ISSN 1517-2627 / e-ISSN 2966-2443

Documentos

245

Rio de Janeiro, RJ / Dezembro, 2024

Avaliação econômica

Barragem subterrânea como uma alternativa para a sustentabilidade de agroecossistemas do Semiárido brasileiro

OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL
2 FOME ZERO E AGRICULTURA SUSTENTÁVEL

Embrapa
Solos

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Solos
Ministério da Agricultura e Pecuária

ISSN 1517-2627 / e-ISSN 2966-2443

Documentos 245

Dezembro, 2024

Avaliação econômica

Barragem subterrânea como uma alternativa para a sustentabilidade de agroecossistemas do Semiárido brasileiro

Veramilles Aparecida Faé
Igor Rosa Dias de Jesus

Embrapa Solos
Rio de Janeiro, RJ
2024

Embrapa Solos
Embrapa Solos
Rua Jardim Botânico, 1024.
Jardim Botânico
Rio de Janeiro, RJ
22460-000
www.embrapa.br/solos
www.embrapa.br/fale-conosco/

Comitê Local de Publicações

Presidente
Ana Paula Dias Turetta

Secretário-executivo
Marcos Antônio Nakayama

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

Edição executiva
Marcos Antônio Nakayama

Revisão de texto
Marcos Antônio Nakayama

Normalização bibliográfica
Luciana Sampaio de Araujo

Projeto gráfico
Leandro Sousa Fazio

Diagramação
Alexandre Abrantes Cotta de Mello

Foto da capa
Fernando Teixeira Gregio

Publicação digital: PDF

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

Faé, Veramilles Aparecida
Avaliação econômica : barragem subterrânea como uma alternativa para a sustentabilidade de agroecossistemas do Semiárido brasileiro / Veramilles Aparecida Faé, Igor Rosa Dias de Jesus. — Rio de Janeiro : Embrapa Solos, 2024.

PDF (16 p.) : il. color. – (Documentos / Embrapa Solos, e-ISSN 2966-2443 ; 245).

1. Barragem Subterrânea. 2. Análise Econômica. 3. Agricultura Familiar. 4. Sustentabilidade. I. Jesus, Igor Rosa Dias de. II. Título. III. Série.

CDD (23. ed.) 627.8

Luciana Sampaio de Araujo (CRB-7/5165)

© 2024 Embrapa

Autores

Veramilles Aparecida Faé
Economista, mestra em Economia e Gestão Empresarial, analista da Embrapa Solos, Rio de Janeiro, RJ

Igor Rosa Dias de Jesus
Engenheiro de produção, doutor em Engenharia de Produção, analista da Embrapa Solos, Rio de Janeiro, RJ

Apresentação

A barragem subterrânea é uma tecnologia social hídrica de captação e estocagem de água da chuva de uso expressivo no Semiárido brasileiro. Trata-se de uma tecnologia de domínio público, sendo objeto de pesquisa desde a década de 1980 pela Embrapa. A partir da década de 2000, a Embrapa Solos UEP Recife e parceiros centram esforços em estudos sobre a identificação e caracterização de solos mais adequados, além da avaliação da contribuição das barragens subterrâneas na sustentabilidade de agroecossistemas de base familiar, mostrando a relevância desta tecnologia nos âmbitos social, ecológico e econômico.

Esta tecnologia consiste na utilização de uma lona plástica que desce ao solo em profundidades de 3 a 6 metros em valas cavadas em áreas de declive, que retém a água a montante da barragem subterrânea, fazendo com que o solo fique umedecido durante o período de estio, de forma que estoque água para a produção de alimentos e consumo animal. A Embrapa Solos realiza, anualmente, estudos econômicos sobre a barragem subterrânea desde 2007, comparando os custos em relação aos benefícios resultantes das áreas onde a tecnologia está instalada, para compor o seu Balanço Social.

O presente estudo propõe analisar os impactos econômicos para os agricultores que adotam a barragem subterrânea, verificando os custos da construção, com e sem subsídios, em comparação aos benefícios do aumento de renda anual, através do excedente econômico na utilização da tecnologia e através dos indicadores de rentabilidade. Os indicadores utilizados foram: a Taxa Interna de Retorno (TIR), a Relação Benefício e Custo (B/C), e o Valor Presente Líquido (VPL). Verifica-se também a viabilidade econômica da opção dos agricultores pelo investimento e o tempo de retorno do valor investido (payback).

Os resultados obtidos na hipótese da construção da barragem subterrânea com os custos subsidiados preveem que o retorno do investimento aconteça no 3º ano de instalação; na opção sem subsídios, este retorno ocorre apenas no 4º ano.

Este trabalho atende ao Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) Objetivo 2 — Acabar com a fome, alcançar a segurança alimentar e melhoria da nutrição e promover a agricultura sustentável — estipulado pelas Nações Unidas (ONU), mais especificamente à meta 2.4 — Até 2030, garantir sistemas sustentáveis de produção de alimentos e implementar práticas agrícolas resilientes, que aumentem a produtividade e a produção, que ajudem a manter os ecossistemas, que fortaleçam a capacidade de adaptação às mudanças climáticas, às condições meteorológicas extremas, secas, inundações e outros desastres, e que melhorem progressivamente a qualidade da terra e do solo —, que pretende aumentar a proporção da área agrícola sob agricultura produtiva e sustentável.

