

Artigo

Gestão sustentável da água na agricultura familiar do semiárido nordestino: desafios e estratégias para enfrentar a escassez hídrica

Sustainable water management in family farming in the semi-arid Northeast: challenges and strategies to face water scarcity

Crisley Vieira de Sousa¹, Jussara Silva Dantas², Virgínia de Fátima Bezerra Nogueira³ & Patrícia Carneiro Souto⁴

¹Mestre no Programa de Pós-Graduação em Gestão e Sistemas Agroindustriais, UFCG, campus Pombal, E-mail: crisley.vieira@tecnico.ufcg.edu.br; ²Professora do Programa de Pós-Graduação em Gestão e Sistemas Agroindustriais, UFCG, campus Pombal, E-mail: jussara.silva@professor.ufcg.edu.br, ³Coordenadora e Professora do Programa de Pós-Graduação em Gestão e Sistemas Agroindustriais, UFCG, campus Pombal, E-mail: virginia.fatima@professor.ufcg.edu.br e ⁴Professora da Universidade Federal de Campina Grande, campus Patos, E-mail: pcameirosouto@yahoo.com.br.

Resumo: A água é um recurso vital para a vida e para o desenvolvimento socioeconômico, sendo especialmente crucial para a agricultura familiar no Semiárido nordestino. A escassez hídrica, resultante de fatores climáticos, geográficos e históricos, compromete a produção agrícola, a segurança alimentar e a resiliência das comunidades rurais. Este estudo realizou uma revisão bibliográfica sistemática, utilizando bases como CAPES, SciELO e Google Acadêmico, com o objetivo de analisar práticas de gestão sustentável da água e identificar alternativas tecnológicas para a convivência com a seca. Os resultados indicam que a agricultura familiar desempenha papel estratégico na sustentabilidade socioambiental e que tecnologias sociais, como cisternas de placas e o Sistema Ambiental de Reuso de Água (SARA), contribuem para reduzir vulnerabilidades e fortalecer a autonomia das comunidades. Ademais, políticas públicas integradas à participação social e à educação ambiental são determinantes para consolidar a resiliência hídrica na região. O estudo evidencia que a articulação entre infraestrutura, inovação tecnológica e práticas comunitárias é essencial para promover segurança hídrica, desenvolvimento sustentável e resiliência socioambiental no Semiárido nordestino.

Palavras-chave: Segurança hídrica. Tecnologias sociais. Resiliência socioambiental

Abstract: Water is a vital resource for life and socio-economic development, being especially crucial for family farming in the Northeastern Semi-Arid region of Brazil. Water scarcity, resulting from climatic, geographic, and historical factors, compromises agricultural production, food security, and the resilience of rural communities. This study conducted a systematic literature review using databases such as CAPES, SciELO, and Google Scholar, aiming to analyze sustainable water management practices and identify technological alternatives for coping with drought. The results indicate that family farming plays a strategic role in socio-environmental sustainability, and social technologies, such as plate cisterns and the Environmental Water Reuse System (SARA), help reduce vulnerabilities and strengthen community autonomy. Furthermore, public policies integrated with social participation and environmental education are critical for consolidating water resilience in the region. The study demonstrates that the articulation between infrastructure, technological innovation, and community practices is essential to promote water security, sustainable development, and socio-environmental resilience in the Northeastern Semi-Arid region.

Keywords: Water security. Social technologies. Socio-environmental resilience.

1. INTRODUÇÃO

A água é um recurso vital para a manutenção da vida, a produção de alimentos e o desenvolvimento socioeconômico. Contudo, sua disponibilidade tem sido progressivamente comprometida pela pressão antrópica, associada ao crescimento da demanda, à poluição e à gestão ineficiente, fatores que convergem para a intensificação de crises hídricas em escala global (Marengo, 2016; Santana; Santos, 2020). Nesse cenário, estratégias como o reúso da água emergem como alternativas sustentáveis, capazes de reduzir pressões sobre os mananciais e assegurar maior eficiência no uso dos recursos disponíveis (Silva *et al.*, 2024).

No Nordeste brasileiro, particularmente no Semiárido, esses desafios adquirem maior complexidade em razão de características climáticas marcadas pela irregularidade pluviométrica e por longos períodos de estiagem (Santos; Cunha; Ribeiro-Neto, 2019). A região apresenta ainda elevadas taxas de evapotranspiração e forte variabilidade interanual de chuvas, condições que acentuam sua vulnerabilidade à insegurança hídrica e tornam o equilíbrio entre oferta e demanda um dos principais entraves ao desenvolvimento regional (INSA, 2022; Suwa, 2023).

A agricultura familiar, fortemente dependente dos recursos hídricos, representa tanto um setor estratégico para a produção de alimentos e geração de renda, quanto um grupo social exposto às limitações impostas pela escassez (Cruz *et al.*, 2021; Melo *et al.*, 2022). Como destacam Santo, Coelho e Lima (2023), pequenos agricultores desempenham papel central na segurança alimentar e na conservação ambiental, mas necessitam de condições que favoreçam práticas produtivas resilientes frente às mudanças climáticas.

Diante desse quadro, torna-se imperativo compreender como diferentes estratégias de gestão hídrica, incluindo tecnologias apropriadas e práticas de manejo sustentável, têm sido discutidas e aplicadas no contexto do Semiárido. Este estudo busca, portanto, analisar as principais abordagens identificadas na literatura sobre gestão sustentável da água e sua interface com a agricultura familiar, com vistas a contribuir para a reflexão acadêmica e para a formulação de políticas públicas voltadas à resiliência socioambiental da região.

Analisar a gestão sustentável da água na agricultura familiar no Semiárido nordestino, enfatizando os desafios e as soluções voltadas à mitigação da escassez hídrica e à promoção da resiliência socioambiental das comunidades rurais.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 AGRICULTURA FAMILIAR

A agricultura desempenha papel essencial para a sociedade, garantindo a produção de alimentos e constituindo a base da economia global (Melo *et al.*, 2022). Contudo, enfrenta desafios crescentes, sobretudo devido à escassez de recursos hídricos, que compromete a produtividade agrícola e evidencia a necessidade de práticas mais sustentáveis e eficientes no uso da água.

Nesse contexto, a agricultura familiar se destaca como segmento estratégico para o desenvolvimento local e regional. Responsável por parcela significativa da produção de alimentos, contribui para o abastecimento dos mercados internos, para a geração de empregos e para a permanência das famílias no campo (Cruz *et al.*, 2021; Delgado; Bergamasco, 2017). Para seu fortalecimento, políticas públicas como o Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (Pronaf) e a Assistência Técnica e Extensão Rural (ATER) oferecem suporte técnico e financeiro, assegurando maior autonomia produtiva e econômica aos agricultores.

Além de seu papel socioeconômico, a agricultura familiar apresenta relevância ambiental ao adotar sistemas diversificados de produção e práticas voltadas à conservação dos recursos naturais, manutenção da biodiversidade e resiliência frente às mudanças climáticas (Quijada *et al.*, 2020; Albani; Cousin; Dickmann, 2022). Investir nesse setor significa, portanto, promover o desenvolvimento sustentável nas áreas rurais e consolidar a segurança alimentar em âmbito nacional.

Caracteriza-se pela gestão e execução do trabalho pelos próprios membros da família, predominando em pequenas propriedades e desempenhando papel estratégico na segurança alimentar, no desenvolvimento rural e na sustentabilidade ambiental (Castro, 2023). Além da função produtiva, contribui para a preservação cultural, geração de empregos e renda, fortalecendo a economia regional e atuando como instrumento de combate à pobreza e mitigação do êxodo rural (Nascimento *et al.*, 2023).

Historicamente, a agricultura familiar sustenta comunidades rurais latino-americanas, adaptando-se às condições climáticas e geográficas e originando sistemas agrícolas diversos que refletem tradições e identidades locais (Silva; Soares, 2023). A heterogeneidade produtiva, combinando cultivos variados e criação animal, favorece a conservação de variedades adaptadas, reduz a vulnerabilidade a pragas e doenças e fortalece a resiliência dos sistemas frente às mudanças climáticas (Silva *et al.*, 2023).

Além dos impactos ambientais, a agricultura familiar possui dimensão social relevante, garantindo a permanência da população no campo, transmitindo saberes entre gerações e preservando vínculos comunitários, fortalecendo a coesão social e cultural (Santos; Torres, 2022). Esse aspecto se conecta diretamente à segurança alimentar, assegurando o acesso a alimentos nutritivos e culturalmente adequados, especialmente em regiões vulneráveis. Nesse sentido, a soberania alimentar, defendida pela FAO (2019), enfatiza o direito dos agricultores familiares de decidir o que cultivar, como e para quem, fortalecendo as economias locais e reduzindo a dependência de cadeias de suprimento globais.

