **Methodological Criteria and Zoning of Potential Areas for Construction of Underground Dams in Diffuse Communities of the Semiarid Region of Alagoas**

The storage and management of water constitute a major challenge for the diffuse rural populations living in the Brazilian semiarid region. The adoption of social water technologies for human consumption, food production and animal watering has significantly contributed to improving the quality of life, by providing the socio-productive inclusion of farming families. The underground dam is one of those technologies that has contributed to the reduction of the vulnerability of families to high levels of hunger and poverty, generating food and access to minimum conditions of dignity and citizenship. However, due to the enormous diversity of soils and the rocky basement of the semiarid region, the selection of sites with potential for the construction of underground dams needs to be improved based on technical, environmental and social parameters. The identification of potential environments for the construction of underground dams is, therefore, necessary and of great importance as a subsidy to public policies. Embrapa Solos, through the Recife Research and Development Execution Unit (UEP Recife), together with its partners, developed *The soil and climate zoning of potential areas for the construction of underground dams in diffuse communities in the Alagoas semiarid region (ZonBarragem)*. The study aimed at providing a methodology to identify potential areas for the construction of underground dams, in order to increase the capture and storage of rainwater in the Brazilian semiarid region, as well as to support decision-making in public policy programs aimed at socio-productive insertion of family-based agroecosystems. The study included approximately 214 families, in an area of 12,581 km<sup>2</sup>, which cover 1,500 beneficiaries, in 38 municipalities in Alagoas. The map was prepared based on the Agroecological Zoning of Alagoas (ZAAL), also generated by Embrapa Solos UEP Recife and partners. Considering a multi-criteria analysis, from the crossing of soil, climate, relief, drainage network and geology parameters, three potential classes were defined: high, medium and low. Then, the classes were spatialized throughout the territory of the Semiarid region of Alagoas, generating the edaphoclimatic potential map. In order to validate this map, field validation were carried out, by microregion. At the end, eight maps were generated, being one general and seven compartmentalized by microregion, at a scale of 1:100,000, called Alagoas ZonBarragem Maps.

**Index terms:** environmental geospatialization, family farming, social water technology, socioproductive inclusion.

# 1. Introdução

---

## 1.1. Contextualização

A escassez de água potável no mundo foi diagnosticada pelas organizações internacionais como um dos problemas ambientais mais graves do século XX (Shiklomanov, 1998) e que se estendeu ao século XXI. Para a Organização das Nações Unidas (ONU), a expectativa era que até meados da segunda década do século passado, mais de 60% da população do mundo estivesse vivendo em países com estresse hídrico. A crise da água é mais do que tudo uma crise de gerenciamento (Freitas, 2006).

O Relatório da ONU de 2006, que trata de forma exclusiva sobre a problemática da escassez hídrica, alerta para os altos padrões de consumo que, sendo mantidos, em 2025, aproximadamente 3 bilhões de pessoas terão problemas de acesso à água potável. Números recentes revelam que cerca de 1,2 bilhões de pessoas não têm acesso à água de qualidade para consumo, somadas a 2,6 bilhões que não dispõem de coleta de esgoto de forma adequada. Por sua vez, os relatórios de 2007/2008/2009 retratam as mesmas previsões, chamando a atenção para que, em se mantendo a atual situação de mudanças climáticas, bem como de aumento da população, proliferação indiscriminada do lixo e mau uso dos recursos, a sociedade caminha para uma catástrofe (Hamel; Grubba, 2016).

O Brasil, segundo dados da Agência Nacional de Águas (ANA), em seu território, dispõe de 13,8% do total de águas doces superficiais do mundo, 34,9% do total de águas das Américas e 56,9%, no que tange à América do Sul (ANA, 2002). Apesar dessa disponibilidade, constata-se que em muitas regiões do país um elevado déficit hídrico, causado pela falta de chuvas e pela elevada evapotranspiração, levando a população destas áreas a uma situação de extrema carência de água potável. Nesse quadro, encontram-se o Nordeste e o Norte de Minas Gerais (Semiárido brasileiro) e até mesmo algumas regiões do Sul e outras do Sudeste. Nessas regiões, a escassez de chuvas tem consequências diretas sobre as atividades humanas, condicionando a agropecuária, a indústria e o ambiente (Silva et al., 2019).

Segundo Brito et al. (2015), apesar dessas constatações, o Semiárido brasileiro, em anos de precipitação dentro da média anual, apresenta potencial

de captar 57 bilhões de metros cúbicos de água de chuva anualmente, representando 3.780 m<sup>3</sup>/pessoa/ano, o que equivale a 400 carros-pipa/pessoa/ano. Assim, torna-se claro que o problema do Nordeste não é a falta de água, e sim a falta de gestão e de políticas públicas de aproveitamento da água.

O Semiárido alagoano abrange 38 municípios, constituindo-se numa região caracterizada como qualquer outra região semiárida, pelas frequentes ausências, escassez, alta variabilidade espacial e temporal das chuvas, com precipitação média anual entre 400 mm e 900 mm, e valores médios de evapotranspiração entre 1.400 mm e 1.500 mm, o que tem limitado as práticas agrícolas aos períodos de chuva (Barros et al., 2018).

O grande problema enfrentado pelos diversos territórios do Agreste e Sertão Alagoano refere-se ao acesso à água, uma vez que não está disponível para muitas famílias e seus agroecossistemas. O risco da agricultura dependente de chuva e a falta de água para consumo humano e para pequenos animais constituem a principal causa da baixa qualidade de vida das famílias agricultoras que vivem em condições vulneráveis (Lima et al., 2013)

Neste sentido, no Semiárido alagoano, a questão da produção de água para obtenção de alimentos e para dessedentação humana e animal é uma prioridade que vem sendo considerada quando se trata da elaboração e execução de políticas públicas destinadas a criar condições para o desenvolvimento rural sustentável da região. Como consequência, a implantação de tecnologias sociais de captação e armazenamento de água de chuva tem aumentado muito nos últimos anos por meio de programas governamentais, pela atuação de organizações não governamentais (ONG), empresas do terceiro setor e iniciativas próprias.

A maioria dessas alternativas tecnológicas têm sido estudadas e recomendadas pela Embrapa e parceiros, a exemplo, da barragem subterrânea, visando a proporcionar o redesenho desses sistemas e, conseqüentemente, contribuir para melhor convívio da comunidade rural com a adversidade do clima da região. A barragem subterrânea destaca-se entre o conjunto de tecnologias existentes, pela sua boa adoção pelas famílias agricultoras, com destaque para sua eficiência, baixo custo, simplicidade, rapidez e praticidade de construção (Nascimento, 2015).

## 1.2. Barragem subterrânea: conceito, importância, experiência em Alagoas

Barragem subterrânea é toda estrutura hidráulica que tem como objetivo interceptar a água da chuva que escoar dentro e acima do solo, por meio de uma parede construída no sentido transversal à descida das águas (Vasques, 2022).

Tem como função elevar o nível do lençol freático, por meio de infiltração, tornando a água disponível para a utilização pelas plantas e outros usos. A interceptação da água pela parede da barragem proporciona um armazenamento de água dentro do solo, com perdas mínimas, mantendo-o úmido por um período maior de tempo (Lima et al., 2013). A depender das chuvas ocorridas e da condição do ambiente (solo, geologia, relevo e clima), a umidade permanece no solo de 3 a 6 meses, ou seja, até quase o fim do período seco, permitindo o plantio mesmo em época de estiagem. Há barragens subterrâneas que permanecem com o solo úmido durante todo o ano (Silva et al., 2019). Tipos e modelos de barragem subterrânea, bem como o passo a passo para sua construção, são descritos, com peculiaridades que caracterizam cada um, em Silva et al., 2021.

As barragens subterrâneas (Figura 1) são de extrema importância na busca pela sustentabilidade dos agroecossistemas familiares do Semiárido. Sua característica de replicabilidade e de desenvolvimento com a interação das comunidades locais, permite criar caminhos para a construção de processos dialógicos e de empoderamento das famílias rurais. Isso também permite criar caminhos para a construção de processos dialógicos e de empoderamento das famílias rurais, possibilitando o afloramento de dinâmicas de transformação social e permitindo o desenvolvimento endógeno, autônomo e soberano, seja nas decisões ambientais, sociais e/ou econômicas que fortalecem a agricultura (Ferreira et al., 2011).



Foto: Jaciana Salazar da Silva



Foto: Maria Sonia Lopes da Silva

**Figura 1.** Barragem subterrânea com produção de melancia e fruteiras, em Santana de Ipanema, AL (A); barragem subterrânea com produção de palma, em São José da Tapera, AL (B).

A principal contribuição da barragem subterrânea está em contribuir com a soberania e a segurança hídrica, alimentar e nutricional das famílias, por favorecer a diversificação de alimentos cultivados e consumidos, resgatando e mantendo as variedades locais, introduzindo variedades adaptadas a região, e respeitando a sazonalidade dos cultivos, mantendo assim, uma diversidade contínua de alimentos a serem consumidos pelas famílias (Ribeiro et al., 2016).

A experiência com barragem subterrânea no Estado de Alagoas começou em 2002 com a implantação de algumas unidades pela ONG Visão Mundial. Em 2007, destacou-se como um dos estados que fez parte do Projeto Piloto do Programa Uma Terra, Duas Águas (P1+2), programa financiado pelo Governo Federal e implantado pela Articulação Semiárido Brasileiro (ASA). Desde então, a tecnologia foi multiplicada, contando hoje com aproximadamente 150 a 200 unidades construídas no estado.

### 1.3. Estado de Alagoas: localização, mesorregiões e economia

O Estado de Alagoas está situado na região Nordeste do Brasil e é um dos 10 estados que compõem o Semiárido brasileiro (Figura 2). Possui uma área territorial aproximada de 27.830, 661 km<sup>2</sup>, representando 0,33% do território nacional com uma população residente estimada em 2021 de 3.365.351 habitantes. Possui 102 municípios, tendo na sua capital, Maceió, o município mais populoso do estado, com 932.748 habitantes, no último censo (2010), e uma estimativa de 1.031.597 para 2021 (IBGE, 2022).

Apesar de possuir pequenas dimensões, Alagoas apresenta significativas variações de solo, geologia, clima, vegetação e recursos hídricos. No contexto do Nordeste, o estado de Alagoas apresenta a oeste uma região semiárida, a leste uma faixa litorânea semiúmida, ao sul a bacia do rio São Francisco, mais os estados de Sergipe e Bahia, e ao norte o estado de Pernambuco. É dividido em três mesorregiões (Figura 3), que constituem espaços geoeconômicos bastante diferenciados: região do Leste Alagoano (Litoral e Zona da Mata), Agreste Alagoano (Baixo Sertão) e Sertão Alagoano (Médio e Alto), (IBGE, 2022).

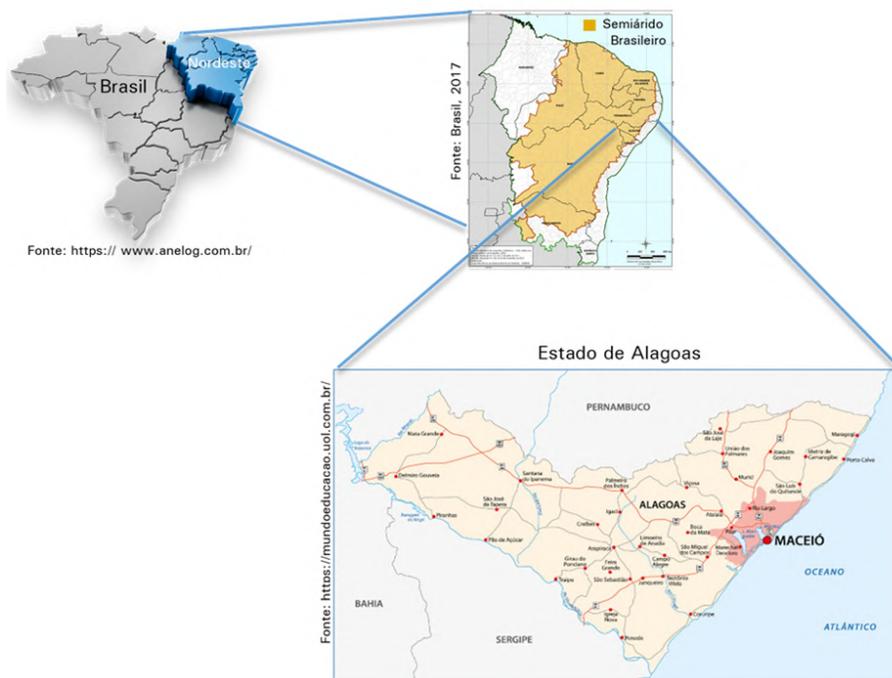


Figura 2. Localização do Estado de Alagoas na região Nordeste e no Semiárido do Brasil.



**Figura 3.** Mesorregiões do Estado de Alagoas.

Mapa: Davi Ferreira da Silva, a partir de base cartográfica do IBGE e Resolução N° 115 da Sudene de 23/11/2017.

O estado apresenta baixos desempenhos em seus indicadores, com um IDH de 0,683. Sua economia, no segmento da agricultura, baseia-se na cultura da cana-de-açúcar, presente na Zona de Mata, e que ocupa grande parte do seu território; e na cultura do coco em áreas litorâneas. Além dessas, destacam-se a agroindústria sucroalcooleira, outras indústrias e uma bacia leiteira no Semiárido (IBGE, 2022). Também merece destaque outros cultivos, a exemplo de fruteiras, em especial pinha, banana e abacaxi; mandioca; grãos, principalmente feijão e do milho. Ultimamente, a soja tem ganhado espaço na região conhecida como Sealba (denominação para Sergipe, Alagoas e Bahia) (Silva et al, 2021).

## 1.4. Caracterização do Semiárido alagoano: clima, relevo, solo e hidrografia

O Semiárido não apresenta registro de grandes oscilações com relação à temperatura média do ar, variando entre 17°C (nos meses de junho a agosto) e 33°C (nos demais meses). De acordo com a classificação de Köppen, apresenta clima BSh, isto é, seco e quente, com precipitação pluviométrica no Sertão entre 400 mm e 600 mm, e no Agreste de 600 mm a 900 mm (Barros et al., 2018).