.

Daniel Vidal Pérez
Chefe-Geral da Embrapa Solos

Sumário

Introdução 9

Beneficiários 9

Cadeia produtiva 10

Avaliação dos impactos econômicos e custos da tecnologia 10

Benefícios econômicos 11

Custos da tecnologia 11

Rentabilidade 13

Análise da taxa interna de retorno (TIR) 14

Relação benefício/custo (B/C) 14

Análise do valor presente líquido (VPL) 15

Conclusões 15

Referências 16

Introdução

A barragem subterrânea (BS) é uma tecnologia social hídrica que vem sendo implantada em diversas áreas do semiárido brasileiro e consiste, essencialmente, na utilização de uma lona plástica que desce no solo a profundidades de 3 a 6 metros, em valas cavadas pelos agricultores em áreas declivosas de seus agroecossistemas. Desta forma, como a água não escorre para o lado a jusante da barragem subterrânea por ficar interceptada ("barrada") pela lona plástica, o solo a montante permanece umedecido durante quase todo o ano, dependendo das chuvas ocorridas, tornando-se apto para o cultivo. Existe, também, a possibilidade de construção, conforme o tipo de BS, de um sangradouro/vertedouro para que, em casos de fluxos de água de chuva acima do esperado, o excedente seja eliminado (Silva et al., 2019; Jesus; Faé, 2023).

A ideia da barragem subterrânea, portanto, é que, em áreas de escassez hídrica prolongada, como no Semiárido brasileiro, a água das chuvas que ocorrem durante o ano fique concentrada no interior do solo a montante da lona (barragem subterrânea), de forma que a umidade do solo permita o cultivo durante todo o ano, inclusive em períodos intercalados de chuvas.

Trata-se de uma tecnologia relativamente simples, do ponto de vista técnico, mas extremamente relevante e importante do ponto de vista da contribuição para a melhoria da condição de vida das pessoas que vivem a realidade das secas no Brasil. A BS, que visa ao aumento da água disponível para o incremento da produção de alimentos e dieta animal, tendo em vista a obtenção de alimentos para as famílias agricultoras da região, contribui de forma efetiva para a inserção social e econômica desses agricultores na dinâmica produtiva do Semiárido brasileiro (Lima et al., 2018; Jesus; Faé, 2023).

A BS é de domínio público, e muitas pesquisas com essa tecnologia vêm sendo desenvolvidas desde a década de 1980 pela Embrapa e parceiros. Com o tempo, a tecnologia foi adaptada e melhorada, moldando-se a inovações, como a construção em linhas de drenagem e a utilização de lonas plásticas, em vez de pedras e cimento, aumentando o número de famílias beneficiadas e barateando o custo de construção.

A Embrapa iniciou estudos de avaliação da tecnologia barragem subterrânea a partir de 2007, quando, além de avaliar a tecnologia sob os aspectos social, ambiental e institucional, analisou o montante do valor investido pela Embrapa Solos no projeto de pesquisa, comparando-o com os benefícios gerados em áreas de adotantes a fim de identificar sua rentabilidade. Tais resultados são publicados anualmente no seu Balanço Social, utilizando a metodologia Ambitec-Agro (Ávila et al., 2008; Rodrigues et al., 2016).

Recentemente, a Embrapa Solos desenvolveu mais conhecimentos sobre a BS, através do projeto "Zoneamento edafoclimático participativo de áreas potenciais para construção de barragens subterrâneas no Semiárido do estado de Alagoas", doravante referido como ZonBarragem Alagoas, que teve por objetivo identificar áreas com potencial para a implantação de BSs, tendo como base o Zoneamento Agroecológico do Estado de Alagoas (ZAAL). É no projeto ZonBarragem Alagoas que vêm sendo focadas as avaliações de impacto realizadas desde o ano de 2018 (Jesus; Faé, 2023).

O objetivo do presente estudo é disponibilizar dados econômicos que auxiliem não só a família agricultora na opção de investir, mas também dar subsídios aos órgãos públicos que fomentam os recursos voltados às políticas públicas responsáveis por apresentar soluções para as questões da convivência com a seca no Semiárido brasileiro.

Os custos da construção serão comparados com o excedente de produção, ou benefícios econômicos, e os indicadores de rentabilidade refletirão se os investimentos da família na construção de uma barragem subterrânea serão economicamente viáveis, e em quanto tempo essa família poderá ter o retorno do investimento.

Beneficiários

Os beneficiários da BS são as famílias agricultoras que habitam em áreas rurais do Semiárido brasileiro. São agricultores e agricultoras que têm, em geral, baixo poder aquisitivo e propriedades de pequeno porte.

Essas famílias agricultoras têm realizado o redesenho de seus agroecossistemas a partir da adoção da barragem subterrânea, que tem proporcionado o uso de atividades agrícolas em áreas antes inaptas à agropecuária devido à escassez de água da chuva. Isso colabora efetivamente para fortalecer ou promover processos que estão acarretando a melhoria na qualidade de vida das famílias agricultoras socialmente vulneráveis, na sua capacidade de reprodução social e econômica.