A efetividade dessa estratégia depende, entretanto, de condições estruturais adequadas, entre as quais se destaca a gestão eficiente dos recursos hídricos, especialmente em regiões semiáridas (De Giorgi; Zuin, 2023). No semiárido nordestino, apesar da presença de diversos açudes, grande parte não consegue abastecer adequadamente as comunidades durante o período seco, quando as chuvas cessam e a evapotranspiração se intensifica. Além disso, esses reservatórios frequentemente enfrentam problemas de salinização e contaminação por esgotos e resíduos de agrotóxicos, tornando a água imprópria para o consumo humano e prejudicial à produção agrícola (Campos; Pereira; Barcellos, 2024).

A gravidade desse quadro é ampliada pela ausência de gestão eficiente dos recursos hídricos em muitos municípios, justamente onde a escassez é mais severa. Estudos indicam que, apesar dos investimentos em infraestrutura hídrica no Semiárido brasileiro, a efetividade dessas ações é comprometida por falhas na gestão local, como a falta de manutenção adequada e a operação ineficiente dos sistemas de abastecimento. Por exemplo, a pesquisa de Dias *et al.* (2023) destaca que a gestão de recursos hídricos no estado do Rio Grande do Norte enfrenta desafios significativos para se configurar como uma governança adaptativa capaz de responder às mudanças climáticas e garantir a segurança hídrica.

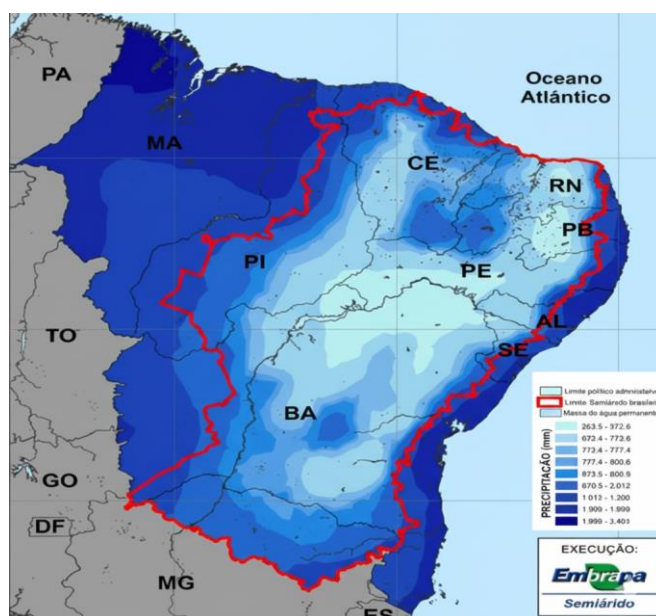
Esse cenário evidencia a necessidade de estratégias de manejo adaptadas às condições específicas de cada território, capazes de promover o uso racional da água, assegurar a continuidade da produção agrícola e garantir a sobrevivência das comunidades rurais em equilíbrio com o meio ambiente. Conforme apontado por Costa e Alves (2025), a implementação de políticas públicas territoriais de acesso à água no Semiárido brasileiro requer uma abordagem integrada que considere as especificidades locais e envolva a participação ativa das comunidades.

Além disso, a agricultura familiar valoriza práticas alimentares enraizadas na cultura local, em contraste com o agronegócio, voltado à homogeneização da produção e à maximização do lucro (Loiola, 2025). Contudo, essa resistência cultural nem sempre recebe apoio de políticas públicas ou incentivos econômicos consistentes. Fatores ambientais, como radiação solar, temperatura, umidade, ventos e precipitação, impactam diretamente a produção (Gomes; Zanela, 2023), e práticas como o monocultivo aumentam a vulnerabilidade do sistema, provocando esgotamento do solo, redução da rentabilidade e maior exposição a eventos climáticos extremos (Artuzo *et al.*, 2018).

2.2 ESCASSEZ DE ÁGUA

A escassez de água no semiárido nordestino é um problema histórico e complexo, resultado tanto das características do clima e da geografia quanto da influência de fenômenos climáticos globais (Gomes; Zanella, 2023). As chuvas, além de escassas, são extremamente irregulares e costumam se concentrar em apenas três a cinco meses do ano (IICA, 1993), ver Figura 2. Em alguns anos, as chuvas são mais abundantes; em outros, quase não ocorrem, deixando a região vulnerável a longos períodos de estiagem. A situação se complica ainda mais porque, mesmo quando chove, a evaporação é muito intensa — chegando a superar 2.500 mm por ano em algumas localidades — o que faz com que grande parte da água armazenada nos reservatórios se perca antes mesmo de ser utilizada (Montenegro; Montenegro, 2012).

Figura 1 – Precipitação média anual do Nordeste e Semiárido brasileiro



Fenômenos globais, como El Niño e La Niña, exercem grande influência sobre a quantidade de chuvas (Monteiro, 2022), explicando contrastes extremos: cidades do semiárido já registraram volumes anuais superiores a 1.500 mm em alguns anos e abaixo de 150 mm em outros (Lucena *et al.*, 2013).

O semiárido brasileiro ocupa mais de 1,1 milhão de km², abrangendo o norte de Minas Gerais e grande parte do Nordeste. Nesse contexto, as secas não se limitam a fenômenos climáticos; representam graves problemas sociais, impactando diretamente a produção agrícola, o abastecimento de água e a economia regional (Santos *et al.*, 2022). Os efeitos de uma estiagem não são uniformes: duas secas de mesma intensidade podem gerar consequências distintas, dependendo da vulnerabilidade da população e da existência de políticas públicas de enfrentamento (Cunha *et al.*, 2019).

Entre 2000 e 2019, observou-se significativa perda de cobertura vegetal e redução dos corpos d'água, demonstrando que a seca possui implicações ambientais, sociais e econômicas profundas (Silva *et al.*, 2023).

Em síntese, a escassez de água no semiárido nordestino resulta da combinação de fatores naturais — como baixa pluviosidade, altas temperaturas e forte evaporação — somados à influência de fenômenos globais. Esse conjunto de elementos evidencia o caráter histórico e permanente do problema, exigindo estratégias de convivência com o clima e gestão eficiente dos recursos hídricos (Saha *et al.*, 2023).

2.3 ALTERNATIVAS VIÁVEIS

A escassez de água, intensificada pelas mudanças climáticas e pelo processo de desertificação, impõe desafios significativos à agricultura familiar no semiárido brasileiro. Santos *et al.* (2023) destacam que a desertificação é um fenômeno de degradação das terras secas e de deterioração de seus recursos naturais, resultante tanto das variações climáticas quanto das ações humanas, configurando um problema socioambiental grave. Essa condição compromete não apenas a produção agrícola, mas também a qualidade de vida das comunidades rurais. Cunha *et al.* (2019) reforçam que a seca não deve ser compreendida apenas como um evento passageiro, mas como um fenômeno que exige estratégias permanentes de convivência com o clima semiárido, voltadas à adaptação e à resiliência das famílias.

Diante desse cenário, diversas alternativas têm sido propostas para enfrentar a escassez de água. Técnicas de captação e armazenamento permitem garantir reservas durante os períodos secos (Montenegro; Montenegro, 2012). O manejo adequado do solo e da vegetação é essencial para reduzir a degradação ambiental e melhorar a produtividade na semiaridez nordestina (Gomes; Zanella, 2023). Políticas públicas acessíveis e bem estruturadas apoiam os agricultores familiares e promovem o acesso à água, constituindo um instrumento estratégico para fortalecer a resiliência das comunidades (Santana; Santos, 2020; Santos *et al.*, 2023). Dessa forma, a literatura evidencia que soluções viáveis combinam medidas técnicas, sociais e políticas, sendo fundamentais para mitigar os impactos da seca.

2.3.1 Tratamento e reúso de água

A água é um recurso indispensável para a vida humana e para as atividades produtivas nas cidades, na indústria e na agricultura. No entanto, mesmo em regiões de maior disponibilidade hídrica, ainda existem desigualdades no acesso, capazes de gerar conflitos e comprometer a qualidade de vida (Carvalho *et al.*, 2020). No Semiárido brasileiro, historicamente marcado pela escassez, o reúso de esgoto tratado surge como alternativa estratégica para reduzir os impactos da seca e garantir maior segurança hídrica. Quando bem conduzida, sobretudo na agricultura, essa prática pode aumentar a produção, reduzir vulnerabilidades e promover sustentabilidade para as famílias agricultoras (Araújo; Brito; Souza, 2023).

