

# Barragem subterrânea no Semiárido do Ceará: caracterização e análise da viabilidade econômica

Francisco Mavignier Cavalcante França<sup>1</sup>,

José César Vieira Pinheiro<sup>2</sup> e

Rosemeire Melo Carvalho<sup>3</sup>

---

## Resumo

As limitações de solo e a pluviosidade do Semiárido cearense desafiam os agentes governamentais na busca de melhorias para as condições de vida do homem do campo e de redução da pressão sobre o meio ambiente. Uma alternativa que pode contribuir para esta melhoria é a barragem subterrânea. Por meio da análise custo-benefício, identificou-se a viabilidade financeira e econômica de uma barragem subterrânea padrão. Para investimento de R\$ 14.717,00 e custos operacionais de R\$ 3.236,00 aplicados na barragem padrão, encontrou-se: lucratividade de 58,0%, recuperação dos investimentos em 3,5 anos e renda familiar de R\$ 865,16/mês. Quanto à análise custo-benefício econômica do projeto, a Relação Benefício-Custo (B/C) foi de 2,14 e a Taxa Interna de Retorno

## Abstract

*The limitations of soil and rainfall at Ceará's semiarid challenge the government agents in pursuit of improving the living conditions of the countryside man and reduce pressure on the environment. An alternative that can contribute to this improvement is the underground dam. Through cost-benefit analysis, it was identified the financial and social viability of a standard dam. For investments of R\$ 14,717.00 and operating costs of R\$ 3,236.00 applied on the standart underground dam, it was found: 58,0% of profitability, 3,5 years for recovery of investments, family income of R\$ 865,16 per month. About the economic cost-benefit (B/C) analysis of the project, the ratio B/C was 2.14 and the internal rate of return (IRR) was 212%. From a financial approach the IRR was 60.62% and the B*

---

1 Doutor em Desenvolvimento e Meio Ambiente Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (Prodema) da Universidade Federal do Ceará da (UFC), Técnico do Instituto Centro de Ensino Tecnológico do Ceará.

2 Doutor, Professor da Universidade Federal do Ceará, Departamento de Economia Agrícola.

3 Doutora, Professora da Universidade do Ceará, Departamento de Economia Agrícola, Campus do Pici.

(TIR), de 212%. Sob o enfoque financeiro, a TIR foi de 60,62% e a B/C, de 1,63. Os indicadores encontrados sinalizam a alta viabilidade da barragem subterrânea.

*/ C was 1.63. The indicators found indicate the high viability of underground dam.*

**Palavras-chave:** Barragem subterrânea. Análise custo-benefício. Semiárido do Ceará.

**Keywords:** *Underground dam. Cost-benefit analysis. Ceará's semiarid.*

## 1. Introdução

A zona semiárida do Estado do Ceará, segundo Pereira Jr. (2007), corresponde a 86,8% de seu território e insere-se na porção do Semiárido brasileiro com as maiores limitações de solo e pluviosidade. As principais características dessa região, relacionadas com o objeto deste artigo, são: a) pluviosidade baixa e irregular; b) rios intermitentes; c) balanço hídrico negativo durante grande parte do ano; d) insolação muito forte (2.800 horas/ano); e e) solos oriundos de rochas cristalinas, rasos, pouco permeáveis, sujeitos à erosão e de razoável fertilidade natural.

Para esse cenário, Silva *et al.* (2007b) afirmam que uma alternativa tecnológica que contribui com a redução dos efeitos negativos dos longos períodos de estiagem (junho a dezembro) é a barragem subterrânea. Essa alternativa consiste em uma técnica para incrementar a disponibilidade de água no solo e reduzir os riscos das explorações agrícolas, viabilizando a agricultura em pequenas e médias propriedades rurais.