Como reflexo das condições climáticas, a hidrografia é frágil, em seus amplos aspectos, sendo insuficiente para sustentar rios caudalosos que se mantenham perenes nos longos períodos de ausência de precipitações.

Constituiu-se exceção o rio São Francisco que, devido às características hidrológicas, permite a sua sustentação durante o ano todo, tendo um significado especial para as populações ribeirinhas do Sertão. Compõe a rede hidrográfica, além do São Francisco, os rios Capiá, Ipanema, Moxotó, Mundaú, Paraíba do Meio, entre outros.

O Semiárido alagoano está inserido no grande domínio da Depressão Sertaneja que constituem terras aplainadas interrompidas por súbitos morros isolados, compostos de rochas mais resistentes. Essas rochas constituem verdadeiros maciços residuais, que emergem na paisagem isoladamente ou em conjuntos, sendo denominadas, na literatura geográfica, como inselbergues ou inselgebirgues, respectivamente. Neste ambiente, os solos são pouco desenvolvidos, e os afloramentos de rocha constantes. Os principais solos de ocorrência encontrados na região são os Planossolos, Neossolos Regolíticos, Neossolos Litólico e Luvisolos Crômicos. Em menor proporção, correm também os Argissolos Vermelhos, no Agreste e nos “pés de serra” do Alto Sertão. Também ocorre próximos aos rios e riachos os Neossolos Flúvicos. Há registros de pequena ocorrência de Neossolos Quartzarênicos. A vegetação assume o caráter imposto pelo ambiente de baixa precipitação, com predomínio da Caatinga Hiperxerófila, marcada pela presença de cactáceas, como mandacarus, coroa-de-frade e xique-xiques. Sua cobertura equivale a 48% do território alagoano. Como o Agreste está numa área de transição há ocorrência em menor quantidade, de Caatinga Hipoxerófila e de Floresta subcaducifólia (Araújo Filho et al., 2012).

## 1.5. Zoneamento edafoclimático para identificação de áreas com potencial para construção de barragens subterrânea: importância e objetivos

Em geral, quando se planeja construir unidades de barragens subterrâneas, gasta-se um tempo considerável percorrendo propriedades que apresentem os parâmetros recomendados de local adequado. Em todo o Semiárido brasileiro, há registros de barragens subterrâneas subutilizadas ou em condições inadequadas para a exploração agrícola, devido principalmente à sua construção em áreas não recomendadas, no que diz respeito principalmente ao solo, relevo, geologia e clima, o que tem inviabilizado um número considerável de unidades de barragem subterrânea na região (Silva et al., 2019; Lima, 2013).

Como mencionado, Alagoas apresenta uma caracterização climatológica, hidrológica e física bastante diversificada. O conhecimento dessas variações é vital quando se pretende implantar estratégias de desenvolvimento rural em bases sustentáveis. Uma forma de se conhecer estas variações é a utilização de ferramentas de gestão ambiental como método para auxílio de tomadas de decisões, principalmente aquelas que têm como objetivo recomendar ações práticas para o estabelecimento de cultivos e de áreas potenciais para determinado uso (Araújo Filho et al., 2012).

O zoneamento como instrumento de ordenamento do espaço da produção agrícola delimita zonas edafoclimáticas homogêneas ou unidades ambientais ou ainda unidades básicas de trabalho para a agricultura (Wollmann; Galvani, 2013). O zoneamento das áreas potenciais para construção de barragens subterrâneas no Semiárido de Alagoas consiste em um mapa que indica as áreas mais propensas à construção de barragens subterrâneas. Este zoneamento é utilizado para identificar e espacializar os geoambientes para implantação de barragens subterrâneas.

Diante do exposto, o trabalho teve como objetivo disponibilizar uma metodologia para identificar áreas potenciais para construção de barragens subterrâneas, visando a aumentar a captação e o armazenamento de água da chuva no Semiárido brasileiro, bem como subsidiar a tomada de decisão em programas de políticas públicas voltados à inserção social e produtiva de agroecossistemas de base familiar.

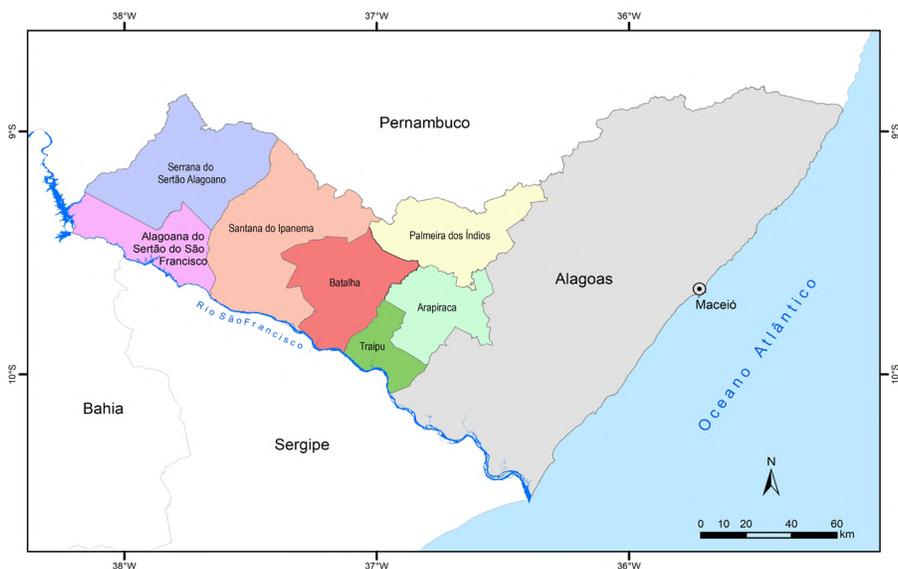
## 2. Material e métodos

### 2.1. Área de estudo

O estudo foi conduzido no Semiárido do estado de Alagoas, localizado a oeste do estado, no Nordeste brasileiro, entre as Latitudes  $-8^{\circ}48'43''$  e  $-10^{\circ}29'58''$  e Longitudes  $-38^{\circ}4'14''$  e  $-36^{\circ}20'08''$ .

Como no Semiárido alagoano existem áreas com diferentes aspectos ambientais e climáticos, foi considerado neste trabalho, para efeito da definição de indicadores e de seus respectivos critérios, as mesorregiões do Sertão Alagoano (Alto e Médio Sertão) e Agreste Alagoano (Baixo Sertão).

Para efeito das análises e posterior composição do mapa foram consideradas as sete microrregiões que compõem o Semiárido (Serrana do Sertão alagoano, Alagoana do Sertão do São Francisco, Santa do Ipanema, Batalha, Palmeira dos Índios, Arapiraca e Traipu) (Figura 5), por possuírem diferenças fisiográficas, sociais e, conseqüentemente, na produção agropecuária.

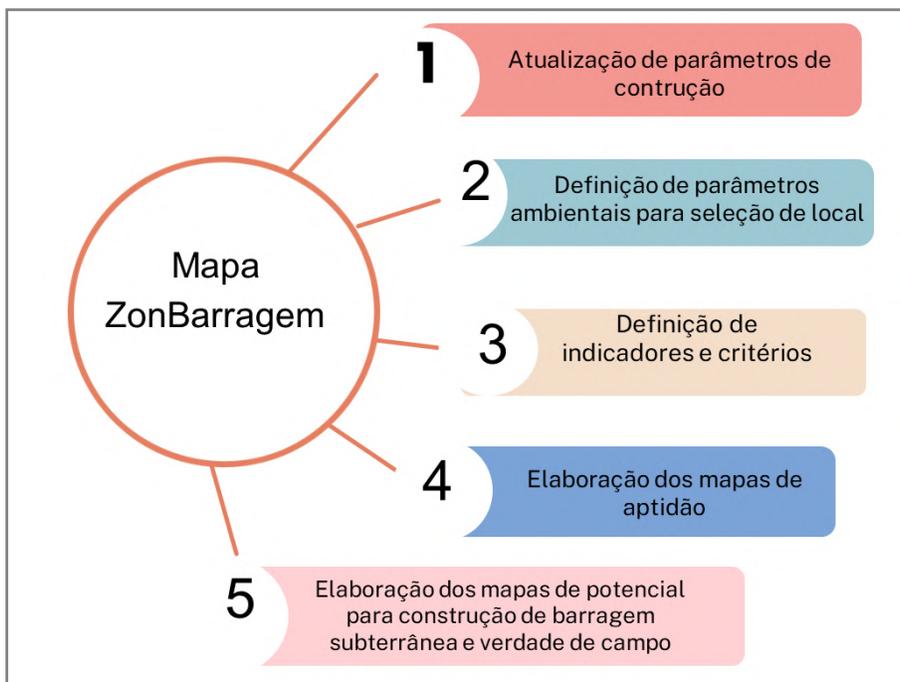


**Figura 5.** Microrregiões do Semiárido alagoano.

Mapa: Davi Ferreira da Silva, a partir de base cartográfica do IBGE.

## 2.2. Metodologia desenvolvida

A metodologia foi desenvolvida pela Embrapa Solos UEP Recife e a rede sociotécnica constituída de parceiros da sociedade civil, governos estadual e municipais, instituições de ensino, movimentos sociais e do terceiro setor, no âmbito do projeto Zoneamento edafoclimático participativo de áreas potenciais para construção de barragens subterrâneas no Semiárido do estado de Alagoas (ZonBarragem), coordenado pela Embrapa Solos UEP Recife. A metodologia desenvolvida constou de cinco etapas, conforme o diagrama de fluxo e descrição a seguir (Figura 6).



**Figura 6.** Diagrama de fluxo da metodologia desenvolvida para a elaboração do mapa do Zoneamento de áreas potenciais para construção de barragens subterrâneas no Semiárido do estado de Alagoas (ZonBarragem).

### 2.2.1. Atualização dos parâmetros de seleção e construção de barragem subterrâneas

Os parâmetros técnicos de construção para seleção de local e construção de barragens subterrâneas datam de 1982, conforme orientação da Embrapa Semiárido (Brito et al., 1989). A partir de então, muito se avançou nos conhecimentos sobre os aspectos técnicos e, principalmente, sociais da referida tecnologia.

Na atualização destes parâmetros levou-se em consideração: i) a questão das mudanças climáticas, que muito tem influenciado na quantidade mínima de chuva recomendada para que a barragem subterrânea tenha maior eficiência; ii) as classes de solo e seus atributos, para assegurar o armazenamento da água e a qualidade dos cultivos; iii) a geologia, para assegurar a estocagem da água; e iv) a vazão do rio, para decisão assertiva sobre o tipo e modelo de barragem subterrânea. Nesta atualização, foram incluídos parâmetros sociais. Seguem os parâmetros atualizados:

1. Local: podem ser construídas em leitos de rio, riacho ou em linhas de drenagem naturais, também chamadas de linhas ou caminhos d'água.

2. Capacidade de armazenamento do reservatório: não construir em áreas próximas às nascentes, devido à baixa recarga local.

3. Solo: os solos mais adequados são os aluviais, porém, os solos de textura que variam de média a arenosa (grossa) apresentam ótimo potencial para os modelos Embrapa e ASA.

4. Profundidade: a rocha ou camada impermeável (massapê, piçarra, cabeça de carneiro, salão etc.) deve estar a uma profundidade efetiva mínima em torno de 1,5m, para que se tenha espaço mínimo para o armazenamento de água e, no máximo, de 4,0 m - 4,5 m (nos modelos Embrapa e ASA). A profundidade máxima pode ultrapassar este limite, mas deve ser dada atenção para o perigo de desmoronamento, principalmente em casos de solos arenosos.

5. Relevo: a declividade deve ser de, no máximo, 0,4% a 2,0%, para proporcionar uma maior área de molhamento.

6. Qualidade da água: de preferência sem problemas com sais.

7. Vazão do rio, riacho ou linhas de drenagem: evitar áreas que possuam vazão média anual forte a muito forte, quando da locação da maioria das barragens submersíveis (Modelo Embrapa e ASA), evitando-se, assim, problemas de rompimento na parede e sangradouro. Neste caso, é aconselhável a construção de barragem subterrânea submersa ou barragem submersível modelo Serra Negra do Norte.

8. Clima: o local deve possuir uma precipitação pluviometria média mínima de 200 mm anuais, bem distribuída, para proporcionar acúmulo na barragem subterrânea. As barragens subterrâneas são apropriadas para regiões de clima seco e com deficiência de chuva.

9. Geologia (rocha): deve-se ter uma noção prévia sobre o tipo de rocha que ocorre na área. As rochas duras (rochas cristalinas) são as mais recomendadas por serem impermeáveis, como por exemplo as rochas denominadas ígneas (granito) e metamórficas (gnaisse). Rochas moles não são recomendadas para construção de barragem subterrânea porque são permeáveis e absorvem umidade. Exemplo disso são as rochas sedimentares (arenito, calcário etc). Deve-se ter cuidado que, mesmo nas rochas duras, podem ocorrer as fraturas e mergulhos, ocasionando perda de água na área de acumulação/plantio.

10. Empoderamento da família agricultora: a seleção da família a ser beneficiada com a tecnologia é de extrema importância. Atentar para sua necessidade e o seu querer, a fim de que haja o efetivo aproveitamento, consequentemente eficiência da tecnologia.

11. Mobilização da comunidade e seleção das famílias: é fundamental a participação das comunidades no estabelecimento de critérios para a escolha das possíveis famílias que serão beneficiadas com a tecnologia.

12. Capacitação da família e técnicos locais: consiste em capacitar as famílias agricultoras e técnicos locais no funcionamento e manutenção da tecnologia, pois se constituem nos atores e sujeitos dos processos.