Os resultados de projetos desenvolvidos pela Embrapa e parceiros evidenciam que as BSs estão criando oportunidades para o aumento na eficiência da produção agropecuária nos agroecossistemas do Semiárido brasileiro, aperfeiçoando a organização da família e, majoritariamente, proporcionando soberania e segurança alimentar e nutricional, com estímulo à diversificação do sistema agrícola produtivo e apropriação de novos conhecimentos (Silva et al., 2021; Jesus; Faé, 2023; Melo et al., 2023).

Cadeia produtiva

A cadeia produtiva das regiões mais secas do semiárido brasileiro está fortemente ancorada na agricultura e na pecuária desenvolvida em locais onde ocorrem longos períodos com escassez de chuvas. Após a adoção das BSs, a cadeia produtiva está sendo habilitada com cultivos diversos, antes não disponíveis, caracterizando-se por uma agropecuária de convivência com o Semiárido.

Os recursos, aqui entendidos como elementos necessários à produção agropecuária, são terra (terreno), água e sementes. Sem quaisquer desses insumos, não há processo de produção agrícola. A BS traz o acesso à água da chuva, que por sua vez possibilita o uso da terra e das sementes, promovendo o desenvolvimento da produção de agroecossistemas de base familiar.

A disponibilidade de água melhora também a qualidade do solo, já que evita que os nutrientes se percam através dos processos de erosão e de lixiviação. Soma-se a isso a valorização das propriedades nas quais as barragens subterrâneas estão instaladas, verificando-se um incremento no valor da propriedade dos agricultores/agricultoras, estimado entre 15% e 20%. Alguns agricultores e agricultoras afirmam que, após a instalação da barragem subterrânea, surgiu interesse, por parte de terceiros, na compra de suas propriedades, o que aponta para o fato de que essa tecnologia tem sido aceita pelo mercado, inclusive com aumento de demanda acompanhada por parceiros vinculados ao projeto.

Além da água e da propriedade, a BS também apresenta impactos positivos por aumentar a produção de sementes, o que tem permitido que muitos agricultores e agricultoras se tornem fornecedores, conhecidos em suas comunidades como guardiões de sementes.

Na parte do processo produtivo, pode-se dizer que a BS permite que este processo aconteça. Em muitos casos, trata-se da diferença entre produzir e não produzir, entre ter alimentos e não os ter.

No que diz respeito ao produto acabado e às estratégias de comercialização, pode-se perceber que a tecnologia não produz grandes mudanças na estrutura de compra e venda desses produtos. O excedente de produção geralmente é trocado com outros agricultores e, muitas vezes, doado. Eventualmente, esses produtos podem ser comercializados, gerando uma renda extra para o agricultor ou agricultora (Jesus; Faé, 2023).

Diante da importância da barragem subterrânea para o agroecossistema, o presente estudo se propõe a analisar o impacto econômico do investimento na construção de uma barragem subterrânea em dois diferentes custos, com e sem subsídios, comparados com o excedente de produção anual por hectare, também chamados de benefícios, obtidos pela unidade familiar que utiliza a tecnologia. Verifica-se, então, a rentabilidade através dos parâmetros da Taxa Interna de Retorno (TIR), da relação Benefícios e Custos (B/C) e do Valor Presente Líquido (VPL) durante o período de vida útil da barragem subterrânea, estimada em 20 anos.

Avaliação dos impactos econômicos e custos da tecnologia

Estima-se que haja, no Semiárido brasileiro, aproximadamente 3 mil barragens subterrâneas com áreas que variam entre 0,5 e 1,0 hectare, modelos Embrapa e a Articulação Semiárido Brasileiro (ASA Brasil), beneficiando, em média, uma área aproximada de 2.100 hectares.

A eficácia da BS se dá a partir de determinados níveis pluviométricos, para que possa haver a estocagem da água de chuva. Considera-se, para este estudo econômico, um cenário de chuvas regulares.

O levantamento de dados foi conduzido através de pesquisas de preços de produtos em supermercados e lojas de material de construção nas regiões dos estados de Alagoas, Bahia, Ceará, Paraíba, Pernambuco, Maranhão e Minas Gerais. Foram também realizadas consultas aos representantes da Articulação Semiárido Brasileiro (ASA Brasil), que são gestores de vários programas sociais de implantação de tecnologias sociais do governo federal.

O método para a obtenção dos dados desta análise pauta-se em informações sobre a produção e o

consumo das famílias, verificando seu excedente econômico e considerando o levantamento de preços comercializados nos locais onde as barragens subterrâneas se mantêm produtivas em regulares condições climáticas.

O excedente de produção foi comparado com o custo da construção de uma barragem subterrânea sob duas hipóteses: custos com subsídios e sem subsídios, consideradas as condições técnicas adequadas como local, tamanho e materiais, a durabilidade da BS e as condições hídricas. Através da rentabilidade, pode-se indicar ao agricultor e à agricultora o tempo de retorno do valor investido (*payback*).