No Brasil, o reúso da água é regulamentado pela Resolução do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) nº 54/2005, que autoriza a utilização de água não potável em atividades como irrigação agrícola e reflorestamento, desde que sejam assegurados padrões mínimos de qualidade e segurança ambiental (Abreu, 2025). Essa normativa reforça que

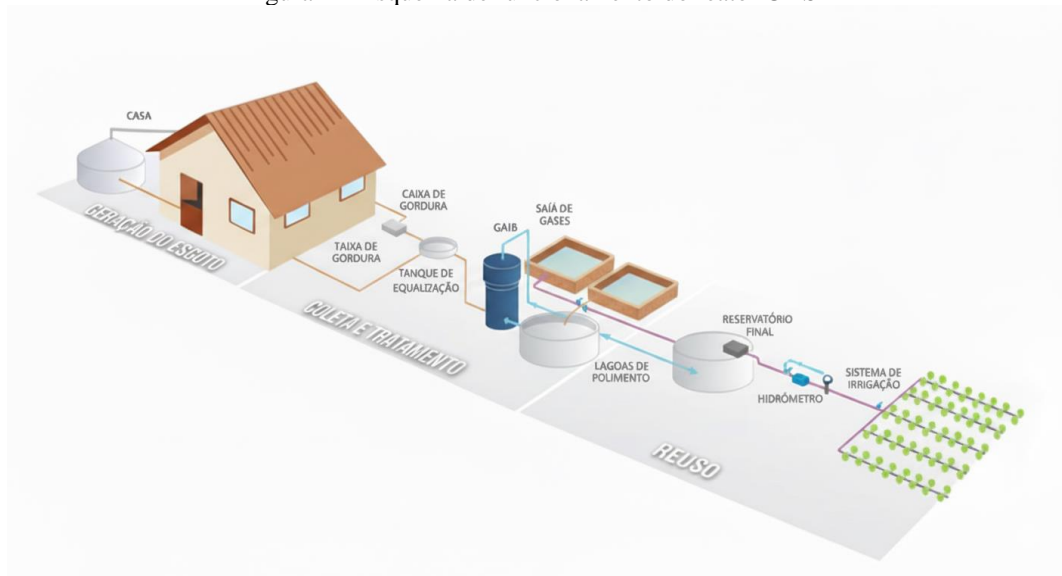
o reúso deve integrar políticas de saneamento e planejamento hídrico, considerando aspectos técnicos, sociais, culturais e econômicos das comunidades (Antunes; Pinheiro, 2023).

Apesar de avanços recentes, o saneamento básico brasileiro ainda apresenta limitações significativas. Segundo o Censo de 2022, 72% da população dispõe de algum tipo de coleta de esgoto, sendo que pouco mais de 13% desse volume recebe tratamento adequado. A situação no Nordeste é ainda mais crítica, pois grande parte do esgoto continua sendo lançada em rios, solos e açudes sem tratamento apropriado (SNIS, 2021). Esse cenário evidencia a urgência de soluções acessíveis e adaptadas à realidade regional.

Diversas tecnologias têm sido empregadas no tratamento de esgoto, variando desde soluções simples até sistemas mais sofisticados. Entre as opções de baixo custo, destacam-se fossas secas e caixas de gordura. A caixa de gordura, conforme Antunes e Pinheiro (2023), retém óleos e graxas, evitando que esses resíduos prejudiquem o funcionamento das tubulações. Já os tanques sépticos têm como função remover sólidos sedimentáveis e atenuar a carga hidráulica que chega às etapas seguintes do tratamento, como o reator UASB, garantindo maior eficiência do sistema (Júnior, 2022).

O reator UASB (*Upflow Anaerobic Sludge Blanket*) é uma tecnologia de destaque na etapa de tratamento principal. Nesse sistema, microrganismos anaeróbios presentes em uma manta de lodo realizam a digestão da matéria orgânica contida no esgoto, reduzindo significativamente a carga poluidora. Além disso, o processo gera subprodutos, como o biogás, que pode ser aproveitado como fonte de energia. De acordo com Antunes e Pinheiro (2023), essa tecnologia apresenta baixo consumo energético, sendo adequada para regiões do Semiárido, onde se busca otimizar os recursos financeiros e ambientais disponíveis. Sua estrutura e funcionamento podem ser visualizados na Figura 3, que descreve o reator UASB.

Figura 2 – Esquema de funcionamento do reator UASB



Fonte: Mayer (2020)

Após a passagem pelo reator, o esgoto tratado pode seguir para a lagoa de polimento, etapa complementar que melhora ainda mais a qualidade da água e possibilita seu reúso, como na irrigação agrícola, contribuindo para a segurança hídrica e a produção de alimentos em regiões de escassez (Júnior, 2022).

Uma experiência bastante promissora no Semiárido é a tecnologia SARA (Saneamento Ambiental e Reúso de Água), desenvolvida pelo Instituto Nacional do Semiárido (INSA), em parceria com a Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) e o Programa de Aplicação de Tecnologias Apropriadas (PATAC). Segundo Antunes e Pinheiro (2023),

o SARA consiste em um sistema integrado que combina diversas etapas de tratamento: a caixa de gordura, que retém óleos e graxas; o tanque de equalização, responsável por regular o fluxo de esgoto e facilitar a remoção de sólidos sedimentáveis; o reator UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket), no qual microrganismos realizam a digestão da matéria orgânica; e, finalmente, as lagoas de polimento, que completam o processo de purificação e definem a qualidade do efluente para seu posterior reúso, especialmente em atividades agrícolas (Figura 4).

Figura 3 - Esquema de funcionamento do Sistema (SARA)



Fonte: Antunes e Pinheiro (2023)

Estudos indicam que o SARA é capaz de reduzir em até 74% a carga de poluição orgânica, medida pela DBO₅ (demanda bioquímica de oxigênio em 5 dias), além de eliminar 100% dos ovos de vermes que poderiam transmitir doenças (Mayer *et al.*, 2021). Dessa forma, o sistema não apenas melhora a qualidade da água, como também reduz riscos à saúde humana e contribui para a preservação ambiental.

Além de sua eficiência técnica, o SARA apresenta baixo custo de instalação e manutenção, característica que facilita sua implementação em comunidades rurais do Semiárido (Santos, 2021). Quando aplicado de forma adequada, o reúso da água tratada proporciona múltiplos benefícios socioambientais: diminui a pressão sobre rios e açudes, reduz a poluição de corpos hídricos, previne a proliferação de doenças, garante água para irrigação e fortalece a segurança alimentar e a renda das famílias (Antunes; Pinheiro, 2023).

Apesar de avanços como o reator UASB e a tecnologia SARA, muitas comunidades do Semiárido ainda enfrentam desafios. Antunes e Pinheiro (2023) destacam que, em locais como a Comunidade de Ramada, no município de São Francisco, Paraíba, parte das residências utiliza fossas rudimentares, de baixa eficiência, que podem contaminar águas superficiais e subterrâneas. Nesse cenário, o SARA representa uma alternativa eficiente e integrada, combinando aspectos ambientais, sociais e econômicos, e oferecendo às comunidades uma estratégia sustentável de gestão da água e fortalecimento da segurança hídrica.

2.3.2 Cisternas de Placas

As cisternas de placas representam uma das principais tecnologias sociais implementadas no Semiárido brasileiro nas últimas décadas. Estruturalmente, consistem em reservatórios cilíndricos de placas pré-moldadas de cimento, geralmente projetados para armazenar 16 mil litros de água de chuva captada por calhas nos telhados (BRASIL, 2024). A Figura 5 ilustra o modelo amplamente utilizado em comunidades rurais.

Figura 4 – Cisternas de Placas



Fonte: Autor, 2025

Esse sistema tornou-se referência nos programas de abastecimento descentralizado, sobretudo em áreas rurais de difícil acesso, consolidando-se como marco das políticas públicas de convivência com o Semiárido (BRASIL, 2024). A difusão ocorreu, sobretudo, por meio do Programa Um Milhão de Cisternas (PIMC), criado em 2003 e coordenado pela Articulação Semiárido Brasileiro (ASA). Segundo a ASA (2025), o programa beneficiou milhões de famílias, ampliando o acesso à água e fortalecendo processos de organização comunitária. Para Nogueira, Milhorange e Mendes (2020), a efetividade do PIMC está ligada ao protagonismo social e à capacidade de gestão coletiva dos recursos, evidenciando que a cisterna não é apenas infraestrutura hidráulica, mas também instrumento de transformação social.