A utilização de barragem subterrânea não é recente nem se restringe ao Brasil. Cirilo *et al.* (2003) referem-se às regiões agrícolas italianas da Calábria e da Sicília, que utilizam irrigação de pomares e plantações de hortaliças a partir de barragens subterrâneas. Informam, também, a existência de “diques subterrâneos” no rio Los Sauces, na Argentina, e relatam experiências antigas, na utilização desta tecnologia, da época do Império Romano e no norte da África.

No Brasil, especialmente na Região Nordeste, as experiências são muito significativas e tiveram início na década de 1980. Em praticamente todos os estados nordestinos, foram construídas tais barragens.

Este estudo objetiva analisar a viabilidade, sob a ótica financeira e econômica, da implantação e operação de barragens subterrâneas no Semiárido do Ceará. Assim, por meio da análise custo-benefício de uma barragem subterrânea padrão, espera-se que os resultados obtidos sirvam para subsidiar políticas públicas e ações dos agentes privados, orientadas para a convivência sustentável com o Semiárido.

O contexto desta análise enfoca os esforços empreendidos para a disseminação das barragens subterrâneas na região semiárida do Brasil, que padecem do mesmo viés verificado com os perímetros públicos de irrigação, ou seja, dá-se ênfase à construção da obra de engenharia, ficando em segundo plano o envolvimento e a capacitação do irrigante, bem como o planejamento e a viabilização das explorações econômicas e dos usos sociais. A propósito, Cirilo *et al.* (2003) registram os resultados de uma pesquisa sobre a utilização de 151 barragens subterrâneas localizadas em Pernambuco (PE), identificando “94 barragens ativas: aquelas que já foram utilizadas pela comunidade ao menos uma vez após a sua construção; e 57 barragens inativas: nunca foram utilizadas pela comunidade”.

A partir dessas constatações, este artigo pretende, dentre seus objetivos, oferecer subsídios para mitigar esta problemática.

O artigo está estruturado em quatro partes, iniciando com a *Introdução*, onde se encontram a justificativa, a importância e os objetivos da abordagem. A segunda parte traz a *Revisão de literatura*, com foco na temática de barragem subterrânea, considerando, ainda, incursões na experiência internacional e encerrando com os comentários referentes à metodologia utilizada. No item especificamente referente à *Metodologia*, é feita a caracterização da barragem subterrânea e são expostas experiências exitosas, vantagens e desvantagens, potencialidades, legislação ambiental, estrutura de investimentos e custos e receitas. São apresentados, também, os métodos utilizados para as avaliações financeira e econômica, com destaque para a análise custo-benefício.

Na sequência, são abordados os *Resultados e as reflexões*, a partir da utilização das técnicas selecionadas e dos indicadores analisados: renda bruta, renda líquida, *payback*, taxa interna de retorno, além do valor presente líquido e da relação custo-benefício.

## 2. Revisão de literatura

Neste tópico, serão abordados apenas os aspectos relacionados à avaliação financeira e econômica de projetos que envolvem barragens subterrâneas, com destaque para: investimentos iniciais, custos, receitas operacionais e indicadores de viabilidade. Em uma avaliação econômica, feita por meio da análise custo-benefício, busca-se medir os efeitos de decisões de investimentos sobre o bem-estar dos países, das regiões ou dos grupos sociais alcançados e/ou beneficiados pelos projetos. Quando a avaliação for financeira, o objetivo é conhecer os impactos nos empreendimentos privados, numa ótica microeconômica.

Os estudos alusivos à exploração agropecuária em barragens subterrâneas são poucos e as informações registradas não são suficientes para estabelecer um padrão de análise consistente. Silva *et al.* (1998) apresentam uma conta cultural por hectare (ha) - valores corrigidos para dezembro de 2012 - para exploração de feijão *caupi* (R\$ 297,00), milho (R\$ 261,00) e sorgo (253,75) em barragem subterrânea, localizada em Petrolina (PE). Também, apresentam a conta cultural para fruteiras (manga, graviola, limão, goiaba e acerola) na base de R\$ 488,00 por hectare.