Benefícios econômicos

Quando já construída a barragem, o(a) agricultor(a) deve aguardar o início das chuvas para iniciar os trabalhos de preparo do solo para posterior plantio. Nesta etapa, serão necessários gastos relacionados à mecanização agrícola e compra de sementes e mudas. Em alguns casos, também podem ser adquiridos animais para produção de carne, leite, ovos e derivados.

O cultivo na BS basicamente se destina ao consumo das famílias e é composto de grãos como: milho, feijão, feijão-de-corda e fava; raízes como macaxeira, batata-doce, cenoura, inhame e beterraba; hortaliças e legumes como alface, abobrinha, cebolinha, coentro, alho, repolho, tomate, chicória, couve, quiabo e pimentão; cucurbitáceas como abóbora, chuchu, melancia e melão; frutíferas como acerola, goiaba, manga, mamão, abacaxi, maracujá, graviola, caju, banana e coco; cana-de-açúcar e forragens como capim e palma, que são armazenados e servem para o estoque em silagem para a alimentação animal.

Com a tecnologia em pleno funcionamento, cada família mantém, em média, entre seis e oito cabeças de gado bovino ou caprino, geralmente duas delas produzindo leite. As aves, como galinhas e perus, são, em média, de 10 a 15 cabeças, e os porcos e/ou ovelhas, são, em média, de 5 a 10. Em época de chuvas, a média tende a aumentar, fazendo com que haja comercialização do excedente, como a venda de ovos e derivados de leite. Alguns agricultores e agricultoras chegaram a contabilizar 30 cabeças de gado e 50 aves. O plantel de criação se altera de acordo com a intensidade da estiagem. Em cenários mais secos, estima-se uma redução de 60% a 70% em relação a períodos mais chuvosos.

Há casos de agricultores e agricultoras que possuem apiários para produção e comercialização de mel, e outros produzem e comercializam sementes crioulas de melancia, feijão e outros grãos de cultivos regionais.

A produtividade calculada neste estudo levou em consideração a quantidade média do excedente de produção do beneficiário, obtida através de dados históricos das avaliações econômicas realizadas anualmente pela equipe da Embrapa Solos, entre os intervalos de 2007 até 2023. Considera-se, portanto, um acréscimo na produção anual de 375 kg da média produzida por hectare, com o uso da barragem subterrânea (Jesus; Faé, 2023).

O preço médio estimado da produção por quilograma foi feito com base em uma pesquisa de preços realizada em três mercados locais, que verificou o comportamento de 78 itens de consumo, os mais produzidos pelos agricultores e agricultoras, e resultou na estimativa de R$ 19,63/kg. Multiplicando-se esse valor pelo incremento de produção de 375 kg/ha, resultou-se em um incremento anual médio de renda de R$ 7.361,10 por hectare, como benefício ao adotante da barragem subterrânea.

Custos da tecnologia

Os custos totais da construção de uma barragem subterrânea são compostos pelo resultado algébrico da soma de todas as despesas realizadas com a aquisição de materiais para a construção, mais o custo da mão de obra para a prestação de serviços (Tabela 1). As informações para a construção foram recolhidas em campo com pesquisadores, técnicos e adotantes de barragens subterrâneas no Semiárido brasileiro.

Dados coletados em campo com pesquisadores, técnicos e adotantes de barragens subterrâneas.

A variação referente aos itens de custos com materiais e mão de obra tem por base a adoção do reajuste no Índice Geral de Preços – Disponibilidade Interna (IGP-DI), fornecido pelo Instituto Brasileiro de Economia (IBRE) da Fundação Getúlio Vargas (2024). Esse índice, de janeiro a dezembro de 2023, acumulou 3,30%. Quanto aos custos da hora de mão de obra, estes seguiram os parâmetros dos preços locais, tendo como base o mês de janeiro de 2024.

O tratamento dos dados desta análise consiste em comparar o valor do investimento realizado na construção de uma barragem subterrânea em

Tabela 1. Lista de materiais para construção de uma barragem subterrânea de 70 m de comprimento com área média de 0,7 ha.

Material	Unidade	Quantidade
Caçambas de areia grossa	un	2
Brita nº 1 ou 19 mm	m³	4
Lona de 8 m de largura e espessura de 200 micras	m	300
Cimento	sacos	25
Tábua de 30 cm	m	15
Madeirite de 1.0 x 2.20 x 10 mm	un	4
Varões de ferro 5/1”	un	20
Varões de ferro 3/8	un	30
Cola fórmica	kg	3
Prego para caibro	kg	2
Prego para ripa	kg	2
Arame queimado — recozido 18 bwg — 1,25 mm — 9,60 g/m	kg	3
Tijolos de cerâmica 8 furos — 10 x 20 x 20 cm	un	2000
Fita isolante antichama, uso até 750 v — rolo de 19 mm x 20 m	un	1
Mangueira D=1/2” para condução de água para serviços leves e médios	m	100
Aço CA-60 — 5,0 mm	kg	15
Pedra de mão ou pedra rachão para muro de arrimo	m³	1
Cabo de cobre isolamento antichama, 450/750 v — 10 mm flexível	m	150
Disjuntor monofásico 40A, 2KA (220 v)	un	1
Carro pipa de 8 mil litros	un	2
Caixa d’água de fibra de vidro — 1.500 litros	un	2
Anéis volumétricos de cimento de 50 cm de altura	un	10
Carro de mão	un	1
Bomba centrífuga com motor elétrico monofásico — 1/3 hp bocais 1 x 3/4 2020 v	un	1
Serviço		
Pedreiro — 1 pedreiro	diárias	5
Servente — 2 serventes	diárias	5
Retroescavadeira — 1 máquina	horas	24