A relevância dessa tecnologia é confirmada por diversos estudos. Ferreira e Pinto (2022) ressaltam que as cisternas favorecem a permanência das famílias no campo, ao reduzir a vulnerabilidade hídrica e ampliar a autonomia frente às adversidades climáticas. Dias *et al.* (2025) demonstram que essas estruturas fortalecem a segurança hídrica, a inclusão social e o capital comunitário, ao mesmo tempo em que assumem dimensão simbólica e política por democratizar o acesso à água. No estudo de Lira (2024), desenvolvido em Marizópolis-PB, verificou-se que a proximidade do reservatório às residências elevou a segurança hídrica e facilitou o uso doméstico, garantindo fonte confiável e de fácil acesso.

Apesar dos avanços, desafios permanecem em relação à qualidade da água armazenada. Machado *et al.* (2021), ao avaliar cisternas de placas e de polietileno no Semiárido paraibano, identificaram contaminações microbiológicas em ambos os modelos. Os autores destacam a importância da manutenção periódica para assegurar a potabilidade. Nesse mesmo sentido, Silva *et al.* (2020) enfatizam práticas simples, como limpeza regular das calhas, correta vedação da tampa e higienização do reservatório, como medidas essenciais para preservar a qualidade da água. Ferreira (2025) acrescenta que a gestão adequada amplia as possibilidades de uso das cisternas, incluindo hortas familiares e pequenos criatórios, reforçando seu papel em estratégias de resiliência climática e desenvolvimento sustentável.

A literatura recente também destaca a cisterna como tecnologia apropriada de baixo custo e fácil replicação. Para *Frontiers in Sustainability* (2024), o sucesso do PIMC não se deve apenas à viabilidade técnica, mas à incorporação da cisterna à dinâmica social das comunidades, promovendo solidariedade, autogestão e protagonismo local. Silva, Peixoto, Guedes e Pereira (2024) reforçam que essa tecnologia se consolidou como estratégia central de mitigação da insegurança hídrica no Nordeste, conferindo autonomia às populações rurais. Em São José da Lagoa Tapada-PB, Tomaz e Florentino (2021) observaram que as cisternas garantiram inclusão social, abastecimento mínimo e fortalecimento comunitário, embora persistam desafios quanto à manutenção estrutural e ao uso múltiplo da água. Fernandes (2023), em sua

dissertação, também conclui que a efetividade dessas tecnologias depende tanto da infraestrutura quanto da capacitação das famílias e do suporte técnico contínuo.

4. METODOLOGIA

O percurso metodológico desta pesquisa consistiu em uma revisão bibliográfica sistemática, com foco na gestão sustentável da água e no papel das tecnologias sociais voltadas à convivência com a escassez hídrica no Semiárido nordestino. Para garantir maior rigor e transparência, adotou-se como referência o método PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses), amplamente utilizado em revisões sistemáticas.

O levantamento foi realizado entre janeiro e outubro de 2025, utilizando as bases de dados Periódicos CAPES, SciELO e Google Acadêmico, além de livros, dissertações e relatórios técnicos. Foram empregados descritores em português e inglês, como “gestão sustentável da água”, “agricultura familiar”, “escassez hídrica na agricultura” e “tecnologias sociais no Semiárido”, combinados por operadores booleanos.

Os critérios de inclusão contemplaram estudos publicados em português e inglês, de caráter empírico ou de revisão, que abordassem práticas de gestão hídrica, tecnologias sociais e estratégias de convivência com a seca. Foram excluídos trabalhos duplicados, sem acesso integral ou sem relação direta com a temática. Após a triagem e leitura dos resumos, os textos selecionados foram analisados integralmente e organizados em categorias temáticas.

A análise, de caráter qualitativo, permitiu identificar os principais desafios e soluções relacionados à sustentabilidade hídrica na agricultura familiar, destacando o potencial das tecnologias sociais como instrumentos de fortalecimento da resiliência socioambiental no Semiárido.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A primeira etapa desta pesquisa consistiu em um levantamento bibliográfico sistematizado, conduzido a partir da seleção de descritores específicos em diferentes bases de dados, conforme apresentado no Quadro 1. Ao todo, foram analisados 405 trabalhos, dos quais 107 atenderam aos critérios de inclusão e exclusão e foram efetivamente selecionados, representando aproximadamente 26% do total. Essa proporção evidencia o rigor adotado no processo de seleção, assegurando que apenas estudos relevantes e metodologicamente consistentes fossem incorporados à análise.

Quadro – 1 Resultados da pesquisa com os principais descritores

Descritor	Banco de Dados	Visitados	Selecionados
Gestão sustentável da água	CAPES	33	3
	LILACS	37	3
	Scielo	14	6
	Google Acadêmico	22	17
TOTAL		106	29
Agricultura familiar	CAPES	2	1
	LILACS	29	3
	Scielo	21	2
	Google Acadêmico	91	23
TOTAL		143	29
Escassez hídrica na agricultura	CAPES	13	1
	LILACS	9	1
	Scielo	13	2

	Google Acadêmico	30	26
TOTAL		65	30
Tecnologias sociais no Semiárido	CAPEL	54	2
	LILACS	0	0
	Scielo	5	1
	Google Acadêmico	32	10
TOTAL		88	10
TOTAL GERAL		405	107

Entre as bases consultadas, o Google Acadêmico destacou-se pela maior representatividade, reunindo tanto o maior número de trabalhos visitados quanto selecionados em todos os descritores. Esse resultado reforça sua abrangência como fonte de pesquisa em estudos sobre gestão da água e agricultura no Semiárido. Em contraste, a base CAPES apresentou menor índice de aproveitamento, o que pode indicar maior rigor na filtragem dos resultados ou menor aderência das publicações aos descritores escolhidos.

Quanto à distribuição temática, os descritores “Gestão sustentável da água” e “Agricultura familiar” concentraram 29 publicações cada, sinalizando o interesse da comunidade científica em compreender práticas de manejo hídrico e a relevância social e econômica da agricultura familiar. O descritor “Escassez hídrica na agricultura” reuniu 30 publicações, refletindo a preocupação com os efeitos da limitação de recursos hídricos na produção. Já “Tecnologias sociais no Semiárido” apresentou 10 publicações, um número menor, mas que reforça a importância crescente do tema como solução inovadora para a adaptação climática.

A análise foi organizada em cinco eixos interligados: Escassez hídrica e seus impactos sobre a agricultura familiar, Papel socioeconômico e ambiental da agricultura familiar, Alternativas tecnológicas e estratégias de manejo hídrico, Políticas públicas e resiliência socioambiental e Experiências locais e implicações para a gestão hídrica. Essa abordagem permitiu compreender que a gestão da água envolve múltiplas dimensões — ambientais, sociais, econômicas e tecnológicas — e que a resiliência das comunidades rurais depende da articulação entre práticas tradicionais, inovação e políticas públicas eficazes.

3.1 Escassez hídrica e impactos sobre a agricultura familiar: vulnerabilidades e descompassos institucionais

Dos 107 estudos analisados, 30 abordaram diretamente a escassez hídrica no contexto agrícola. A literatura enfatiza que esse fenômeno resulta da combinação de condições climáticas adversas — como baixa pluviometria, alta evaporação e irregularidade espacial e temporal das chuvas — com fragilidades históricas na gestão dos recursos hídricos (Gomes; Zanella, 2023).

Essa confluência de fatores intensifica a vulnerabilidade das famílias agricultoras, especialmente em pequenas propriedades, que dispõem de menores margens de manobra. Mesmo em áreas com alguma infraestrutura hídrica, como açudes e reservatórios, as comunidades frequentemente enfrentam interrupções no abastecimento, perdas de safra e utilização de água de qualidade insuficiente para consumo e irrigação (Campos; Pereira; Barcellos, 2024). Em muitos casos, a manutenção precária ou o abandono dessas estruturas agrava ainda mais a situação.

Entre 2012 e 2017, uma prolongada estiagem no Nordeste evidenciou as limitações das políticas emergenciais, mostrando que programas de curto prazo não conseguem sustentar a resiliência comunitária diante de eventos prolongados (Marengo, 2016; Santana; Santos, 2020). Assim, a escassez hídrica deve ser compreendida também como consequência de falhas institucionais, descompassos entre escala institucional e realidade local e desigualdades estruturais.

A seca no Semiárido não é apenas um fenômeno natural, mas também social e institucional. Ela exige modelos de governança hídrica adaptativa e intersetorial, capazes de integrar políticas públicas, inovação tecnológica e participação comunitária, reduzindo vulnerabilidades e fortalecendo a resiliência socioambiental.

Estudos recentes indicam que, embora iniciativas como o Programa Cisternas nas Escolas e a construção de reservatórios, como a Barragem de Oiticica, localizada no município de Jucurutu (RN), busquem atenuar os impactos da escassez hídrica, a gestão dos recursos hídricos no Semiárido ainda enfrenta desafios significativos.