### 2.2.2. Definição de parâmetros ambientais para escolha de local adequado

Os parâmetros ambientais foram definidos a partir dos parâmetros técnicos para construção das barragens subterrâneas, de revisão bibliográfica, e a partir de discussões realizadas em várias oficinas de construção do conhecimento e rodas de diálogos com a participação das famílias agricultoras, técnicos de ATER, pesquisadores, professores e agentes de desenvolvimento rural sustentável local. Nestes espaços de debates, diferentes atores dialogaram sobre os parâmetros ambientais fundamentais na seleção de locais ideais para construção de barragens subterrâneas, ancorados num cenário onde o agroecossistema do Semiárido requer maior diversificação agropecuária, a partir do acesso e usos múltiplos da água de chuva. As decisões foram sempre tomadas em consonância com a sustentabilidade econômico-ecológica destes agroecossistemas e em função da resiliência das famílias. Partindo destas premissas, foram definidos os seguintes parâmetros ambientais: solo, geologia, relevo (incluindo a declividade longitudinal da microbacia hidrográfica), clima (incluindo a quantidade mínima de chuva por ano), e a rede hidrográfica.

### 2.2.3. Definição dos indicadores e critérios de aptidão para construção de barragem subterrânea

Após a definição dos parâmetros ambientais, foram definidos os seus indicadores e seus critérios para a elaboração de mapas de aptidão para construção de barragens subterrâneas, conforme Tabela 1.

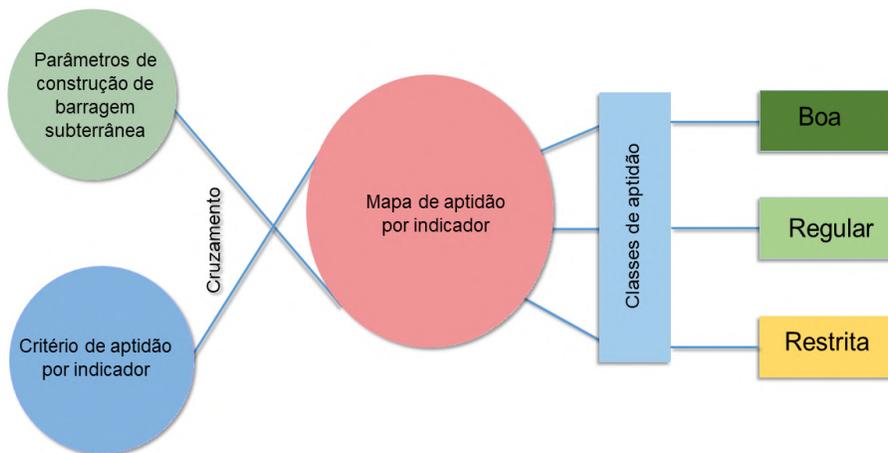
Tanto para a definição dos parâmetros ambientais, quanto dos indicadores e critérios, foram realizadas exaustivas discussões no âmbito da rede socio-técnica, visando ao consenso em relação aos aspectos socioeconômico e ambiental, no contexto das barragens subterrâneas.

**Tabela 1.** Parâmetros, indicadores e critérios utilizados na elaboração dos mapas de aptidão para construção de barragem subterrânea.

Definição de indicadores e critérios de avaliação		
Parâmetros	Indicadores	Crítérios avaliados
Geológicos	Rochas e coberturas	Rochas cristalinas
		Coberturas pedimentares
		Aluviões
		Rochas xistosas
		Rochas sedimentares
Pedológicos	Atributos do solo	Textura do solo
		Profundidade efetiva
		Salinidade/Sodicidade
		Drenagem interna
		Pedregosidade/rochiosidade
Topográficos	Atributos morfométricos (formas de relevo)	Relevo
		Distância longitudinal
		Declive longitudinal
		Sentido das vertentes
		Distância entre vertentes
		Profundidade das Vertentes
Rede de drenagem	Redes hidrográficas	Vazão
		Qualidade da água
Climáticos	Precipitações pluviométricas	Quantidade de chuvas

#### 2.2.4. Elaboração dos mapas de aptidão para construção de barragem subterrânea

A metodologia utilizada para a elaboração dos mapas de aptidão foi produzida utilizando os indicadores e critérios técnicos estabelecidos no item anterior, a partir de tabelas elaboradas com os critérios e seus respectivos fatores restritivos, definidos pela rede sociotécnica e descritos em Webber et al. (2020). Em seguida, os mapas de aptidão classes (Boa, Regular e Restrita) foram obtidos a partir do cruzamento dos parâmetros de construção de barragens subterrâneas com os critérios de aptidão definidos para cada parâmetro ambiental (Figura 7).



**Figura 7.** Esquema da metodologia de elaboração dos mapas de aptidão de solo, geologia, clima, relevo e hidrografia para construção de barragem subterrânea.

### 2.2.5. Elaboração dos mapas de potencial para construção de barragem subterrânea

O mapa de áreas com potencial para construção de barragem subterrânea foi obtido a partir de cruzamentos entre os mapas de aptidões de clima, geologia, solo e relevo. O mapa preliminar produzido, contendo as classes de potenciais para construção de barragem subterrânea, tomou como base as unidades de mapeamento de solos da região semiárida de Alagoas. Para o cruzamento entre as diversas classes de aptidão e confecção do mapa de potencial foi utilizado o software Arc Gis 10.2 e a ferramenta de interpolação TIN (Triangulation Irregular Network), com posterior conversão em arquivo raster, empregando-se índices numéricos e cores para as classes de potencial Alto, Médio e Baixo, respectivamente. Todo procedimento seguiu a metodologia empregada no Zoneamento Agroecológico do Estado de Alagoas (ZAAL) (Araújo Filho, et al., 2012) com adaptações para o ZonBarragem.

## 2.2.6. Bases cartográficas utilizadas

As informações disponíveis sobre pedologia do estado de Alagoas são o levantamento exploratório de reconhecimento de Solos do Estado de Alagoas em escala de 1:400.000 (Embrapa Solos, 1975) e o ZAAL na escala de 1:100.000 (Embrapa Solos, 2012), sendo que para o presente trabalho foi utilizado o mapa de solos do ZAAL. A geologia foi avaliada levando-se em consideração a base de dados espaciais de geologia do Estado de Alagoas que se encontra na escala 1:250.000 (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, 2016). No tocante às informações climáticas, foram utilizados os dados de precipitação pluviométrica provenientes de postos pluviométricos da Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (Sudene) (Sudene, 2017a, 2017b), uma vez que apresentam a maior série climatológica ininterrupta, mas que se encerra em meados de 1990. Para complementar e atualizar as séries pluviométricas, foram utilizados dados da Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos de Alagoas (Alagoas, 2019), as normais climatológicas do Brasil oriundas do Instituto Nacional de Meteorologia (Inmet, 2019), do HidroWeb da Agência Nacional de Águas (2019) e do Agritempo (2019). O parâmetro declividade foi obtido pelo pós-processamento de dados numéricos de elevação com resolução espacial de 30 metros (equivalente a escala de 1:80.000) da Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), fornecidos gratuitamente pela United States Geological Survey (USGS) (USGS, 2014), o qual foi avaliado e integrado à base cartográfica do projeto. A hidrografia é um parâmetro ambiental oriundo do Modelo Digital de Elevação Hidrologicamente Condicionado (MDE-HC), que também exerce função de grande importância para a identificação de áreas potenciais à construção de barragens subterrâneas. Na hidrografia, foi utilizado o ordenamento hídrico de Strahler (1957), dando-se prioridade a locais cuja vazão era menor (rios de 1ª e 2ª ordem), pois na construção de barragens subterrâneas são, preferencialmente, indicados locais de menor fluxo, por demandar menor investimento em sua construção, e assim contemplar mais famílias e com volume de água suficiente para suas necessidades.

Atendendo às Instruções Reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Nacional, atualizada na Resolução do IBGE Nº 1/2005 (IBGE, 2005), todas as bases cartográficas do projeto foram projetadas para o Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS2000), que é o novo sistema de

referência geodésico para o Sistema Geodésico Brasileiro (SGB) e para o Sistema Cartográfico Nacional (SCN). A projeção utilizada no presente estudo foi a Universal Transversa de Mercator (UTM) e a zona 24S.

### 2.2.7. Definição da escala dos mapas

A escala de referência do mapa foi definida de acordo com a disponibilidade das bases cartográficas empregadas, considerando a área construída que esta tecnologia costuma ocupar. Segundo Nascimento et al. (2015), as áreas úteis das barragens subterrâneas, salvo raras exceções, não ultrapassam 1 ha. Dentre as bases cartográficas utilizadas neste estudo, a de dados pedológicos do ZAAL possui escala aceitável ao objetivo do trabalho (1:100.000), com elevado grau de satisfação para a construção de barragens subterrâneas.

## 3. Resultados e Discussão

A elaboração dos mapas edafoclimáticos de áreas potenciais para construção de barragens subterrâneas foi realizada com a participação efetiva da rede sociotécnica formada no âmbito do projeto ZonBarragem. Na atualização dos parâmetros para construção de barragens subterrâneas e na definição de parâmetros ambientais, indicadores e critérios de avaliação de aptidão de terras foram realizadas duas oficinas e duas rodas de conversa (Figura 8).



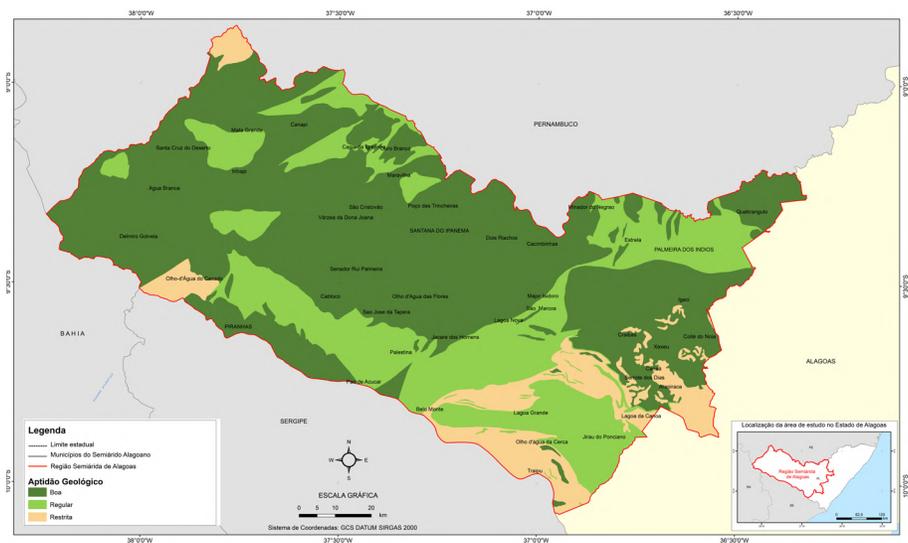


**Figura 8.** Oficina e rodas de conversa para definição de atualização de parâmetros técnicos para construção de barragens subterrâneas e definição dos parâmetros ambientais, indicadores e critérios de avaliação de aptidão das terras para construção de barragens subterrânea: Maceió, AL (A), Santana do Ipanema, AL (B), Delmiro Gouveia, AL (C).

### 3.1. Aptidão de terras para construção de barragens subterrâneas

#### 3.1.1. Aptidão geológica

O mapa de aptidão geológica apresentou predominância da classe Boa, ocupando mais da metade da região (62,06%), seguida das classes de aptidão Regular (28,18%) e Restrita (9,75%) (Figura 9). A classe Boa corresponde a áreas de rochas cristalinas ou de coberturas pedimentares, ou ainda de aluviões, que são ambientes propícios à construção de barragens subterrâneas.

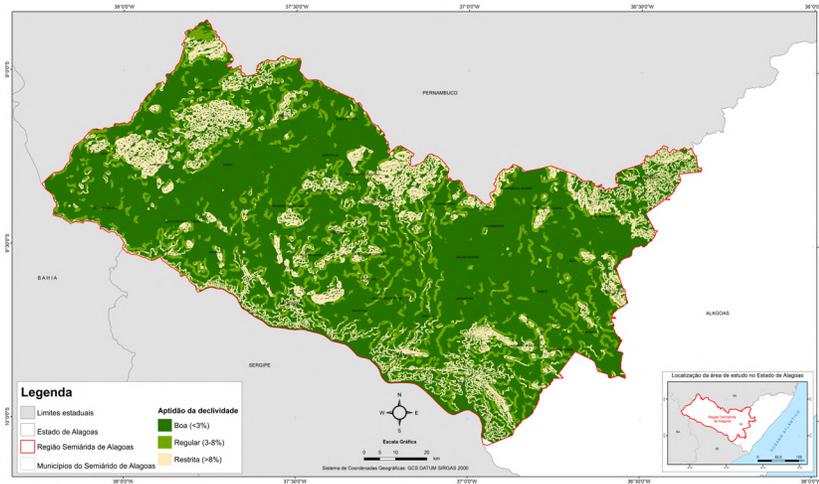


**Figura 9.** Aptidão geológica para a construção de barragem subterrânea no Semiárido de Alagoas.

Mapa: Daniel Chaves Webber.

#### 3.1.2. Aptidão do relevo/declividade

O mapa gerado permitiu caracterizar a região em: 67,18% com aptidão Boa (declividade < 3%), relevo predominante na região semiárida de Alagoas; 17,02% com aptidão Regular (3 a 8% de declividade) e 15,80% com aptidão Restrita (> 8% de declividade) (Figura 10).