diferentes cenários. No primeiro caso, os custos de construção incluem subsídios governamentais e de ONGs; no segundo caso, os custos de construção são considerados sem os subsídios. Cada um dos casos é comparado aos benefícios ou renda excedente para inferir os parâmetros de rentabilidade em diversos períodos de tempo.

A durabilidade de uma barragem subterrânea instalada é estimada em 20 anos, podendo ser expandida, a depender de sua manutenção. Os custos aproximados de construção variam de R$ 19.000,00 a R$ 27.000,00, cobrindo uma área de 0,7 hectares, com o poço, a caixa d’água, a bomba e a mangueira para irrigação. Em casos com o auxílio das prefeituras, secretarias e ONGs cedendo o maquinário e colaborando com os custos de mão de obra, o valor máximo varia entre R$ 19.000,00 e R$ 20.000,00 (valores considerando os estados de Alagoas, Bahia, Ceará, Paraíba, Pernambuco e Minas Gerais).

A tecnologia da barragem subterrânea possui a constante necessidade de manutenção, o que acontece com as orientações e a atuação da equipe de técnicos especializados que dão suporte aos agricultores e agricultoras. O presente estudo considerou uma manutenção a cada seis anos, no valor aproximado de 10% dos custos de instalação.

Rentabilidade

A Tabela 2 apresenta os valores de rentabilidade conforme os cenários de custos da barragem subterrânea.

Os custos estimados para a construção de uma barragem subterrânea devem levar em consideração o valor de R$ 20.000,00 em casos em que o agricultor obtenha subsídios das prefeituras, secretarias e ONGs, cedendo o maquinário e colaborando com os gastos de mão de obra, e de R$ 27.000,00 caso tenha que arcar com os recursos totais.

Os benefícios estimados são relativos ao excedente de produção. A média do excedente foi coletada dos estudos das análises econômicas em um período de 16 anos em diferentes cenários hídricos em seis estados da federação, sem e com o uso da tecnologia, obtida em relatórios institucionais de avaliação de impactos da Embrapa Solos.

O agricultor e a agricultora optantes da instalação da barragem subterrânea produzem, em média, 1.700 kg/ha de cultivo, além da criação de animais e produção de produtos derivados; sem a tecnologia, a produtividade média estimada encontrada foi de 1.325 kg/ha, resultando em um incremento de 375 kg/ha. Quando multiplicamos esse incremento pela média de preços dos 78 itens pesquisados nos mercados regionais a R$ 19,63/kg, isso gera um incremento na renda anual de R$ 7.361,10, mantida constante para os diferentes cenários de custos e tempo de duração da tecnologia.

Os indicadores de rentabilidade, como a Taxa Interna de Retorno (TIR), relação Benefício e Custos (B/C), e o Valor Presente Líquido (VPL), no limite para uma taxa de 6% ao ano, foram calculados em intervalos de 3, 4, 10, 15 e 20 anos (Tabela 2).

Os 10 cenários utilizados para o cálculo dos indicadores da rentabilidade foram construídos considerando a barragem com e sem subsídio e, em cada um dos casos, prevendo um tempo de uso de 3, 4, 10, 15 e 20 anos, inserindo-se os custos de manutenção a cada seis anos, quando aplicável (Tabela 2).

Tabela 2. Diferentes cenários de rentabilidade de uma barragem subterrânea.

Cenário[1]	Barragem (Custo em R$)	Benefício em R$/Ano	Manutenção [2]	Rentabilidade[3]		
				TIR (%)	B/C	VPL (taxa 6%aa) em R$
Cenário 1 – 3 anos	20.000,00	7.361,10	–	10,80	0,99	8.000,00
Cenário 2 – 4 anos	20.000,00	7.361,10	–	34,10	1,18	14.000,00
Cenário 3 – 10 anos	20.000,00	7.361,10	6º ano	56,20	1,83	41.000,00
Cenário 4 – 15 anos	20.000,00	7.361,10	6º e 12º ano	57,10	2,04	58.000,00
Cenário 5 – 20 anos	20.000,00	7.361,10	6º, 12º e 18º ano	57,20	2,11	70.000,00
Cenário 6 – 4 anos	27.000,00	7.361,10	–	6,10	0,94	7.000,00
Cenário 7 – 5 anos	27.000,00	7.361,10	–	18,40	1,08	13.000,00
Cenário 8 – 10 anos	27.000,00	7.361,10	6º ano	34,00	1,48	35.000,00
Cenário 9 – 15 anos	27.000,00	7.361,10	6º e 12º ano	36,10	1,67	51.000,00
Cenário 10 – 20 anos	27.000,00	7.361,10	6º, 12º e 18º ano	36,40	1,74	63.000,00

[1] Cenários de 1 a 5: custo com o auxílio das prefeituras, secretarias e ONGs cedendo o maquinário e colaborando com os custos de mão de obra. Cenários de 6 a 10: custo com o agricultor arcando com os recursos totais.