A ausência de uma governança adaptativa robusta, que envolva a colaboração entre diferentes níveis de governo e a sociedade civil, compromete a eficácia dessas ações (Dias, 2023; Costa; Alves, 2025). Além disso, a implementação de tecnologias sociais, como cisternas e sistemas de reúso de águas residuais, requer não apenas investimentos em infraestrutura, mas também capacitação técnica e manutenção contínua, garantindo sua sustentabilidade a longo prazo (Antunes; Pinheiro, 2023).

Portanto, é imperativo repensar a gestão dos recursos hídricos no Semiárido, adotando uma abordagem integrada que considere as especificidades locais, promova a participação ativa das comunidades e assegure a continuidade das políticas públicas. Somente dessa forma será possível enfrentar os desafios impostos pela escassez hídrica e garantir segurança hídrica para as populações rurais da região.

3.2 Papel socioeconômico e ambiental da agricultura familiar: fragilidades e contradições

A agricultura familiar foi destacada em 29 estudos como pilar da produção rural no Semiárido — não apenas pela provisão de alimentos e geração de renda (Melo *et al.*, 2022; Cruz *et al.*, 2021), mas também pela manutenção de saberes culturais, coesão social e práticas de uso diversificado da terra (Castro, 2023; Santos; Torres, 2022).

No entanto, essa centralidade é instável. A continuidade das atividades produtivas depende diretamente da segurança hídrica. Os estudos convergem em apontar que a limitação no acesso à água reduz a resiliência dos sistemas produtivos e vulnerabiliza famílias diante de choques climáticos (Gomes; Zanella, 2023; Suwa, 2023). De Giorgi e Zuin (2023) ressaltam que tal resiliência está condicionada a fatores estruturantes — acesso a crédito, infraestrutura hídrica e assistência técnica — e que, sem esses elementos, a agricultura familiar permanece fragilizada.

Essa realidade evidencia um arranjo institucional e político insuficiente. Embora estratégica para o Semiárido, a agricultura familiar sofre com a priorização histórica do agronegócio, que concentra recursos e políticas públicas, deixando as comunidades rurais vulneráveis.

Assim, a gestão hídrica não pode ser vista apenas como um problema técnico. Ela deve ser integrada a políticas de inclusão, apoio estrutural e fortalecimento da autonomia comunitária. Sem essa articulação, a agricultura familiar corre o risco de se tornar cada vez mais dependente de intervenções emergenciais, reduzindo sua capacidade de sustentar a produção, a coesão social e a preservação dos saberes tradicionais.

3.3 Alternativas tecnológicas e estratégias de manejo hídrico: inovações em tensão

Dez estudos focaram em tecnologias sociais e práticas de manejo hídrico adaptadas ao contexto semiárido. As cisternas de placas despontam como recurso amplamente estudado, pois permitem múltiplos usos, incluindo consumo doméstico, irrigação de pequenas hortas e criação de animais de pequeno porte. Além disso, favorecem a organização comunitária por meio do Programa Um Milhão de Cisternas (Nogueira; Milhorange; Mendes, 2020; Ferreira; Pinto, 2022; Lira, 2024; Silva *et al.*, 2025).

Entretanto, essas tecnologias não operam em vácuo, e sua efetividade depende de diversos fatores contextuais. Machado *et al.* (2021) alertam para riscos de contaminação microbiológica, enquanto Silva *et al.* (2020) enfatizam a importância da capacitação das famílias e da manutenção periódica das estruturas. Esses estudos apontam que a simples disponibilização de infraestrutura não garante segurança hídrica sustentável. Essa observação evidencia uma lacuna

recorrente em políticas públicas: muitas vezes, a implementação técnica não é acompanhada de estratégias de acompanhamento, monitoramento e educação comunitária.

Outra tecnologia promissora é o SARA — Sistema Ambiental de Reutilização de Água — avaliado por Antunes e Pinheiro (2023), que permite irrigar quintais produtivos com águas residuais tratadas. Essa prática reduz a pressão sobre os mananciais e fortalece a cooperação comunitária. No entanto, sua replicação enfrenta limitações estruturais significativas, como a baixa cobertura de saneamento básico, conforme relatado pelo SNIS (2021). Esse entrave evidencia que, por mais eficiente que seja a inovação tecnológica, ela permanece restrita enquanto persistirem desigualdades estruturais e falhas na governança hídrica.

Ainda merece destaque um estudo recente que investiga a expansão da infraestrutura hídrica em contexto semiárido e seu papel no equilíbrio humano-água: *Advancing water security in semi-arid Brazil* (Pereira *et al.*, 2025). A pesquisa analisa o efeito de reservatórios ao longo de 100 anos, propondo uma evolução da limitação hídrica em termos de disponibilidade, acessibilidade, aceitabilidade e qualidade. O estudo evidencia que a construção de infraestrutura precisa ser acompanhada de planejamento de longo prazo, integração institucional e atenção aos determinantes sociais e ambientais para gerar impactos duradouros.

A síntese crítica que emerge desses estudos indica que, embora tecnologias sociais como cisternas de placas e SARA ofereçam caminhos viáveis para a convivência com a seca, sua eficácia depende de articulação institucional, financiamento contínuo e suporte técnico constante. Sem esses elementos, essas soluções correm o risco de permanecer como “projetos piloto”, desconectadas da realidade estrutural das comunidades e limitadas em sua capacidade de promover resiliência socioambiental. Portanto, a inovação tecnológica deve caminhar paralelamente à governança participativa, à educação ambiental e às políticas públicas integradas, de modo a consolidar a segurança hídrica e fortalecer a autonomia comunitária.

3.4 Políticas públicas e resiliência socioambiental: rupturas e reorientações necessárias

As políticas públicas são peças-chave na construção da resiliência hídrica no Semiárido. O paradigma histórico de “combate à seca” vem cedendo lugar a modelos de “convivência com o Semiárido”, como demonstrado por Santos *et al.* (2023) em *Políticas Públicas no Semiárido Brasileiro*, que analisa a transição de paradigmas e o papel de programas como o PIMC e P1+2. Ainda assim, persistem rupturas e limitações. Estudos revelam que, efetivamente, houve desmonte de políticas de convivência nos últimos anos, com quedas no financiamento e redução na implementação de novas cisternas (Cavalcante *et al.*, 2022). Nesse contexto, as políticas ainda se mostram fortemente reativas e setoriais, limitando seu alcance sustentável.

Para superar esse cenário, é fundamental que as políticas públicas hídricas no Semiárido transcendam a lógica emergencial e incorporarem práticas de governança participativa, assegurando continuidade orçamentária e integração entre as escalas local e nacional. Essa abordagem não apenas fortalece a resiliência socioambiental das comunidades rurais, mas também potencializa a eficácia de programas estruturantes, como o PIMC, ao articular tecnologia, educação ambiental e participação comunitária de forma sistêmica.

3.5 Experiências locais e implicações para a gestão hídrica: autonomia em construção

As iniciativas locais no Semiárido paraibano oferecem lições importantes. Em Marizópolis, cisternas reduziram o deslocamento para captar água e ampliaram a segurança hídrica familiar (Lira, 2024). Em São José da Lagoa Tapada, práticas de autogestão comunitária reforçaram inclusão e protagonismo (Tomaz; Florentino, 2021). Já o Programa Cisternas nas Escolas, analisado por Teles (2024) em Itapipoca, Ceará, evidencia que o acesso à água nas escolas contribui para a permanência dos alunos e para a promoção da educação ambiental.

Esses exemplos evidenciam que tecnologias sociais vão além do mero papel de reservatórios, articulando dimensões sociais, educativas e culturais. Contudo, também revelam fragilidades: dependem de manutenção, apoio institucional e recursos contínuos.

Assim, a resiliência hídrica não se limita à presença da tecnologia, mas se constrói na escala comunitária e na institucionalização de mecanismos de suporte. Dessa forma, a gestão sustentável requer a convergência entre práticas locais e políticas públicas robustas, mostrando que autonomia comunitária e governança institucional devem caminhar de forma articulada para gerar impactos duradouros.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo evidencia que a gestão sustentável da água na agricultura familiar no Semiárido nordestino constitui um desafio complexo e multidimensional, envolvendo fatores climáticos, socioeconômicos, tecnológicos e institucionais. A escassez hídrica, intensificada pela irregularidade das chuvas, altas taxas de evapotranspiração e fenômenos climáticos extremos, representa um obstáculo persistente à segurança alimentar, à manutenção das atividades produtivas e à qualidade de vida das comunidades rurais.