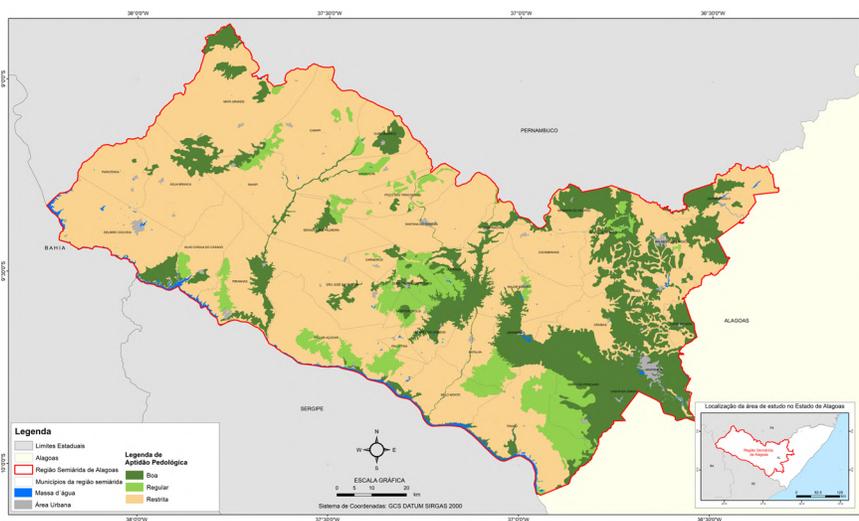
**Figura 10.** Aptidão da declividade para a construção de barragens subterrâneas no Semiárido de Alagoas.

Mapa: Daniel Chaves Webber, a partir de dados da Reunião... (1979), USGS (2014), IBGE (2017) e Sudene (2017).

### 3.1.3. Aptidão pedológica

A aptidão pedológica foi elaborada a partir da aplicação de Classificação da Aptidão Pedológica para Barragens Subterrâneas (CAPBS) que possibilitou a extração de informações do banco de dados da Aplicação SolosNE (Solos do Nordeste) utilizando um sistema especialista. A CAPBS foi exportada para uma tabela e posteriormente combinada à base cartográfica do Zoneamento Agroecológico de Alagoas (ZAAL) no ArcGIS utilizando a ferramenta “Join”. Os mapas gerados possuem em cada polígono um identificador que liga as feições geográficas à planilha de atributos originada a partir do banco de dados georreferenciado. O mesmo banco de dados é utilizado para consulta das Aplicações SolosNE e CAPBS, gerando mapas de aptidão pedológica para barragens subterrâneas, atendendo assim à demanda crescente sobre informações quanto à identificação de áreas potenciais para a implantação de novas barragens através do sistema especialista.

Observando a Figura 11, percebe-se nitidamente a limitação que os solos impõem à aptidão pedológica, principalmente no Médio e Alto Sertão. Foi considerado como aptidão Boa: i) ambientes com solos com  $\geq 75\%$  de aptidão, ii) ambientes com solos variando entre 25-50% e/ou  $\geq 50\%$  de solos com aptidão Regular, iii) ambientes com solos de aptidão Boa entre 0-25% e/ou com solos de aptidão Regular variando entre 25-50%. Para aptidão Regular foi considerado ambientes com solos de aptidão Boa entre 0-25% e/ou com solos de aptidão Regular variando entre 25-50%. E como aptidão Restrita, foi considerado ambientes onde não são encontrados solos com aptidão Boa ou onde apenas ocorre solos com aptidão Regular em proporção inferior a 25% da área.



**Figura 11.** Aptidão pedológica para a construção de barragens subterrâneas na região do Semiárido de Alagoas.

Mapa: Daniel Chaves Webber, a partir de dados de Embrapa Solos (2012), IBGE (2017) e Sudene (2017)

### 3.1.4. Salinidade e sodicidade de solos no contorno da rede de drenagem

Para barragens subterrâneas são recomendados níveis isentos ou baixos de salinidade e sodicidade no solo, a fim de que a água captada não seja comprometida. Apesar de esses parâmetros terem sido avaliados na aptidão pedológica, entende-se que os solos existentes no entorno da rede hidrográfica (80 m) podem ser reclassificados exclusivamente por esses dois parâmetros (Webber et al., 2020). Dessa forma, realizou-se a clipagem do polígono de contorno de 80 metros da hidrografia com as informações dos parâmetros salinidade e sodicidade da camada de dados pedológicos do ZAAL (Webber et al., 2020). Na classificação dos solos no entorno da rede de drenagem (Figura 12) utilizando o caráter salinidade e sodicidade, adotaram-se os critérios: i) solos sem sal foram enquadrados na classe Boa; ii) salinos e solódicos foram considerados de aptidão Regular; iii) solos sálcos e sódicos foram enquadrados na classe de aptidão Restrita.



**Figura 12.** Salinidade e sodicidade de solos no entorno da rede de drenagem.

Mapa: Daniel Chaves Webber com dados de Embrapa Solos (2012), USGS (2014), IBGE (2017) e Sudene (2017).

### 3.1.5. Aptidão edafo-hídrica

A aptidão edafo-hídrica para construção de barragens subterrâneas se deu por meio da sobreposição das camadas de aptidão pedológica e de salinidade e sodicidade de solos do entorno da rede de drenagem formando uma única camada (edafo-hídrica). As classes de aptidão edafo-hídrica, rede hidrográfica, áreas urbanas e suas respectivas áreas e percentuais encontram-se na tabela 2.

**Tabela 2.** Classes de aptidão edafo-hídrica, massa d'água, áreas urbanas e respectivas áreas

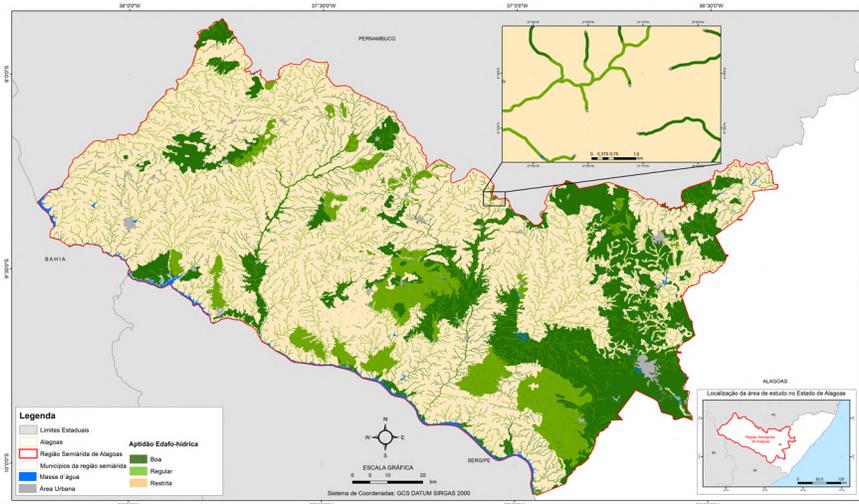
Classe	Área (km <sup>2</sup> )	Área (hectares)	Área (%)
Boa	2.748,90	274.889,99	21,85
Regular	1.661,85	166.185,27	13,21
Restrita	7.964,30	796.429,88	63,31
Massa d'água	113,34	11.333,80	0,90
Área urbana	92,33	9.233,09	0,73
<b>Total</b>	<b>12.580,72</b>	<b>1.258.072,03</b>	<b>100,00</b>

Esta sobreposição dos dados de solos com os dados de salinidade e sodicidade no entorno da rede hidrográfica formando uma única camada (edafo-hídrico) foi necessária para identificar áreas com aptidão melhores à construção, quando comparadas com a aptidão pedológica realizada unicamente com a base de solos (Tabela 3). Comparando as Tabelas 2 e 3, é notório que a aptidão de terras para barragem subterrânea foi ampliada em todo o Semiárido.

**Tabela 3.** Classificação de aptidão pedológica considerando apenas o parâmetro solo e suas respectivas áreas e percentuais.

Classe	Área (km <sup>2</sup> )	Área (hectares)	Área (%)
Boa	2.617,14	261.713,69	20,80
Regular	1.090,70	109.069,66	8,67
Restrita	8.667,21	866.721,13	68,89
Massa d'água	113,34	11.333,80	0,90
Área urbana	92,33	9.233,09	0,73
<b>Total</b>	<b>12.580,72</b>	<b>1.258.072,03</b>	<b>100,00</b>

Observando o mapa da aptidão edafo-hídrica (Figura 13), percebe-se que as áreas com Boa e Regular aptidões, além de aumentarem em quantidade, também ficaram mais bem distribuídas ao longo de toda a região semiárida a partir do ponto de vista edafo-hídrico. A mesorregião do Sertão Alagoano, por exemplo, que, no mapa de aptidão pedológica, mostrava-se praticamente Restrita à construção de barragens subterrâneas devido à análise isolada das características de solos da região, quando sobreposta com a rede hidrográfica, resultando na aptidão edafo-hídrica, permitiu identificar áreas com Boa e Regular aptidões no entorno de cursos d'água onde os solos não apresentam sal ou sódio (Webber et al., 2020).

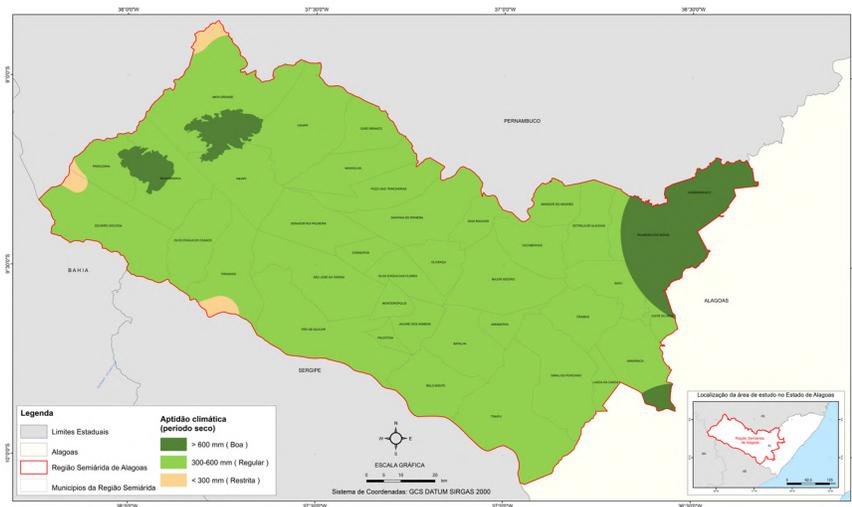


**Figura 13.** Aptidão edafo-hídrica para a construção de barragem subterrânea no Semiárido de Alagoas.

Mapa: Daniel Chaves Webber, a partir de dados da Embrapa Solos (2012), USGS (2014) e IBGE (2017).

### 3.1.6. Aptidão climática

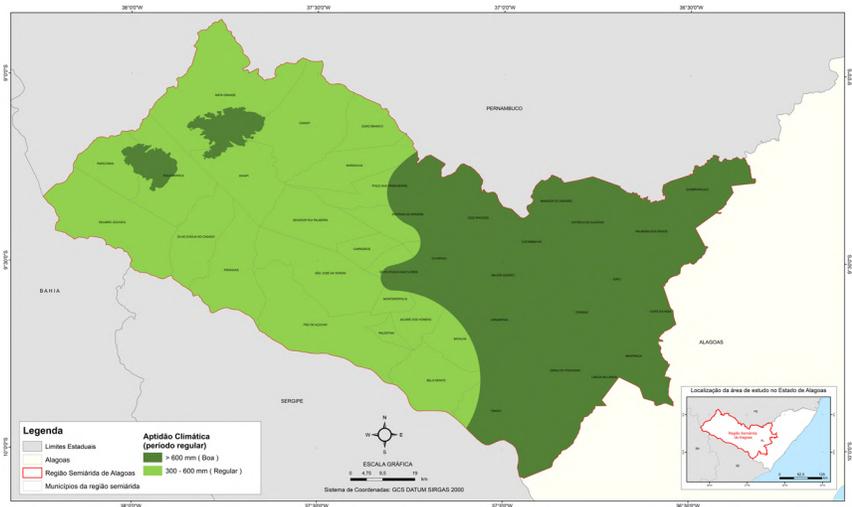
Para caracterizar a aptidão climática para a construção de barragens subterrâneas seguiu-se as orientações de Varejão-Silva e Barros (2002), nas quais a descrição de cenários pluviométricos foi necessária devido à delimitação dos anos secos, regulares e chuvoso. Segundo Webber et al. (2020), nos anos considerados secos, as condições para recarga de água para a construção de barragens subterrâneas são mais limitadas, principalmente em pequenas áreas do Sertão, com chuvas anuais em torno de 300 mm (Figura 14).



**Figura 14.** Aptidão climática para a construção de barragens subterrâneas utilizando o cenário pluviométrico de anos secos.

Mapa: Alexandre Hugo Cezar Barros, a partir de dados de IBGE (2017), Sudene (2017), Agência Nacional de Águas (2022), Agritempo (2022), Alagoas (2022) e Inmet (2022).

Em anos considerados regulares, as condições são mais favoráveis, com pluviosidade anual em torno de 600 mm no Sertão. Não se observaram áreas com baixa aptidão, ou com limitação muito acentuada. Praticamente em todo o Agreste e Sertão, as chuvas são suficientes para garantir, pelo menos, um período com água armazenada (Webber et al., 2020). Em parte do Agreste, as chuvas podem ultrapassar os 600 mm anuais (Figura 15).



**Figura 15.** Aptidão climática para a construção de barragens subterrâneas, utilizando o cenário pluviométrico de anos regulares.

Fonte: Elaborado por Alexandre Hugo Cezar Barros com dados de IBGE (2017), Sudene (2017), Agência Nacional de Águas (2022), Agritempo (2022), Alagoas (2022) e Inmet (2022).

Em anos chuvosos, em todo o Agreste e Sertão, os totais anuais de chuvas são superiores a 600 mm (Figura 16), evidenciando condições ideais para um melhor aproveitamento das barragens subterrâneas.

Como o cenário pluviométrico de anos secos foi o mais restritivo, foi utilizado como indicador para a identificação de áreas com aptidão para a construção de barragens subterrâneas na região. Nesses anos, as condições climáticas para recarga de água são limitadas, com precipitação anual variando de 300 mm a 600 mm. Apenas três pequenas áreas isoladas foram classificadas como de baixa aptidão, apresentando precipitação anual total em torno de 300 mm. Isto significa que no Semiárido alagoano há água de chuva suficiente em praticamente toda região, para garantir pelo menos um ciclo de cultivo com água armazenada (Webber et al., 2020).