[2] 10% dos custos de instalação

[3] TIR: Taxa Interna de Retorno; B/C: Relação Benefício/Custo; VPL: Valor Presente Líquido.

Traço (–): informação não aplicável.

Análise da taxa interna de retorno (TIR)

A Taxa Interna de Retorno (TIR) é uma taxa de desconto que possui a função algébrica de igualar o Valor Presente Líquido (VPL) dos fluxos de caixa de um projeto no seu momento “zero” (Fortes, 2006).

O fluxo de investimento, neste caso, se caracteriza pela saída inicial dos custos ou gastos com a construção da barragem subterrânea, além dos recursos de manutenção da BS a cada 6 anos; as estimativas das receitas, ou benefícios, são entendidas como a média do excedente de produtividade que produz um incremento de renda obtida com a adoção da barragem subterrânea.

Se a Taxa Interna de Retorno (TIR) for maior do que a taxa de juros corrente no mercado (considerada a taxa de 6% ao ano), isso significa que o investimento realizado é viável.

Os resultados calculados e analisados mostram que a rentabilidade percentual da Taxa Interna de Retorno (TIR) supera os juros correntes do mercado em todos os 10 cenários, considerando o Índice de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) dos últimos 12 meses acumulados (Dezembro/2023), que foi de 4,62% (Tabela 2) (IBGE, 2024).

Os percentuais da TIR indicam que, se o agricultor e a agricultora optarem por realizar um investimento de R$ 20.000,00 com subsídios e três manutenções, uma a cada 6 anos, auferindo um excedente anual de renda de R$ 7.361,10 constante, terão um retorno de investimento nos seguintes parâmetros: em 3 anos, uma taxa de retorno de 10,80%; para um ciclo de 4 anos, o percentual de 34,10%; em 10 anos, uma TIR estimada de 56,20%; para a durabilidade de 15 anos, um retorno de 57,10%; e, na durabilidade de 20 anos, uma TIR estimada em 57,20%. Os resultados da TIR encontrada superam o IPCA acumulado em 12 meses (dezembro 2023) de 4,62%. Esses indicadores sinalizam que o retorno do investimento na construção da barragem subterrânea ocorre a partir do 3º ano nos cenários com subsídios. A partir dos anos seguintes, as taxas resultam em percentuais economicamente mais favoráveis (Tabela 2).

Caso o agricultor/agricultora invista o valor de R$ 27.000,00 sem subsídios e três manutenções em intervalos de 6 anos, considerando o incremento anual de renda de R$ 7.361,10, terá os seguintes retornos do capital investido: em 4 anos, a TIR de 6,10%; para um ciclo de 5 anos, o percentual de 18,40%; para o tempo de 10 anos, uma Taxa de Retorno de 34,00%; para 15 anos, a TIR de 36,10%; e, para 20 anos, a TIR estimada é de 36,40%. A taxa TIR somente ultrapassa 6% no 4º ano produtivo da barragem subterrânea. Com o aumento do investimento inicial, o retorno esperado se estende por mais um ano, porém, após este estágio, todas as taxas são superiores ao IPCA corrente de 4,62%, confirmando a viabilidade econômica do investimento (Tabela 2).

Os parâmetros da Taxa Interna de Retorno demonstram que, para o investimento de R$ 20.000,00 com subsídios, no 3º ano, o investimento retorna para o adotante; para os custos de R$ 27.000,00 no cenário sem subsídios, acontece o retorno do investimento a partir do 4º ano, considerando, em ambos os casos, os benefícios ou incrementos de renda constantes de R$ 7.361,10 durante o período de vida útil aqui estimado em 20 anos. Fica demonstrado, neste caso, que as taxas TIR são superiores às taxas de juros correntes, o que mostra uma viabilidade econômica favorável com retorno econômico indicado para investimento no curto prazo: ou seja, a barragem subterrânea “se paga” nos primeiros 3 a 4 anos (Tabela 2).

Relação benefício/ custo (B/C)

O critério desta análise consiste em obter um fluxo de receitas/benefícios gerados pela utilização da barragem subterrânea, contrapondo-os com os fluxos de despesas ou do desembolso do valor gasto na obra. Então, calcula-se o quociente, obtendo-se a relação entre benefício/custo (B/C). Se os custos forem menores que os benefícios, o projeto apresenta-se viável economicamente.