A análise dos trabalhos selecionados reforça a centralidade da agricultura familiar na promoção do desenvolvimento local e regional. Além de sua função produtiva, esse setor atua como vetor de inclusão social, preservação ambiental e fortalecimento cultural, desempenhando papel estratégico na resiliência das comunidades frente aos impactos da seca. Contudo, sua efetividade depende diretamente da disponibilidade de água, da implementação de políticas públicas consistentes e da adoção de práticas de manejo hídrico adaptadas às condições locais.

As tecnologias sociais, como as cisternas de placas e o Sistema SARA, mostram-se soluções eficazes para mitigar a vulnerabilidade hídrica. Elas combinam viabilidade técnica, baixo custo e possibilidade de integração com práticas comunitárias e políticas públicas, oferecendo não apenas abastecimento seguro, mas também benefícios sociais, educativos e econômicos. A experiência indica, entretanto, que a sustentabilidade dessas soluções requer manutenção contínua, capacitação da comunidade e monitoramento institucional, garantindo o uso seguro e prolongado dos recursos hídricos.

Além das tecnologias, destaca-se a importância de políticas públicas articuladas e adaptadas às especificidades locais. Programas como o P1MC demonstram que a governança participativa e o protagonismo comunitário potencializam os impactos positivos, promovendo autonomia, inclusão social e resiliência socioambiental. A integração entre infraestrutura, educação ambiental e planejamento participativo surge como estratégia fundamental para consolidar a sustentabilidade da agricultura familiar no Semiárido.

Em síntese, o estudo reforça que enfrentar a escassez hídrica no Semiárido exige abordagens integradas que combinem inovação tecnológica, gestão comunitária, políticas públicas eficientes e práticas tradicionais adaptadas ao contexto local. Investir na sustentabilidade hídrica da agricultura familiar não é apenas uma resposta à escassez de água, mas uma ação estratégica para promover segurança alimentar, conservação ambiental e desenvolvimento socioeconômico sustentável na região. A continuidade de pesquisas, o fortalecimento de tecnologias apropriadas e o incentivo à capacitação comunitária são essenciais para consolidar um modelo de convivência resiliente com o clima semiárido e assegurar a qualidade de vida das gerações futuras.

5. REFERÊNCIAS

- ABREU, Anísia Batista Oliveira de. CONAMA e CNRH: a quem compete a governança da normatização da padronização da qualidade das águas de reúso no Brasil. 2025.
- AB'SABER, A. N. Dossiê Nordeste seco. Estudos avançados. v. 13. n. 36, p. 5-59, 1999.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO – ANA. Atlas das águas superficiais do Brasil. Brasília, DF: ANA, 2021c.
- ALBANI, Ionara Cristina; COUSIN, Cláudia da Silva; DICKMANN, Ivo. Agricultura familiar e sustentabilidade. Revista Ambiente & Educação, v. 27, n. 1, p. 1-27, ago. 2022. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/362640082_Agricultura_Familiar_e_Sustentabilidade/fulltext/637ea51a37878b3e87d804d9/Agricultura-Familiar-eSustentabilidade.pdf. Acesso em: 29 jun. 2025.
- ALEXANDRE, G. et al. Agroecological practices to support tropical livestock farming systems: a Caribbean and Latin American perspective. Tropical Animal Health and Production, v. 53, p. 1-13, 2021.
- ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil. Brasília, 2018. Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/portal/centrais-de conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos>. Acesso em: 22 set. 2025.
- ANTUNES, Vítor Queiroga; PINHEIRO, Francisca Natália Alves. Estudo de implantação do sistema ambiental de reutilização de água (SARA) a nível comunitário na comunidade de Ramada na cidade de São Francisco-PB. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso.
- AMORIM, B. de. Caracterização de mudanças paleoclimáticas no Nordeste do Brasil utilizando modelagem hidrológica. Tese. Programa de Pós-Graduação em Geoquímica Ambiental da Universidade Federal Fluminense. 208p. 2008.
- ARAÚJO, José Emanuel Tavares; DE BRITO, Ildete Andrade; DE SOUZA, Ronie Cleber. Os recursos hídricos nas políticas públicas voltadas para o desenvolvimento do Nordeste e do Semiárido brasileiro. Revista Brasileira de Desenvolvimento Regional, v. 11, n. 3, p. 139-167, 2023.
- ARTICULAÇÃO SEMIÁRIDO BRASILEIRO – ASA. Programa Cisternas: exemplo de política pública. 2025. Disponível em: https://asabrasil.org.br/2025/05/15/programa-cisternas-exemplo-de-politica-publica/?utm_source. Acesso em: 23 set. 2025.
- ARTUZO, F; FOGUESATTO, C; SOUZA, A; SILVA, L. Gestão de Custos Na Produção De Milho E Soja. Revista Brasileira de Gestão de Negócios. São Paulo, v. 20, p.273-294, 2018.
- BERNARDI, C.C. Reúso de água para irrigação. Monografia (Especialização em Gestão Sustentável da Agricultura Irrigada) – SEA-FGV Ecobusiness School, Distrito Federal, 2023.
- BARBOSA, A. G. A inovação tecnológica a serviço da democratização do acesso à água – a experiência da ASA no semiárido brasileiro. In: Rede de Tecnologia Social - RTS (Org.). Tecnologia Social e Desenvolvimento Sustentável: Contribuições da RTS para a formulação de uma Política de Estado de Ciência, Tecnologia e Inovação. Brasília: Secretaria Executiva da Rede de Tecnologia Social (RTS), 2019.
- BRASIL, I. B. G. E. Censo demográfico 2022. Dados nacionais. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Brasil. 2022.
- BRASIL. Resolução CONAMA nº 503, de 14 de dezembro de 2021. Define critérios e procedimentos para o reúso em sistemas de fertirrigação de efluentes provenientes de indústrias de alimentos, bebidas, laticínios, frigoríficos e graxarias. Diário Oficial da União: Brasília, DF, [2023]. Disponível em: https://conama.mma.gov.br/index.php?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=813. Acesso em: 7 ago. 2025.
- BRITO, H. C. de. Recursos hídricos e impactos antrópicos no Semiárido Brasileiro: dinâmica espaço-temporal e cenários preditivos. 2021. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental), Programa de Pós-graduação em Recursos Naturais, Centro de Engenharia Civil e Ambiental - Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, Brasil, 2021.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome (MDS). Instrução Normativa nº 51, de 2024. Estabelece o modelo de cisternas de placas com capacidade de 16 mil litros. Brasília: MDS, 2024. Disponível em: https://www.gov.br/mds/pt-br/acoes-e-programas/acesso-a-alimentos-e-a-agua/programa-cisternas/tecnologias-sociais/modelo_01/Anexo_IN_N_51_2024.pdf. Acesso em: 23 set. 2025.

BÁRTA, R. L.; SILVA, J. A. G.; DARONCO, C. R.; STUMM, E. M. F.; COLET, C. F. Qualidade da água para consumo humano no Brasil: revisão integrativa da literatura. *Revista Visa em debate*, Rio Grande do Sul, v. 9, n. 4, p. 74-85, 2021.

CAMPOS, Maria Adelaide Maciel; PEREIRA, Martha Priscila Bezerra; BARCELLOS, Christovam. Clima e recursos hídricos no Sertão Paraibano: o caso de Mãe d'Água-PB. 2024.

CARVALHO, Ailton Alves et al. Reúso hidroagrícola: uma solução para convivência com a escassez hídrica no Sertão e Agreste pernambucano. *Journal of Environmental Analysis and Progress*, v. 5, n. 2, p. 140-150, 2020.

CARVALHO, R. V.; SOUSA, F. E. S.; SILVA, R. P. O Programa Um Milhão de Cisternas (P1MC): uma alternativa de convivência com o semiárido na comunidade agreste de baixo – São Miguel/RN. *Caminhos de Geografia*, v. 18, n. 61, 2021, p. 136–149.

CARVALHO, C. B.; MOTA, S.; SANTOS, A. S. P.; SANTOS, A. B. Avaliação legal e prática da aplicação de águas residuárias tratadas no solo no contexto do reúso de água no Brasil. *Revista DAE*, São Paulo, n. 241, v. 71, p. 153-172, 2023.

CASTRO, César Nunes de. Capacidade adaptativa às mudanças climáticas de agricultores familiares no semiárido brasileiro. *Texto para Discussão*, 2024.

CASTRO, César Nunes de; FREITAS, Rogério Edivaldo. Agricultura familiar nordestina, políticas públicas e segurança alimentar. Brasília: Ipea, 2023. Disponível em: <https://www.econstor.eu/bitstream/10419/265279/1/1799805123.pdf>. Acesso em: 29 mar. 2025.

COSTA, R. M. G.; ALVES, L. S. F. (2025). Políticas públicas territoriais de acesso à água no Semiárido brasileiro: Uma revisão integrativa da literatura. *Desenvolvimento em Questão*, 23(62), 16115. Disponível em: <https://www.revistas.unijui.edu.br/index.php/desenvolvimentoemquestao/article/view/16115>. Acesso em 01 de Out. 2025.