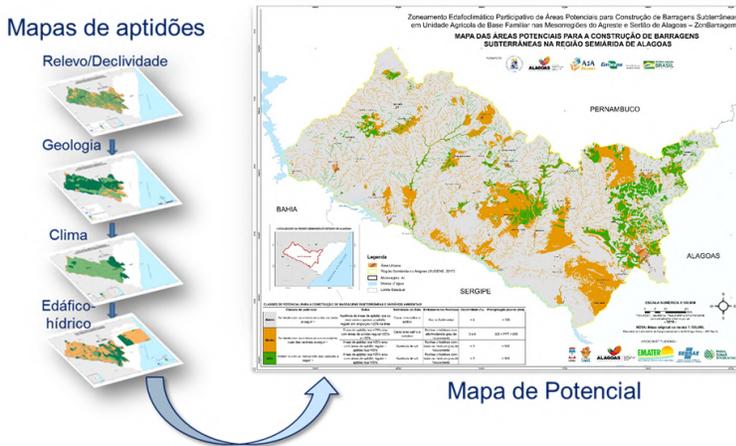
**Figura 16.** Aptidão climática para construção de barragens subterrâneas, utilizando o cenário pluviométrico de anos chuvosos.

Mapa: Alexandre Hugo Cezar Barros, a partir de dados de IBGE (2017), Sudene (2017), Agência Nacional de Águas (2022), Agritempo (2022), Alagoas (2022) e Inmet (2022).

### 3.2. Áreas potenciais para construção de barragens subterrâneas

Os mapas de áreas potenciais para construção de barragens subterrâneas foram produzidos na escala 1:100.00. Foi resultado da ação participativa e integrada das equipes da Embrapa Solos UEP Recife e Embrapa Semiárido; Articulação do Semiárido Brasileiro (ASA), por meio das ONGs Centro de Desenvolvimento Comunitário de Maravilha (Cdecma) e Centro de Apoio Comunitário de Tapera em União a Senador (Cactus); Governo do Estado de Alagoas por meio da Secretaria de Estado de Meio Ambiente e dos Recursos e Hídricos (Semarh) e do Instituto de Inovação para o Desenvolvimento Rural Sustentável de Alagoas (Emater); Instituto Federal de Alagoas (Ifal) - Campus Santana do Ipanema; Instituto Federal de Pernambuco (IFPE), Campus, Vitória de Santo Antão; Universidade Estadual de Alagoas (Uneal); Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (Uern); Universidade Federal de Alagoas (Ufal), e com diversas instituições apoiadoras.

A partir da espacialização dos cruzamentos dos mapas de aptidão, foi gerado o mapa preliminar de potencial edafoclimático para construção de barragens subterrâneas (Figura 17).



**Figura 17.** Cruzamento dos mapas de aptidão para espacialização do mapa de potencial das áreas para construção de barragem subterrânea no Semiárido alagoano.

### 3.2.1. Verdade de campo

De posse do mapa preliminar de potencial foi realizada uma roda de conversa para confirmação/validação dos limites das classes de potenciais delimitadas no mapa e para a realização de verdades de campo. Na primeira reunião de validação, chegou-se à conclusão que as validações das delimitações das classes de aptidão seguidas de verdade de campo seriam mais eficientes se fossem realizadas por microrregião. A partir de então, foram realizadas mais nove rodas de conversa, das quais sete foram feitas em cada microrregião, e as duas últimas foram de sistematização dos oito mapas produzidos.

Para obtenção da verdade de campo foram observados os aspectos relacionados ao clima, inferido pelo tipo de vegetação local; a geologia dominante fazendo-se uma correlação com o mapa geológico do estado de Alagoas, observados os principais solos componentes das unidades de mapeamento.

Os limites das unidades de mapeamento e das classes de potenciais foram confirmados ou ajustados com equipamento GPS de navegação, com precisão aproximada de 15 m. Todas as características relacionadas aos geoambientes como: geologia, vegetação, solo, hidrografia, clima e relevo







**Figura 19.** Verdade de campo: roda de conversa em Delmiro Gouveia, microrregião Alagoana do Sertão do São Francisco (A); expedições de campo em Major Isidoro, microrregião de Batalha (B) e em Estrela de Alagoas, microrregião de Palmeira dos Índios (C), Alagoas.

### 3.2.2. Mapas finais das áreas potenciais para construção de barragens subterrâneas

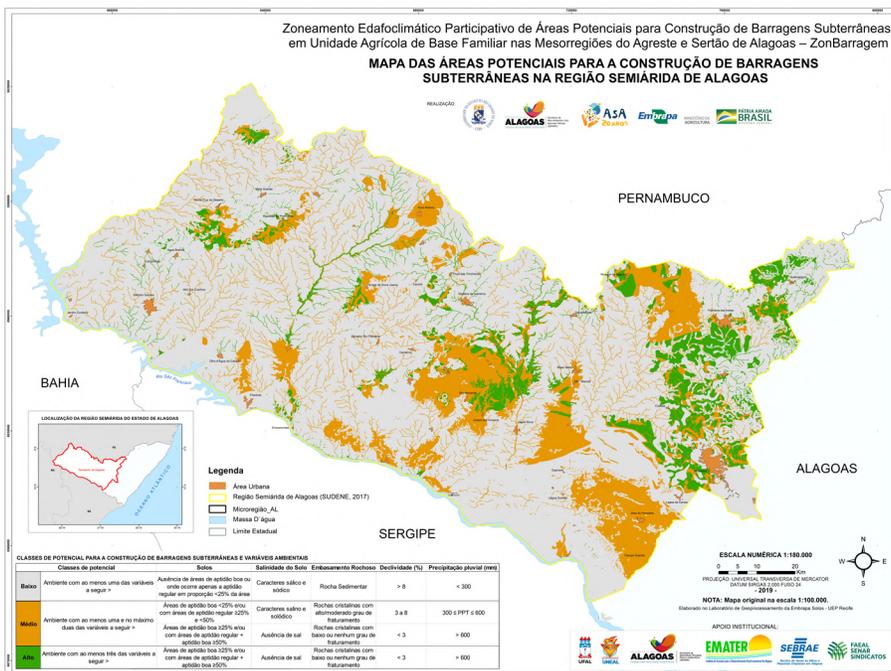
Após a finalização das verdades de campo, a equipe retornou ao Laboratório de Geoprocessamento da Embrapa Solos UEP Recife para elaboração do mapa consolidado. Os mapas foram finalizados em escala 1:100.000, cujas áreas foram apresentadas nas cores verde, amarelo e cinza, correspondentes às classes de potencial alto, médio e baixo, respectivamente, e acompanhados de uma legenda explicativa (Tabela 4).

**Tabela 4.** Classes de áreas potenciais para construção de barragens subterrâneas, nos mapas gerados pelo ZonBarragem.

Classe de potencial	Covariáveis					
	Solos	Salinidade do solo	Embasamento rochoso	Declividade (%)	Precipitação pluvial (mm)	
<b>Alto</b>	Ambiente com ao menos três das variáveis a seguir >	Áreas de aptidão boa > 25% e/ou com áreas de aptidão regular + aptidão boa > 50%	Ausência de sal	Rochas cristalinas com baixo ou nenhum grau de fraturamento	< 3	> 600
<b>Médio</b>	Ambiente com ao menos uma e no máximo duas das variáveis a seguir >	Áreas de aptidão boa > 25% e/ou com áreas de aptidão regular < 25 % e/ou com áreas de aptidão regular > 25 e < 50%	Caracteres salino sódico	Rochas cristalinas com alto/moderado grau de fraturamento	3 a 8	300 <PPT < 600
		Áreas de aptidão boa > 25% e/ou com áreas de aptidão regular + aptidão boa > 50%	Ausência de sal	Rochas cristalinas com baixo ou nenhum grau de fraturamento	< 3	> 600
<b>Baixo</b>	Ambiente com ao menos três das variáveis a seguir >	Ausências de aptidão boa ou onde ocorre apenas aptidão regular em proporção >25 % da área.	Caracteres salico e sódico	Rocha sedimentar	< 8	< 300

Ao todo, foram gerados oito mapas, sendo um geral, para todo o Semiárido alagoano, mais um para cada microrregião. Os mapas são de acesso público, na plataforma do Geoinfo da Embrapa, cujos links estão disponibilizados no Anexo 1.

Os mapas generalizados ZonBarragem produzido abrangeu toda a região semiárida de Alagoas (Figura 20), contemplando uma área de 12.581 km<sup>2</sup>, distribuídos em 38 municípios, quais sejam: Inhapi, Canapi, Pariconha, Mata Grande, Água Branca, Delmiro Gouveia, Olho d'Água do Casado, Piranhas, Palmeira dos Índios, Minador do Negrão, Cacimbinhas, Estrela de Alagoas, Igaci, Quebrangulo, Batalha, Belo Monte, Jaramataia, Major Isidoro, Monteirópolis, Jacaré dos Homens, Olivença, Olho d'Água das Flores, Santana do Ipanema, Carneiros, Pão de Açúcar, São José da Tapera, Senador Rui Palmeira, Dois Riachos, Poço das Trincheiras, Palestina, Ouro Branco, Maravilha, Arapiraca, Coité do Nóia, Craíbas, Girau do Ponciano, Lagoa da Canoa e Traipu.



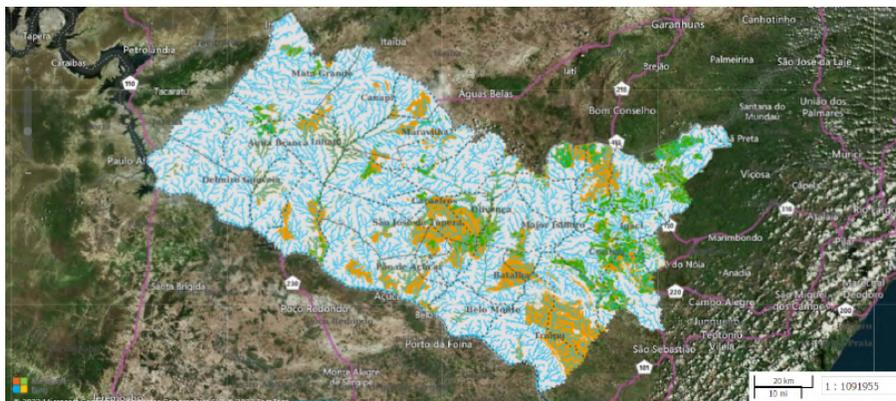
**Figura 20.** Mapa geral de áreas com potencial para construção de barragens subterrâneas no Semiárido de Alagoas.

Mapa: Daniel Chaves Webber e Davi Ferreira da Silva.

Apesar de o mapa ter sido produzido numa escala pequena e generalizada, de 1:100.000, apresenta uma eficiência considerável, pois fornece um indicativo muito realista de áreas com potencial para construção de barragens subterrâneas na região. Em ambientes com alto potencial, podem ocorrer áreas com baixo potencial, devido à escala não alcançar níveis de pequena propriedade. Da mesma forma, nos ambientes com baixo potencial podem ocorrer áreas com alto potencial, por isso é de fundamental importância a observação in loco, não bastando a identificação no mapa.

Considerando a importância do parâmetro hidrográfico por aumento das áreas potenciais, foi realizada a sobreposição deste parâmetro com as camadas cartográficas de solo, geologia, relevo e clima, permitindo uma espacialização ainda melhor das áreas com alto e médio potencial. Além disso, foi possível elaborar o mapa destacando as linhas de drenagem (Figura 21), onde é possível a obtenção de imagens de satélite que aumentam a capa-

cidade de avaliar locais específicos, os quais a escala do zoneamento não tenha alcançado. Levando-se em conta apenas a distribuição da rede de drenagem, percebe-se que todo o Semiárido alagoano possui potencial para construção de barragens subterrâneas.

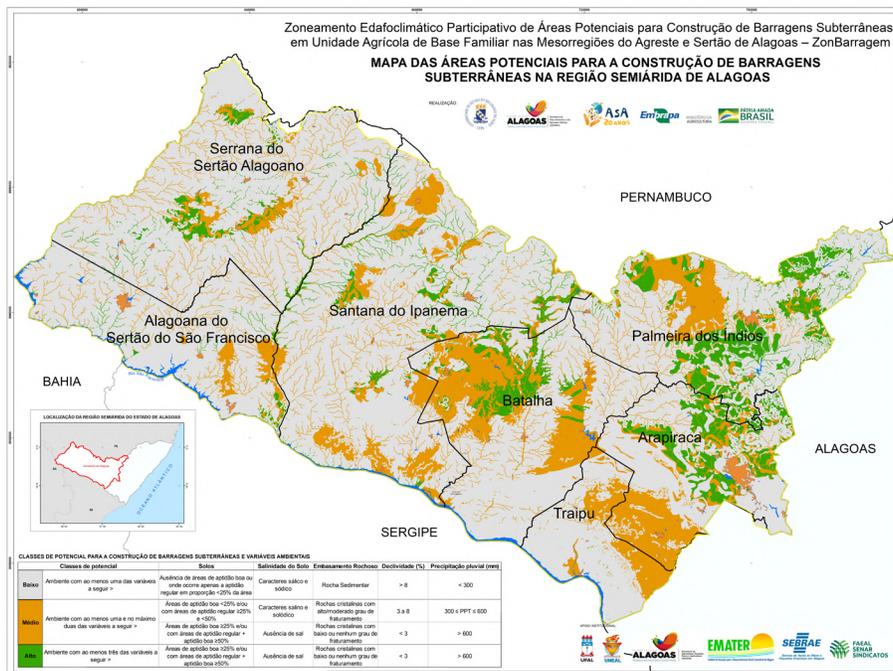


**Figura 21.** Mapa geral de áreas com potencial para construção de barragens subterrâneas no Semiárido de Alagoas com rede de drenagem.