As relações de B/C encontradas foram as seguintes: para o investimento de R$ 20.000,00 com subsídios e três manutenções, uma a cada 6 anos, e benefícios constantes de R$ 7.361,10, o B/C encontrado será de 0,99 em 3 anos; para 4 anos, uma relação de 1,18; se o agricultor produzir em 10 anos, o B/C é de 1,83; no intervalo de 15 anos, um B/C de 2,04; e, para 20 anos, a relação B/C é de 2,11. Ou seja, em 20 anos, o retorno é de R$ 2,11. Isto significa dizer que, para cada real investido, o retorno é de R$ 0,99; R$ 1,18; R$ 1,83; R$ 2,04 e R$ 2,11, respectivamente, aos intervalos de 3 anos, 4 anos, 10 anos, 15 anos e 20 anos (Tabela 2).

Quando o valor investido na barragem subterrânea for sem subsídio ou R$ 27.000,00, com três manutenções a cada 6 anos, e adicional de renda constante de R$ 7.361,10, a relação B/C encontrada será de: 0,94 em 4 anos; em 5 anos, 1,08; em 10 anos, será 1,48; no tempo de 15 anos, uma relação B/C de 1,67; e, para a durabilidade de 20 anos, 1,74. Isso significa que, para cada real investido, o retorno em reais em 20 anos será de R$ 1,74 e assim sucessivamente (Tabela 2).

Os dois exemplos refletem a premissa de que o agricultor/agricultora tem mais vantagens quando se expande o tempo de uso da barragem subterrânea. Além disso, se ele/ela conseguir reduzir seus custos no momento da construção e manutenção, ou aumentar a produtividade da área beneficiada com a barragem subterrânea, o período do retorno do investimento (*payback*) se antecipa e os indicadores de rentabilidade melhoram. Nesses casos, no parâmetro de rentabilidade Benefício/Custo, o tempo do retorno do capital investido é pouco mais de 3 anos para investimentos com subsídios, e pouco mais de 4 anos para investimentos sem subsídios, endossando as mesmas etapas de retorno de rentabilidade do indicador TIR (Tabela 2).

Análise do valor presente líquido (VPL)

Outra maneira de avaliar a rentabilidade de um investimento e quais limites de recursos são viáveis aos aportes no decurso entre a instalação da BS e o período de vida útil da mesma é o indicador do Valor Presente Líquido (VPL). Ele aponta até que valores se tornam adequados reinvestir na barragem subterrânea, considerando um limite de 6% ao ano para o percentual da taxa de juros.

Os valores do VPL limites obtidos até a taxa de 6% ao ano, resultantes da combinação das variáveis de tempo, custos e benefícios, são: para custos da BS em R$ 20.000,00 com três manutenções e benefícios de R$ 7.361,10 constantes para os 3 anos iniciais, o valor de até R$ 8.000,00; no 4º ano, até R$ 14.000,00; em 10 anos, o valor limite de R$ 41.000,00; em 15 anos, um VPL de até R$ 58.000,00; e, para o período total de vida útil de 20 anos, um valor limite de até R$ 70.000,00 (Tabela 2).

Se o valor investido na barragem subterrânea for de R$ 27.000,00 com três manutenções, uma em cada 6 anos, e renda anual de R$ 7.361,10, é possível observar os seguintes valores limites para uma taxa de juros de 6% ao ano: para 4 anos, um VPL de até R$ 7.000,00; para 5 anos, até R$ 13.000,00; em 10 anos, R$ 35.000,00; em 15 anos, até R$ 51.000,00; e, para o período de 20 anos, até o limite de recursos de R$ 63.000,00 (Tabela 2).

Conclusões

Antes de retomarmos o tema da análise econômica aqui discutido, é importante destacar a importância que a barragem subterrânea tem proporcionado para as famílias do Semiárido brasileiro, por fortalecer espaços de diálogos e de interação, por meio da participação e da consolidação ativa de uma rede sociotécnica local, bem como por fortalecer a sustentabilidade de sistemas produtivos locais, valorizando aspectos socioculturais, ecológicos e econômicos relacionados à segurança hídrica.

Quanto ao tema central deste trabalho, em todas as hipóteses de avaliações analisadas e comparadas com as taxas de juros vigentes no mercado, fornecidas pelo IPCA do IBGE (2024), que foi de 4,62% nos últimos 12 meses (com posição em dezembro/2023), a rentabilidade do indicador da Taxa Interna de Retorno (TIR) foi maior que o índice oficial do IPCA para todos os cenários calculados, do 3º até o 20º ano, para o investimento de R$ 20.000,00, e a partir do 4º até o 20º ano, para o investimento de R$ 27.000,00.

Os resultados do indicador da TIR superam as taxas de juros correntes do mercado e garantem a viabilidade econômica do investimento, que aponta no 3º ano a taxa de 10,80% para o custo com subsídios, e 6,10% para o 4º ano em *payback* para o cenário sem subsídios. Nas hipóteses de os custos baixarem e os benefícios aumentarem no período de vida útil da barragem subterrânea, estimada neste estudo em 20 anos, as taxas podem aumentar, o que teria como consequência a aceleração do período de retorno do investimento da BS no curto e no médio prazo.