CUNHA, Ana Paula MA et al. Extreme drought events over Brazil from 2011 to 2019. *Atmosphere*, v. 10, n. 11, p. 642, 2019.

DA SILVA DIAS, Nildo et al. Tecnologias sociais de convivência com o semiárido brasileiro: segurança hídrica e alimentar. *Cuadernos de Educación y Desarrollo*, v. 17, n. 2, p. e7554-e7554, 2025.

DA SILVA, Jhon Lennon Bezerra et al. Environmental degradation of vegetation cover and water bodies in the semiarid region of the Brazilian Northeast via cloud geoprocessing techniques applied to orbital data. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 121, p. 104164, 2023.

DA SILVA, J. P. et al. Avaliação da qualidade da água armazenada em cisternas no Semiárido Cearense. *Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas*, v. 14, n. 1, p. 27-35, 2020.

DELGADO, Guilherme Costa; BERGAMASCO, Sonia Maria Pessoa Pereira. Agricultura familiar brasileira: desafios e perspectivas de futuro. Brasília: Ministério do Desenvolvimento Agrário, 2017.

DE GIORGI, R.; ZUIN, A. L. A. O direito ao alimento na perspectiva da Teoria Sistêmica e por uma ecologia dos direitos humanos. *Cadernos de Dereito Actual*, n. 21 [Núm.Ordinario], pp. 287-302, 2023. Disponível em: <https://www.cadernosdedereitoactual.es/ojs/index.php/cadernos/article/view/967>. Acesso em: 15 mar. 2025.

DIAS, E. M. S.; PESSOA, Z. S.; SILVA, J. M.; FERREIRA, J. G.; TEIXEIRA, R. L. P. (2023). Governança adaptativa e segurança hídrica no contexto de mudanças climáticas no Semiárido. *Revista Mercator*, 22(2), e22204. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/mercator/a/pZqsCPJbJr6MphYsYWRxhPm/>. Acesso em 01 de Out. de 2025.

DUARTE, Daura Helena Jales Dantas; MORAIS, Eulita de Souza; SIQUEIRA, Elisabete Stradiotto; NOBRE, Fábio Chaves; NOBRE, Liana Holanda Nepomuceno. Percepção e tolerância ao risco dos gestores da agricultura familiar. *Revista de Gestão Social e Ambiental*, São Paulo (SP), v. 2, pág. e03193, 2023. DOI: 10.24857/rgsa.v17N2-005. Disponível em: <https://rgsa.openaccesspublications.org/rgsa/article/view/3193>. Acesso em: 9 jul. 2025.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Precipitação e evaporação. 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/bioma-caatinga/clima/precipitacao-e-evaporacao?_82_languageId=en_US>. Acesso em 18 de Setembro de 2025.

FAO – Food and Agriculture Organization. Soberania Alimentar: um conceito chave para a segurança alimentar. [S.l.]: FAO, 2019. Disponível em: <https://www.fao.org>. Acesso em: 15 mar. 2025.

FARIAS, T. da S. Do Macro Ao Micro: Uma Análise Espacial Multiescalar Dos Impactos Da Seca, As Políticas Hídricas E Os Fluxos Da Operação Pipa No Seridó Paraibano. 2021. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, Brasil, 2021.

FERNANDES, Cleyton dos Santos. Tecnologias sociais de convivência com o semiárido: acesso à água para o consumo e produção agrícola familiar. Dissertação (Mestrado) — Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UFERSA), 2023. Disponível em: Repositório da UFERSA.

FERREIRA, A. L. S. Agricultura familiar e sustentabilidade ambiental em área de várzea no município de Parintins, Amazonas. Dissertação—Manaus: Universidade Federal do Amazonas, 2014.

GILLER, K. E. et al. The future of farming: Who will produce our food?. *Food Security*, v. 13, n. 5, p. 1073-1099, 2021.

FERREIRA, A.G.; MELLO, N.G.S. Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a região Nordeste do Brasil e a influência dos oceanos pacífico e Atlântico no clima da região. *Revista Brasileira de Climatologia, ACLIMA*, ano 1, dez. 2005.

DOI : 10.5380/abclima.v1i1.25215

FERREIRA, Janaina Peixoto. Tecnologias de convivência com o semiárido: análise dos impactos socioambientais do programa cisternas no município de Itapiúna-CE. 2025.

FRONTIERS IN SUSTAINABILITY. The One Million Cisterns Programme—a viability assessment of community-based rainwater harvesting in the Brazilian Amazon. *Frontiers in Sustainability*, 2024. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/frsus.2024.1401440/full>. Acesso em: 23 set. 2025.

GOMES, B.G.L.A. Tratamento de esgoto de pequena comunidade utilizando tanque séptico, filtro anaeróbio e filtro de areia. 2015. 138f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2021.

GOMES, Flávia Ingrid Bezerra Paiva; ZANELLA, Maria Elisa. Histórico, causas e características da semiaridez do Nordeste do Brasil. *Geografares*, n. 37, 2023.

GONDIM, J. FIOREZE, A. P. ALVES, R. F. F. E SOUZA, W. G de. A seca atual no Semiárido nordestino – Impactos sobre os recursos hídricos. In: *Parc. Estrat. Brasília-DF*. v. 22. n. 44. p. 277-300. 2017.

GOVERNO DO RIO GRANDE DO NORTE. Barragem de Oiticica vai impulsionar o desenvolvimento do Seridó. Disponível em: <https://www.rn.gov.br/materia/barragem-oiticica-vai-impulsionar-o-desenvolvimento-do-serido/>. Acesso em: 2 out. 2025.

GUALDANIA, C.; SALESB, M.. Tecnologias sociais de convivência com o Semiárido e a racionalidade camponesa. *Sustentabilidade em Debate*, Brasília, v.7, p.86-99, 2016.

INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERAÇÃO PARA AGRICULTURA. Projeto Áridas. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=NO8qAAAAYAAJ&pg=PA5&hl=ptBR&source=gbs_toc_r&cad=3#v=onepage&q&f=false>. 1993. Acesso em 18 de Setembro de 2025.

Instituto Nacional do Semiárido. O Semiárido Brasileiro. Campina Grande-PB: INSA, 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/insa/pt-br/semiario-brasileiro>. Acesso em: 12 de agosto de 2025.

JUNIOR, J. L. L. Proposição de uma alternativa tecnológica para o tratamento de esgoto em instituição de ensino superior. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação de Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de

LIRA, Jônathas Queiroga. Cisternas de placas: qualidade e uso das águas armazenadas, um estudo de caso. 2024. Trabalho de Conclusão de Curso.

LOIOLA, Valéria do Ó. et al. Conflitos socioterritoriais entre camponeses, latifundiários e agronegócio na microrregião do Alto Pantanal/MT. 2025.

LUCENA, Rebecca Luna et al. Variabilidade climática no município de Caicó/RN: secas e chuvas num arquétipo do clima semiárido do Nordeste brasileiro. *CLIMEP-Climatologia e Estudos da Paisagem*, v. 8, n. 2, 2013.

MACHADO, Taysa Tamara Viana; SILVA, Tarciso Cabral da; AZEVEDO FILHO, Azamor Cirne de; DIAS, Jobson Targino. Avaliação da qualidade de águas de chuva armazenadas em cisternas de placas e de polietileno em um município do semiárido do estado da Paraíba. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 26, n. 1, p. 151–158, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-415220180003>. Acesso em: 23 set. 2025.

MALVEZZI, R. Semiárido: uma visão holística. Brasília: Confea, 2017.

MANCUSO, Pedro Caetano Sanches et al. Reuso de água potável como estratégia para a escassez. 1. ed. – Santana de Parnaíba SP: Manole, 2021.

MARENGO, J; CUNHA, A. P. e ALVES, L. A seca de 2012- 15 no semiárido do Nordeste do Brasil no contexto histórico. *Climanalise*. 04. 49-54. 2016.

MAYER, M. C.; MEDEIROS, S. de S.; BATISTA, M. M.; BARBOSA, R. A.; LAMBAIS, G. R.; SANTOS, S. L. dos; VAN HAANDEL, A. Tratamento de esgoto na zona rural visando ao reuso agrícola no semiárido brasileiro. Reengenharia de lagoas de estabilização. *Revista DAE*. São Paulo, v. 69, n. 229, p. 104-114, 15 fev. 2021. <http://dx.doi.org/10.36659/dae.2021.023>. Acesso em: 22 de set. 2025.