Mapa: Daniel Chaves Webber

Ao analisar o mapa de potencial com as microrregiões plotadas (Figura 22), pode-se observar que os potenciais das microrregiões se diferenciam principalmente pelos tipos de solos e hidrografia. As microrregiões Alagoana do Sertão do São Francisco e Serrana do Sertão Alagoano, localizadas na mesorregião do Sertão Alagoano, possuem menor potencial para a construção de barragens subterrâneas, devido aos menores índices pluviométricos, por estarem inseridas em ambientes mais aplanados, com maior ocorrência de solos rasos e pedregosos. Nestas microrregiões, ocorrem poucas áreas com alto potencial e em menor ocorrência áreas com médio potencial, quando comparamos estas com as da Mesorregião do Agreste (Arapiraca e Traipu). As áreas próximas do rio São Francisco das microrregiões Alagoana do Sertão do São Francisco, Santana do Ipanema, Batalha e Traipu, apresentam potenciais mais baixos, devido a ocorrência de áreas mais erodidas, com relevo mais movimentado, podendo ocorrer áreas com melhor potencial nas linhas da hidrográfica, necessitando, no entanto, de avaliações de campo. As microrregiões do Agreste, mais à leste do Estado, possuem índices pluviométricos melhores, com clima mais ameno, solos mais profundos e

menos pedregosos, conferindo-lhes, portanto, melhores potenciais. Os mapas individuais por microrregião encontram-se nos Anexos.



**Figura 22.** Mapa geral de áreas com potencial para construção de barragens subterrâneas no Semiárido de Alagoas.

Mapa: Webber et al., 2020 com ajustes de Davi Ferreira da Silva

## Considerações finais

---

O Zoneamento de áreas potenciais para construção de barragens subterrâneas no Semiárido do estado de Alagoas (ZonBarragem) constitui procedimento técnico-científico pioneiro para zoneamento edafoclimático de áreas adequadas para a implantação de barragens subterrâneas, por meio do cruzamento dos parâmetros técnicos de construção com os indicadores de solo, água, geologia, relevo, rede hidrográfica e clima, em comunidades difusas do Semiárido de Alagoas, proporcionando maior segurança e eficiência na seleção do local e na construção das barragens subterrâneas.

A metodologia desenvolvida no ZonBarragem constitui um instrumento técnico-científico eficiente, construído a partir do ordenamento territorial, conforme o conhecimento das potencialidades e vulnerabilidades ambientais do Semiárido alagoano. Esse instrumento fornecerá subsídios para a pesquisa agrícola, assistência técnica e extensão rural na região.

Os mapas produzidos em escala generalizada de 1:100.000 contêm informações que auxiliarão os governos estadual e municipais de Alagoas no planejamento da ocupação dos ambientes mais adequados para construção de barragens subterrâneas de forma integrada com a aptidão das terras.

O ZonBarragem reafirma a importância da convivência com o Semiárido como estratégia de resiliência e sustentabilidade dos agroecossistemas da região e reforça a necessidade de obras de pequeno porte e tecnologias sociais, que atendam a demanda hídrica das famílias rurais mais isoladas.

O estudo permite um leque de possibilidades de captação de fundos nacionais e internacionais, e também de ser integrado a programas de políticas públicas, que buscam suprir a demanda hídrica, alimentar e nutricional das populações rurais do Semiárido alagoano. Além disso, contribui com a diminuição da fome e da pobreza, proporcionando inclusão socioproductiva das famílias das comunidades rurais da região.

Diante disso, Alagoas torna-se o primeiro estado do Semiárido brasileiro a realizar o ZonBarragem, o que o torna referência no uso e manejo adequado dessa tecnologia, bem como base para estudos em outros estados da região.

## Agradecimentos

---

Às famílias agricultoras, que contribuíram significativamente na execução das atividades de construção dos parâmetros, indicadores, critérios de avaliação e, principalmente, na validação do mapa por meio da verdade de campo.

Ao Sebrae-AL, pelo suporte financeiro.

A ASA, representada pelas ONGs Cactus e Cdecma, pela parceria na execução do projeto.

Ao Governo do Estado de Alagoas, por meio da Semarh, Seagri e Emater e ao Sistema Faeal/Senar, pela parceria e apoio logístico.

Aos pesquisadores Antônio Dias Santiago e Walane Maria Pereira de Mello Ivo, da Embrapa Tabuleiros Costeiros UEP Rio Largo; e João Flávio Veloso, da Embrapa Alimentos e Territórios, pelo apoio nas articulações para o estabelecimento de parcerias políticas e institucionais.

À deputada estadual Fátima Canuto, pela articulação junto ao Governo de Alagoas e Fundo Estadual de Combate e Erradicação da Pobreza (Fecoep).

## Referências

---

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **A evolução da gestão dos recursos hídricos no Brasil**. Brasília: ANA, 2002.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). **HidroWeb**. Disponível em: <http://www.snirh.gov.br/hidroweb/apresentacao>. Acesso em: 20 jan. 2022.
- ALAGOAS. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos. **Dados meteorológicos**. Disponível em: <http://meteorologia.semarh.al.gov.br/>. Acesso em: 12 nov.2022.
- AGRITEMPO. **Sistema de monitoramento agrometeorológico**. Disponível em: <http://www.agritempo.gov.br/agritempo/index.jsp>. Acesso em: 27 Out 2022.
- ARAÚJO FILHO, J. C.; GOMES, E. C.; SILVA, F. H. B. B.; OLIVEIRA NETO, M. B.; PARAHYBA, R. da B. V.; CUNHA, T. J. F.; CAVALCANTI, A. C.; SANTOS, J. C. P.; SILVA, A. B.; LOPES, O. F.; LEITE, A. P.; SILVA, M. S. L.; RIBEIRO FILHO, M. R.; ACCIOLLY, L. J. de O.; MARQUES, F. A.; AMARAL, A. J. do; LIMA, P. C. de. **Zoneamento agroecológico do estado de Alagoas: levantamento de reconhecimento de baixa e média intensidade dos solos do estado de Alagoas - relatório técnico**. Recife, PE: Embrapa Solos - UEP Recife; Maceió, AL: Secretaria de Estado da Agricultura e Desenvolvimento Agrário de Alagoas, 2012. 245 p. il., color.
- BARROS, A. H. C.; VAREJÃO-SILVA, M. A.; TABOSA, J. N.; SILVA, A. B. da; ARAUJO FILHO, J. C. de; SANTIAGO, G. A. C. F. **Critérios metodológicos e potencial climático do Estado de Alagoas para culturas agrícolas nos cenários pluviométricos seco, regular e chuvoso**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2018. 115 p. il. color. (Embrapa Solos. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 251). Disponível em < <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/184436/1/BPD-251-Criterios-metodologicos-AL-Mapas-Otimizado.pdf>. > Acesso em: 01 nov. 2022.
- BRITO, L. T. de L.; SILVA, M. S. L. da; ANJOS, J. B. dos; OLIVEIRA NETO, M. B. de; BARBOSA, A. G. Tecnologias de captação, manejo e uso da água de chuva no setor rural. In: SANTOS, D. B. dos; MEDEIROS, S. de S.; BRITO, L. T. de L.; GNADLINGER, J.; COHIM, E.; PAZ, V. P. da S.; GHEYI, H. R. (org.). **Captação, manejo e uso de água de chuva**. Campina Grande: INSA: ABCMAC, 2015. cap. 11, p. 241-272. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPATSA/6836/1/BPD36.pdf>. Acesso em: 07 nov. 2022.
- BRITO, L. T. de L.; SILVA, A. de S.; MACIEL, J. L.; MONTEIRO, M. A. R. **Barragem subterrânea I: construção e manejo**. Petrolina: EMBRAPA-CPATSA, 1989. 38 p. il. (EMBRAPA-CPATSA. Boletim de pesquisa, 36).
- COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. **Base cartográfica da geologia e recursos minerais do estado de Alagoas 2016**. 2016. Escala 1:250.000. Disponível em: <http://geosgb.cprm.gov.br/downloads/#>. Acesso em: 13 set 2022.
- EMBRAPA SOLOS. **Base cartográfica do levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Estado de Alagoas**. Recife, 1975. Escala 1:400.000. Disponível em: [http://geoinfo.cnps.embrapa.br/geoserver/wfs?format\\_options=charset%3AUTF-8&typename=geonode%3Asolos\\_al\\_geogr\\_wgs84&outputFormat=SHAPEZIP&version=1.0.0&service=WFS&request=GetFeature](http://geoinfo.cnps.embrapa.br/geoserver/wfs?format_options=charset%3AUTF-8&typename=geonode%3Asolos_al_geogr_wgs84&outputFormat=SHAPEZIP&version=1.0.0&service=WFS&request=GetFeature). Acesso em: 11 out. 2022

EMBRAPA SOLOS. **Base cartográfica do projeto Zoneamento agroecológico do Estado de Alagoas: levantamento de reconhecimento de baixa e média intensidade dos solos do estado de Alagoas.** Recife, 2012. Escala 1:100.000. Disponível em: [http://geoinfo.cnps.embrapa.br/geoserver/wfs?format\\_options=charset%3AUTF-8&typename=geonode%3Aalagoas\\_zaal\\_lat\\_long\\_wgs84&outputFormat=SHAPEZIP&version=1.0.0&service=WFS&request=GetFeature](http://geoinfo.cnps.embrapa.br/geoserver/wfs?format_options=charset%3AUTF-8&typename=geonode%3Aalagoas_zaal_lat_long_wgs84&outputFormat=SHAPEZIP&version=1.0.0&service=WFS&request=GetFeature).

FERREIRA, G. B.; COSTA, M. B. B. da; SILVA, M. S. L. da; MOREIRA, M. M.; GAVA, C. A. T.; CHAVES, V. C.; MENDONÇA, C. E. S. Sustentabilidade de agroecossistemas com barragens subterrâneas no semiárido brasileiro: a percepção dos agricultores na Paraíba. **Revista Brasileira de Agroecologia**. v. 6, n.1, p. 19-36, 2011. Disponível em: < <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/36516/1/Artigo-publicacaoResv.Bras.Agroecologia.pdf> >

FREITAS, I. M. de. **Efeitos ambientais de barragem subterrânea na microbacia do Córrego Fundo, Região dos Lagos**, Rio de Janeiro. 2006, 112 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Ambiental) - Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2006.

HAMEL, E. H.; GRUBBA, L. S. Desafios do desenvolvimento sustentável e os recursos naturais hídricos. **Revista Brasileira de Direito (IMED)**, v. 12. n. 1. 2016. Disponível em: < <https://seer.atitds.edu.br/index.php/revistadedireito/article/view/1111/841> >. Acesso em: 11/10/2022.

IBGE. **Cidades**. Disponível em: < <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/al/panoram> >. Acesso em: set. 2022.

IBGE. **Base cartográfica: malha territorial municipal do Estado de Alagoas 2017.**

1:250.000 – 27MEE250GC\_SIR. Rio de Janeiro, 2017. Disponível em:

[http://geoftp.ibge.gov.br/organizacao\\_do\\_territorio/malhas\\_territoriais/malhas\\_municipais/municipio\\_2017/UFs/AL/al\\_mesorregioes.zip](http://geoftp.ibge.gov.br/organizacao_do_territorio/malhas_territoriais/malhas_municipais/municipio_2017/UFs/AL/al_mesorregioes.zip). Acesso em: 22 out. 2022.

IBGE. **Resolução do Presidente nº 5, de 25 de fevereiro de 2005.** Altera a caracterização do Sistema Geodésico Brasileiro. Rio de Janeiro, 2005. Disponível em: [http://geoftp.ibge.gov.br/metodos\\_e\\_outros\\_documentos\\_de\\_referencia/normas/rpr\\_01\\_25fev2005.pdf](http://geoftp.ibge.gov.br/metodos_e_outros_documentos_de_referencia/normas/rpr_01_25fev2005.pdf). Acesso em: 20 set. 2022.

INMET. **Normais Climatológicas do Brasil**. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisClimatologicas>. Acesso em: 20 out. 2022.

LIMA, A. de O. **Nova abordagem metodológica para locação, modelagem 3d e monitoramento de barragens subterrâneas no semiárido brasileiro**. Natal: UFRN, 2013. 248 f. Tese (Tese em Geodinâmica e Geofísica) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/117/4332.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 21 set. 2022.

NASCIMENTO, A. F. do; SILVA, M. S. L. da; MARQUES, F. A.; OLIVEIRA NETO, M. B. de; PARAHYBA, R. da B. V.; AMARAL, A. J. do. **Caracterização geoambiental em áreas com barragem subterrânea no semiárido brasileiro**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2015. 54p. (Embrapa Solos. Documentos, 180). Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/147975/1/Doc-180-BarragemSubterranea.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2022.