As observações quanto aos resultados dos benefícios confrontados com os custos – relação B/C, que compara quantos reais retornam em cada valor investido de R$ 1,00 – indicam que apenas dois valores são inferiores a R$ 1,00 nos cenários estudados, ocorrendo até o 3º ano do investimento de R$ 20.000,00 (0,99) e até o 4º ano do investimento de R$ 27.000,00 (0,94), que se recuperam imediatamente no ano seguinte, até o 20º ano, com valores

sempre maiores que 1 (um). Desse modo, sinaliza-se que, sob o prisma deste indicador, é viável economicamente o desembolso de investimento na construção da barragem subterrânea.

Os limites para gastos a serem realizados durante a vida útil da barragem subterrânea, ou o Valor Presente Líquido (VPL) até uma taxa de juros de 6% ao ano, variam de aproximadamente: R$ 8.000,00 (3 anos) até R$ 70.000,00 (20 anos) para os cenários em que os investimentos na tecnologia são de R$ 20.000,00; e os valores de aproximadamente R$ 7.000,00 (4 anos) até R$ 63.000,00 (20 anos) para os custos de R$ 27.000,00. Este indicador também atesta a viabilidade econômica da barragem subterrânea.

Através dos indicadores de rentabilidade, conclui-se que os retornos dos investimentos são bem mais favoráveis se a barragem subterrânea custar o valor de R$ 20.000,00 (com subsídios), indicando que, no 3º ano, os benefícios se equiparam aos custos. Para uma barragem subterrânea onde o investimento é de R$ 27.000,00 (sem os subsídios), os benefícios se igualam aos custos a partir do 4º ano.

Portanto, sob o ponto de vista da rentabilidade econômica obtida em 10 cenários e considerando o resultado dos três parâmetros (TIR, VPL e relação B/C), todos os indicadores de rentabilidade foram positivos e viáveis economicamente para opções de investimento, revelando a garantia de retorno dos recursos aportados na construção de uma barragem subterrânea, com vida útil de 20 anos.

É importante ressaltar que, na elaboração deste estudo, em todos os cenários, custos com e sem subsídios em diferentes períodos de tempo, os benefícios ou incrementos de renda foram considerados constantes. Dessa forma, qualquer variação no incremento de renda ocasionada pelo aumento de produção ou elevação nos preços dos produtos pode elevar significativamente os índices de rentabilidade, reduzindo ainda mais o tempo do retorno do investimento.

REFERÊNCIAS

ÁVILA, A. F. D.; RODRIGUES, G. S.; VEDOVOTO, G. L. (ed.). **Avaliação dos impactos de tecnologias geradas pela Embrapa**: metodologia de referência. Brasília, DF: Embrapa, 2008. 189 p. Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/132174/1/MetodologiaReferenciaAvalImpactoEmbrapa.pdf. Acesso em: 27 ago. 2024.

FORTES, E. de S. **Análise de investimentos e tomada de decisão**. Rio de Janeiro: Publit, c2006.

FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS. **IGP-DI dezembro de 2023**. 5 jan. 2024. Disponível em: https://portalibre.fgv.br/node/9680/. Acesso em: 11 jan. 2024.

IBGE. **Inflação**. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/explica/inflacao.php/. Acesso em: 11 jan. 2024

JESUS, I. R. D. de; FAE, V. A. **Relatório de avaliação dos impactos de soluções tecnológicas geradas pela Embrapa**: barragem subterrânea: uma opção de sustentabilidade para o Semiárido do Nordeste. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2023. 36 p.

LIMA, A. de O.; LIMA-FILHO, F. P.; DIAS, N. da S.; REIS JÚNIOR, J. A. dos; SOUSA, A. de M. GPR 3D profile of the adequateness of underground dams in a subwatershed of the Brazilian Semiarid. **Revista Caatinga**, v. 31, n. 2, p. 523-531, abr./jun. 2018. DOI: https://doi.org/10.1590/1983-21252018v31n230rc.

MELO, R. F. de; LIMA, P. H. C.; ARAÚJO, E. R.; SILVA, M. S. L. da; OLIVEIRA, A. R. de; ANJOS, J. B. dos. Integração de tecnologias hídricas para sustentabilidade de sistemas agroecológicos no Semiárido brasileiro. In: MELO, R. F. de; CARDOS0, I. M.; LIMA, P. H. C.; FREITAS, H. R. (ed.). **Água e agroecologia**. Brasília, DF: Embrapa, 2023. v. 7, cap. 6, p. 249-277. (Coleção Transição Agroecológica, 7). Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/doc/1158564/1/Integracao-de-tecnologias-hidricas-paea-sustentabilidade-de-sistemas-2023.pdf. Acesso em: 27 ago. 2024.

RODRIGUES, G. S.; PIMENTA, S. C.; CASARINI, C. R. A. **Ferramentas de avaliação de impactos ambientais e indicadores de sustentabilidade na Embrapa**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2016. 21 p. (Embrapa Meio Ambiente. Documentos, 105). Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/157804/1/2016DC07.pdf. Acesso em: 9 set. 2024.

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: 9 set. 2024.

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. Disponível: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/229733/1/Barragem-subterranea-acesso-e-usos-multiplos-da-agua-2021.pdf. Acesso em: 9 set.

CGPE 018809