MENDONÇA, S. R.; MENDONÇA, L. C. Sistemas sustentáveis de esgotos. 2 ed. São Paulo: Blucher, 2017.

MENDONÇA, K.P.L. Tratamento de águas cinza provenientes de lavanderias visando reuso. 101f. 2019. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Tocantins, Palmas, 2019.

MOLION, L. C. B.; BERNARDO, S. de O. Uma revisão da dinâmica das chuvas no Nordeste brasileiro. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.17, n.1, 1- 10, 2002.

MONTEIRO, J. et al. A influência de teleconexões e sistemas meteorológicos produtores de precipitação no semiárido nordestino. *Revista brasileira de Geografia Física*, v. 15, p. 312-332, 2022.

MOURA, P.G.; ARANHA, F.N.; HANDAM, N.B.; MARTIN, L.E.; SALLES, M.J.; CARVAJAL, E.; JARDIM, R.; SOTERO-MARTINS, A. Água de reúso: uma alternativa sustentável para o Brasil. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 25, n. 6, p 791-808, 2020

MOURA, Priscila Gonçalves. et al. Água de reúso: uma alternativa sustentável para o Brasil. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 25, n. 6, p. 791–808, nov. 2020.

MORAIS, H. A. R.; PAIVA, J. A.; SOUSA, W. J. Avaliação do Programa Um Milhão de Cisternas Rurais (P1MC): eficácia, eficiência e efetividade nos territórios do Rio Grande do Norte (2003/2015). *Revista de Políticas Públicas*, v. 21, n. 1, 2021, p 133-158.

NOGUEIRA, Daniela; MILHORANCE, Carolina; MENDES, Priscylla. Do Programa Um Milhão de Cisternas ao Água para Todos: divergências políticas e bricolagem institucional na promoção do acesso à água no Semiárido brasileiro. *Revista Brasileira de Políticas Públicas*, 2020. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/340078872_Do_Programa_Um_Milhao_de_Cisternas_ao_Agua_para_Todos_divergencias_politicas_e_bricolagem_institucional_na_promocao_do_acesso_a_agua_no_Semiario_brasileiro. Acesso em: 23 set. 2025.

OLIVEIRA, W. C. de; BERTOLINI, G. R. F. A systematic review about the contribution of cooperatives to the sustainability of family-based agriculture. *Research, Society and Development*, [S. l.], v. 11, n. 2, p. e43411226098,

2022. DOI: 10.33448/rsdv11i2.26098. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/26098>. Acesso em: 13 jul. 2025.

PETROVIĆ, B., et al. Application of precision agriculture technologies in Central Europe review. *Journal of Agriculture and Food Research*, p. 101048, 2024.

RAMÍREZ-JUÁREZ, J. . Régimen alimentario y agricultura familiar. Elementos para la soberanía alimentaria. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, México, ME, v. 14, n. 29, p. e3533, 2023. DOI: 10.29312/remexca.v14i29.3533. Disponível em: <https://cienciasagricolas.inifap.gob.mx/index.php/agricolas/article/view/3533>. Acesso em: 9 jul. 2025.

DE ALMEIDA RODRIGUES, Tayronne; NETO, João Leandro; DE SOUSA SILVA, Francisco Mário. O “PRINCÍPIO RESPONSABILIDADE” DE HANS JONAS: DISCUSSÕES ATUAIS SOBRE SUSTENTABILIDADE. *Ciência e Sustentabilidade*, v. 5, n. 2, p. 166-193, 2019.

SANTANA, A.S. de, SANTOS, G.R. dos. Impactos da seca de 2012-2017 na região semiárida do Nordeste: notas sobre a abordagem de dados quantitativos e conclusões qualitativas. IPEA. (Boletim regional, urbano e ambiental, 22). 2020. DOI : 10.38116/brua22art9.

SANTOS, Beatriz Feitosa Sandes dos. Análise da aceitabilidade popular quanto ao reúso de esgoto para fins potáveis e sua influência no desempenho desse tipo de projeto. 2021.

SANTOS, Eucymara França Nunes; SOUSA, Inajá Francisco de; LEITE, Igor Vieira. Regiões homogêneas em Sergipe agrupadas através dos Índices Climáticos. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 37, n. 4, p. 477-489, 2022.

SANTOS, Felype Noleto; COELHO, Pedro Augusto Alves; LIMA, Ronaldo Pereira. DESAFIOS ENFRENTADOS PELA AGRICULTURA FAMILIAR. *RevistaFT. Ciências Agrárias*, Volume 27 - Edição 128/NOV 2023.

SANTOS, Joyce da Silva dos; CABRAL, Letícia Gabriela D. Coutinho; SILVA, Roberto Marinho A. da. OS IMPACTOS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NO SEMIÁRIDO: estratégias de adaptação e mitigação da agricultura familiar. GT - GRUPO DE ESTUDOS E PESQUISA QUESTÃO SOCIAL, POLÍTICA SOCIAL E SERVIÇO SOCIAL. 25 Seminário de pesquisa do CCSA-UFRN, 2023.

SAHA, Asish et al. Vulnerability assessment of drought in India: Insights from meteorological, hydrological, agricultural and socio-economic perspectives. *Gondwana Research*, v. 123, p. 68-88, 2023.

SALGADO, R. J. DOS S. F.; SOUZA, W. J. DE .; FERREIRA, M. A. M.. Compra institucional de produtos da agricultura familiar: avaliando a execução do Programa de Aquisição de Alimentos pelas universidades federais. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v. 60, n. spe, p. e248030, 2022.

SCHMITT, J. F. A.; TAHIM, E. F. e TAVARES, J. C. S. Adoção de inovações no semiárido: um estudo com usuários de cisternas de polietileno. *Revista Gestão Social e Ambiental - RGSA*, São Paulo, v. 14, n. 3, p. 39-56, set./dez. 2020.

SCHUSTER, Percí Roberto; DEPONTI, Cidonea Machado. Os desafios enfrentados pela Agricultura Familiar para sua inserção na Diversificação da Produção de Alimentos. *Ágora*, v. 23, n. 2, p. 22-48, 2021.

SILVA, Gustavo Ribeiro da; FAGUNDES, Hugo de Oliveira; ZUFFO, Antônio Carlos; CARVALHO, Wallisson Moreira de. ANÁLISE DE TENDÊNCIAS HIDROLÓGICAS E EVENTOS EXTREMOS NO NORDESTE BRASILEIRO POR MEIO DE SÉRIES CENTENÁRIAS DE CHUVA E VAZÃO. XVII SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE. João Pessoa/PB, 2024.

SILVA, J. A. Gestão dos Recursos Hídricos e Agricultura no Semiárido Brasileiro. Editora XYZ, 2022.

SILVA, Maria Jaíne Ramos; PEIXOTO, Filipe da Silva; GUEDES, Josiel de Alencar; PEREIRA, Tayline Cordeiro. Tecnologias sociais hídricas e mitigação sobre os efeitos da insegurança hídrica no semiárido nordestino. *Acta Geográfica*, v. 18, n. 49, 2024. DOI: 10.18227/2177-4307.acta.v18i49.8094

SNIS - SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. Informações e indicadores municipais consolidados. Brasília, 2021. Disponível em: <http://app4.mdr.gov.br/serieHistorica/>. Acesso em 22 set. 2025.

SOUZA, Lucas Farias et al. Gestão dos recursos hídricos e seu impacto na agricultura da comunidade de Lamarão, Macaíba-RN. 2025.

SUWA, Raquel Emi et al. Áreas críticas: análise de disponibilidade e demanda frente ao potencial de escassez hídrica. 2023. Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

TELES, Gleyciane Bezerra. Águas para a educação: avaliação do Programa Cisternas nas Escolas no distrito de Arapari em Itapipoca-Ceará. 2024.

TOMAZ, Benedita Martins; FLORENTINO, Hugo da Silva. Tecnologias sociais de acesso à água enquanto estratégias de convivência com o semiárido: experiências e protagonismo da comunidade do Sítio Carcaré, São José da Lagoa Tapada-PB. Pesquisa e Ensino em Ciências Exatas e da Natureza, v. 5, 2021. DOI: 10.29215/pecen.v5i0.1706

TUNDISI, J. G. Recursos hídricos no século XXI. São Paulo: Oficina de Textos, 2017.

YANG, M.; CHEN, L.; WANG, J.; MSIGWA, G.; OSMAN, A. I.; FAWZY, S.; ROONEY, D. W.; YAP, P. Circular economy strategies for combating climate change and other environmental issues. Environmental Chemistry Letters, v. 21, p. 55-80, 2023.

ZANELLA, M. E. Considerações sobre o clima e os recursos hídricos do semiárido nordestino. Caderno Prudentino De Geografia, 1 (36). 2014. P. 126-142.