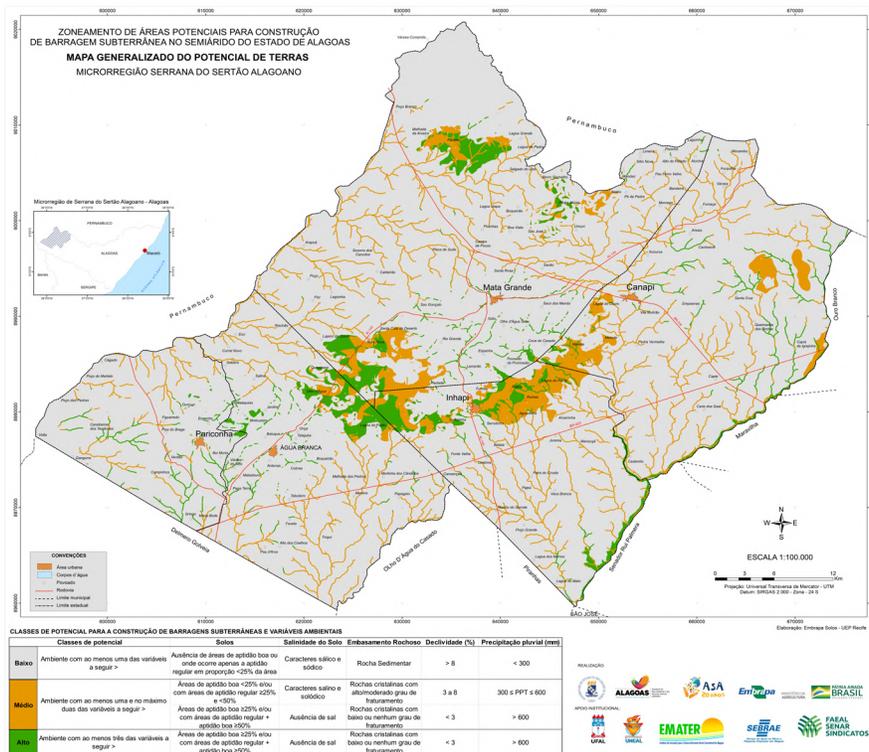
- REUNIÃO TÉCNICA DE LEVANTAMENTO DE SOLOS, 10., 1979, Rio de Janeiro. **Súmula...** Rio de Janeiro: EMBRAPA-SNLCS, 1979. 83 p. (EMBRAPA-SNLCS.Miscelânea,1). Disponível em:<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/212100/1/SNLCSMiscelania-1-1979.pdf>. Acesso em: 25 out. 2022.
- RIBEIRO, F. N.; SILVA, M. S. L. da; PARAHYBA, R. da B. V.; OLIVEIRA NETO, M. B. de; FERREIRA, G. B. Avaliação do manejo do solo e da água em área de barragem subterrânea no território sertão do Araripe. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA, 10., 2016, Belém, PA. **Anais...** Feira de Santana: ABCMAC, 2016.
- SHIKLOMANOV, I. A. **World water resources: A new appraisal and assessment for the 21st century**. UNESCO International Hydrological Programme, UNESCO-IHP: Paris, 1998; 37p.
- SILVA, M. S. L. da; MARQUES, F. A.; NASCIMENTO, A. F. do; LIMA, A. de O.; RIBEIRO, C. A.; BARBOSA, A. G.; OLIVEIRA NETO, M. B. de; AMARAL, A. J. do; MELO, R. F. de; PARAHYBA, R. da B. V. **Barragem subterrânea: acesso e usos múltiplos da água no Semiárido brasileiro**. Brasília, DF: Embrapa, 2021. 45 p. il. color.
- SILVA, M. S. L. da; LIMA, A. de O.; MOREIRA, M. M.; FERREIRA, G. B.; BARBOSA, A. G.; MELO, R. F. de; OLIVEIRA NETO, M. B. de. Barragem subterrânea. In: XIMENES, L.F.; SILVA, M. S. L. da; BRITO, L. T. de L. (Ed). **Tecnologias de convivência com o Semiárido brasileiro**. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 2019. cap. 2, p. 223-281. Disponível em: < <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/202201/1/Barragem-subterranea-2019.pdf> > Acesso em: set.2022.
- STRAHLER, A. N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. **Transactions of the American Geophysical Union**, v. 38, n. 6, p. 913-920, 1957.
- SUDENE. **Resolução CONDEL nº 115, de 23 de novembro de 2017**. Aprova a Proposição nº 113/2017, que acrescenta municípios a relação aprovada pela Resolução CONDEL nº 107, e 27 de julho de 2017. Recife, 23 nov. 2017b. Disponível em: <http://sudene.gov.br/images/arquivos/conselhodeliberativo/resolucoes/resolucao115-23112017-delimitacaodosemiarido.pdf>. Acesso em: 27 set. 2022.
- USGS. Shuttle Radar Topography Mission 1 Arc-Second Global 2014: elevation data in raster format. Sioux Falls: EROS Data Center, 2014. Disponível em: <https://lta.cr.usgs.gov/SRTM1Arc>. Acesso em: 22 out. 2022.
- VAREJÃO-SILVA, M. A.; BARROS, A. H. C. Zoneamento de aptidão climática do Estado de Pernambuco para três distintos cenários pluviométricos. Recife: Secretaria de Produção Rural e Reforma Agrária, 2002. 51 p.
- VASQUES, G. de M.; RODRIGUES, H. M.; HUBER, E.; TAVARES, S. R. de L.; MARQUES, F. A.; SILVA, M. S. L. da. Ground penetrating radar (GPR) models of the regolith and water reservoir of an underground dam in the Brazilian semiarid region. **Journal of Applied Geophysics**, v. 206, 104797, Nov. 2022.
- WOLLMANN, C. A.; GALVANI, E. Zoneamento agroclimático: linhas de pesquisa e caracterização teórica-conceitual. **Revista Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 25, n. 1, 2013.
- WEBBER, D. C.; MARQUES, F. A.; OLIVEIRA NETO, M. B. de; BARROS, A. H. C.; SILVA, M. S. L. da; BOTELHO, F. P.; ROCHA, W. J. S. da; GUERRERA, A. D. L. **Subsídios geoambientais para a construção de barragens subterrâneas na região Semiárida do estado de Alagoas**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2020. E-book: il. color. (Embrapa Solos. Documentos, 215).

## Anexos

**Anexo 1.** Links de acesso aos mapas de áreas com potencial para construção de barragens subterrâneas - ZonBarragem Alagoas.

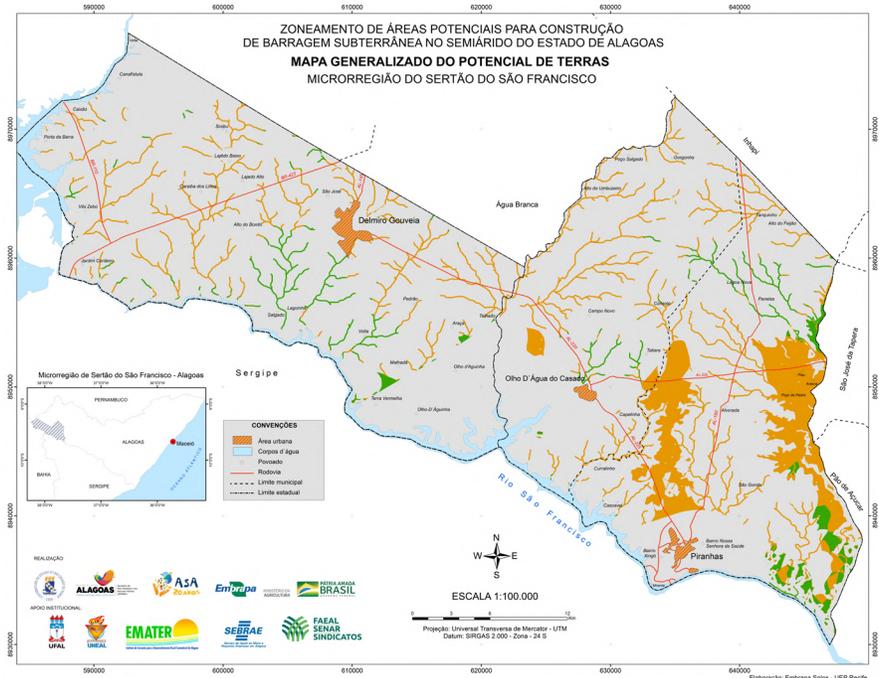
Microrregião	Área (km <sup>2</sup> )	Municípios	Link de cesso
Mapa de potencial do estado	12.581 Km <sup>2</sup>	Descritos na página 42	<a href="http://geoinfo.cnps.embrapa.br/documents/2449">http://geoinfo.cnps.embrapa.br/documents/2449</a>
Serrana do Sertão Alagoano	2.571,7 km <sup>2</sup>	Inhapi, Canapi, Pariconha, Mata Grande e Água Branca.	<a href="http://geoinfo.cnps.embrapa.br/documents/2625">http://geoinfo.cnps.embrapa.br/documents/2625</a>
Alagoana do Sertão do São Francisco	1.338,3 km <sup>2</sup>	Delmiro Gouveia, Olho D'Água do Casado e Piranhas.	<a href="http://geoinfo.cnps.embrapa.br/documents/2626">http://geoinfo.cnps.embrapa.br/documents/2626</a>
Palmeira dos Índios	1.808,8 km <sup>2</sup>	Palmeira dos Índios, Minador do Negrão, Cacimbinhas, Estrela de Alagoas, Igaci e Quebrangulo.	<a href="http://geoinfo.cnps.embrapa.br/documents/2624">http://geoinfo.cnps.embrapa.br/documents/2624</a>
Traipu	698,3 km <sup>2</sup>	Traipu	<a href="http://geoinfo.cnps.embrapa.br/documents/2620">http://geoinfo.cnps.embrapa.br/documents/2620</a>
Batalha	1.798 km <sup>2</sup>	Batalha, Belo Monte, Jaramataia, Major Isidoro, Monteirópolis, Jacaré dos Homens, Olivença e Olho d'Água das Flores.	<a href="http://geoinfo.cnps.embrapa.br/documents/2614">http://geoinfo.cnps.embrapa.br/documents/2614</a>
Santanado Ipanema	3.059,8 km <sup>2</sup>	Santana do Ipanema, Carneiros, Pão de Açúcar, Senador Rui Palmeira, São José da Tapera, Dois Riachos, Poço das Trincheiras, Palestina, Ouro Branco e Maravilha.	<a href="http://geoinfo.cnps.embrapa.br/documents/2612">http://geoinfo.cnps.embrapa.br/documents/2612</a>
Arapiraca	1.306 km <sup>2</sup>	Arapiraca, Coité do Nóia, Craibas, Girau do Ponciano, Lagoa da Canoa.	<a href="http://geoinfo.cnps.embrapa.br/documents/2613">http://geoinfo.cnps.embrapa.br/documents/2613</a>

## Anexo 2. Mapas de áreas com potencial para construção de barragens subterrâneas por microrregião: ZonBarragem Alagoas



### Anexo 2.1. Mapa de áreas com potencial para construção de barragens subterrâneas na microrregião Serrana do Sertão Alagoano.

Mapa: Daniel Chaves Webber e Davi Ferreira Silva.

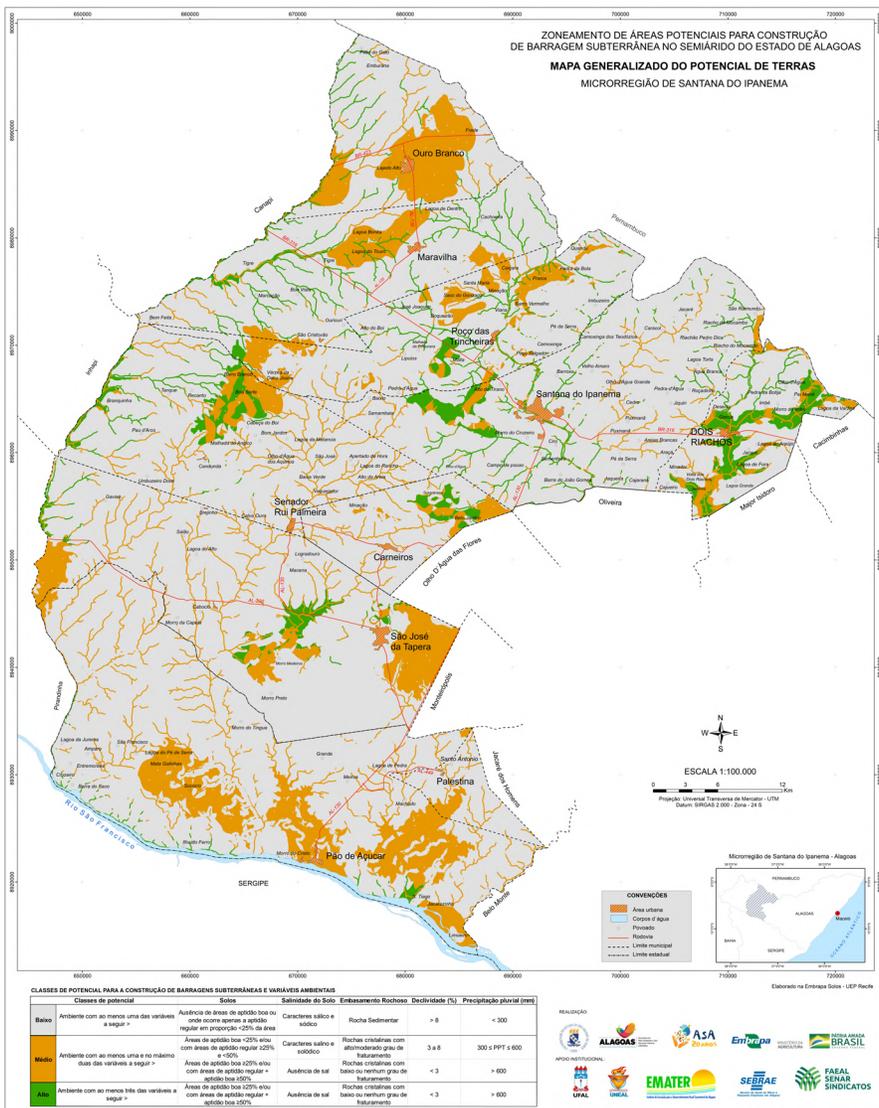


**CLASSES DE POTENCIAL PARA A CONSTRUÇÃO DE BARRAGENS SUBTERRÂNEAS E VARIÁVEIS AMBIENTAIS**

	Classes de potencial	Solos	Salinidade do Solo	Embasmamento Rochoso	Declividade (%)	Precipitação pluvial (mm)
<b>Baixo</b>	Ambiente com ao menos uma das variáveis a seguir >	Ausência de áreas de aptidão boa ou onde ocorre apenas a aptidão regular em proporção <25% da área	Caracteres salino e esódico	Rocha Sedimentar	> 8	< 300
<b>Médio</b>	Ambiente com ao menos uma e no máximo duas das variáveis a seguir >	Áreas de aptidão boa <25% e/ou com áreas de aptidão regular ≥25% e <50%	Caracteres salino e solódico	Rochas cristalinas com alto/moderado grau de fraturamento	3 a 8	300 ≤ PPT ≤ 600
		Áreas de aptidão boa ≥25% e/ou com áreas de aptidão regular + aptidão boa ≥50%	Ausência de sal	Rochas cristalinas com baixo ou nenhum grau de fraturamento	< 3	> 600
<b>Alto</b>	Ambiente com ao menos três das variáveis a seguir >	Áreas de aptidão boa ≥25% e/ou com áreas de aptidão regular + aptidão boa ≥50%	Ausência de sal	Rochas cristalinas com baixo ou nenhum grau de fraturamento	< 3	> 600

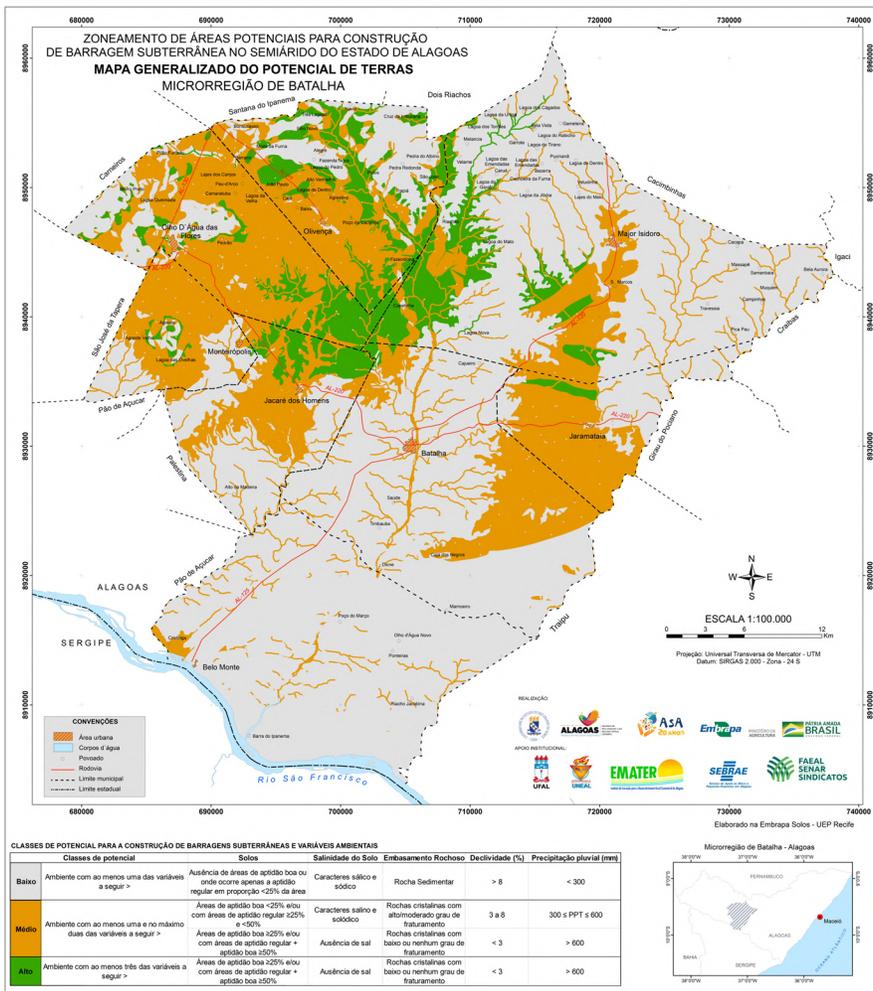
Anexo 2.2. Mapa de áreas com potencial para construção de barragens subterrâneas na microrregião Alagoana do Sertão do São Francisco.

Mapa: Daniel Chaves Webber e Davi Ferreira Silva.



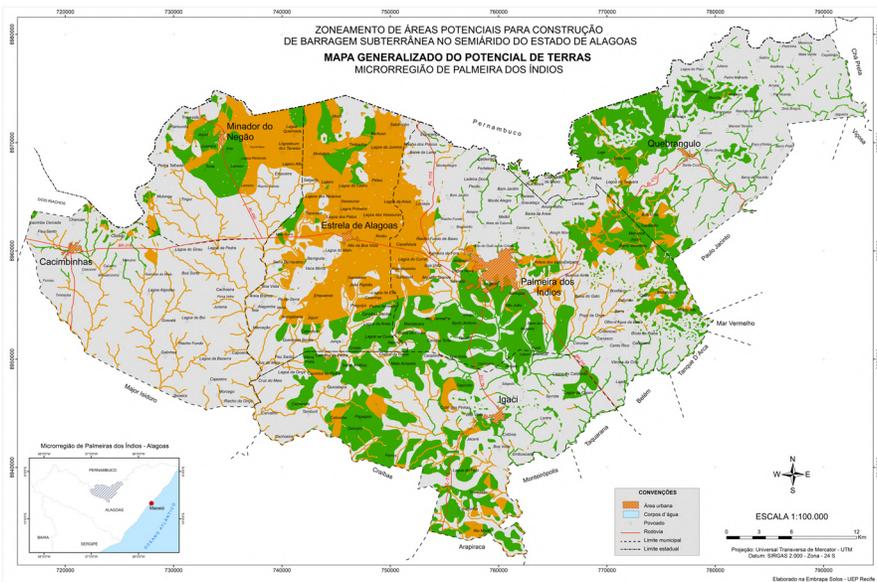
Anexo 2.3. Mapa de áreas com potencial para constru o de barragens subterrâneas na microrregião de Santana do Ipanema.

Mapa: Daniel Chaves Webber e Davi Ferreira Silva.



Anexo 2.4. Mapa de áreas com potencial para construção de barragens subterrâneas na microrregião de Batalha.

Mapa: Daniel Chaves Webber e Davi Ferreira Silva.



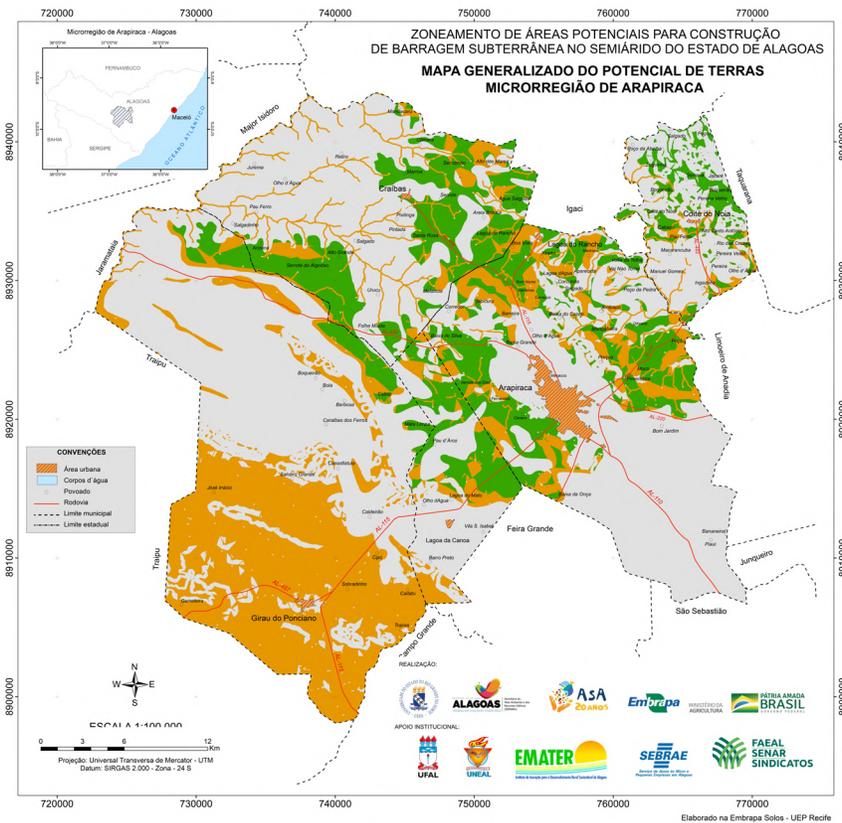
**CLASSES DE POTENCIAL PARA A CONSTRU O DE BARRAGENS SUBTERRÂNEAS E VARIÁVEIS AMBIENTAIS**

Classes de potencial	Solos	Saturabilidade de Solo	Entossamento Rochoso	Declividade (%)	Precipita�o pluvi�l (mm)
<b>Baixo</b> Ambiente com ao menos uma das variáveis a seguir >	Ausência de áreas de aptidão boa ou ch�do ocorre apenas � �ptid�os regulares em propor�o <25% da �rea	Caracteres sólidos e sólidos	Rocha Sedimentar	> 8	< 300
<b>Médio</b> Ambiente com ao menos uma e no máximo duas das variáveis a seguir >	�reas de aptidão boa <25% �ruv com áreas de aptidão regular 25% e >50%	Caracteres sólidos e sólidos	Rochas cristalinas com alto/moderado grau de fraturamento	3 a 8	300 e PPT < 600
<b>Alto</b> Ambiente com ao menos duas das variáveis a seguir >	�reas de aptidão boa 25% �ruv com áreas de aptidão regular e aptidão boa 25%	Ausência de sal	Rochas cristalinas com baixo ou nenhum grau de fraturamento	< 3	> 600
	áreas de aptidão boa 25% �ruv com áreas de aptidão regular e �ptid�o boa 25%	Ausência de sal	Rochas cristalinas com baixo ou nenhum grau de fraturamento	< 3	> 600



Anexo 2.5. Mapa de áreas com potencial para constru o de barragens subterrâneas na microrregião de Palmeira dos  ndios.

Mapa: Daniel Chaves Webber e Davi Ferreira Silva.

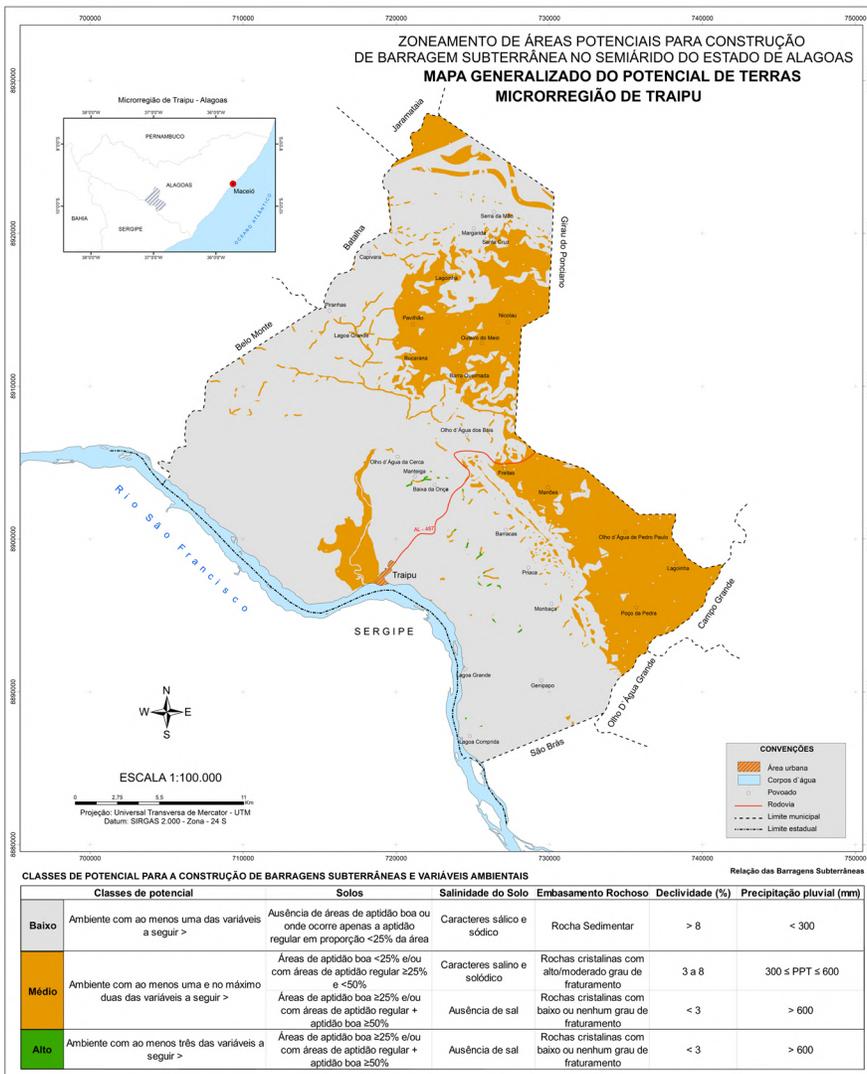


**CLASSES DE POTENCIAL PARA A CONSTRUÇÃO DE BARRAGENS SUBTERRÂNEAS E VARIÁVEIS AMBIENTAIS**

	Classes de potencial	Solos	Salinidade do Solo	Embasamento Rochoso	Declividade (%)	Precipitação pluvial (mm)
<b>Baixo</b>	Ambiente com ao menos uma das variáveis a seguir >	Ausência de áreas de aptidão boa ou onde ocorre apenas a aptidão regular em proporção <25% da área	Caracteres salíco e sódico	Rocha Sedimentar	> 8	< 300
<b>Médio</b>	Ambiente com ao menos uma e no máximo duas das variáveis a seguir >	Áreas de aptidão boa <25% e/ou com áreas de aptidão regular ≥25% e <50%	Caracteres salino e sódico	Rochas cristalinas com alto/moderado grau de fraturamento	3 a 8	300 ≤ PPT ≤ 600
		Áreas de aptidão boa ≥25% e/ou com áreas de aptidão regular + aptidão boa ≥50%	Ausência de sal	Rochas cristalinas com baixo ou nenhum grau de fraturamento	< 3	> 600
<b>Alto</b>	Ambiente com ao menos três das variáveis a seguir >	Áreas de aptidão boa ≥25% e/ou com áreas de aptidão regular + aptidão boa ≥50%	Ausência de sal	Rochas cristalinas com baixo ou nenhum grau de fraturamento	< 3	> 600

Anexo 2.6. Mapa de áreas com potencial para construção de barragens subterrâneas na microrregião de Arapiraca.

Mapa: Daniel Chaves Webber e Davi Ferreira Silva.



Anexo 2.7. Mapa de áreas com potencial para construção de barragens subterrâneas na microrregião de Traipu.

Mapa: Daniel Chaves Webber e Davi Ferreira Silva.



Apoio



MINISTÉRIO DA  
AGRICULTURA, PECUÁRIA  
E ABASTECIMENTO