A Tabela 1 apresenta o valor do investimento na construção de barragem subterrânea encontrado no Brasil e no exterior:

**Tabela 1.** Valor do investimento de barragens subterrâneas, segundo a localidade

Fonte da informação	Valor em Real - (dez/2012) <sup>1</sup>		Localização
	Investimento barragem	Investimento produção agrícola	
Oliveira (2010)	5.380,00	---	Nordeste do Brasil
VSF.Belgium (2006)	4.278,00	---	Quênia/África
Silva <i>et al.</i> (2007a)	3.920,00	---	Nordeste do Brasil
Waldir Duarte <sup>2</sup> - 2003	7.148,00	---	Nordeste do Brasil
Foster e Tuinhof (2004)	6.154,00	10.194,00	Pernambuco/Brasil
Barragem subterrânea proposta neste artigo	4.993,00	9.002,00	Ceará/Brasil

Fonte: elaboração dos autores com base nas fontes constantes da primeira coluna desta tabela.

(<sup>1</sup>) Valores atualizados pelo Índice Geral de Preços do Mercado (IGP-M) da Fundação Getúlio Vargas.

(<sup>2</sup>) Entrevista concedida à Universidade Livre do Meio Ambiente do Nordeste (Unieco), disponível em: <<http://ibps.com.br/tag/noticias/page/265/>>.

Silva *et al.* (2007b) afirmam que “a barragem subterrânea permite ao agricultor cultivar, com sucesso, conforme a tradição da região, os plantios tradicionais de grãos (milho e feijão), forragem (sorgo e capim), algodão, macaxeira, mandioca, cana-de-açúcar e hortaliças, entre outros”.

O único estudo identificado pelos autores, com avaliação financeira, foi o de Cirilo *et al.* (2003), em que são analisados os indicadores financeiros das 19 barragens da região de Mutuca (PE). Por meio da análise custo-benefício financeiro, encontraram relação benefício-custo = 1 e uma taxa interna de retorno (TIR) de 6,48%, considerando um horizonte de 10 anos e uma taxa de desconto de 12% a.a.

A inviabilidade identificada no grupo de barragens de Mutuca (PE) parece ter sido motivada pelo uso de parâmetros muito elevados para este tipo de projeto. Caso a taxa de desconto tivesse sido de 6%, equivalente à taxa de remuneração da poupança, e se fossem desconsideradas as barragens inapropriadas para utilização produtiva, certamente haveria viabilidade financeira do projeto.

Existem algumas críticas quanto à aplicação de metodologias de análise custo-benefício, por serem propostas por organismos internacionais. Para Da Motta (1988), as críticas baseiam-se, principalmente, no entendimento de que esses métodos, ao adotarem como parâmetros os preços internacionais, a taxa de desconto maior que a de mercado e o custo social da mão de obra menor que o privado, estariam inviabilizando todo o processo de industrialização brasileiro, via substituição de importação.

Mesmo admitindo a sensatez das críticas, em termos práticos, os principais financiadores de projetos do tipo barragem subterrânea são internacionais, tais como Banco Mundial e Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID), que exigem a análise custo-benefício nos financiamentos que concedem.

Sob o ponto de vista da otimização dos recursos disponíveis no estabelecimento rural, o referencial teórico básico deste artigo está embasado no postulado da ciência econômica denominado “economia de escopo”, que é medida pela porcentagem de redução nos custos, ao se produzir dois ou mais produtos conjuntamente, ao invés de produzi-los individualmente (PINDYCK; RUBINFELD, 2005). Segundo Guimarães; Guanziroli (2005), “as economias de escopo são muito comuns nas áreas rurais e nos estabelecimentos familiares, cujos sistemas produtivos se caracterizam por combinar duas ou mais atividades ou linhas de produção (módulo de produção) numa mesma firma, sendo, assim, mais eficientes que os que produzem separadamente”.

Por sua vez, sob a ótica da eficiência alocacional da barragem subterrânea e da consequente distribuição de renda, o referencial teórico considerado diz respeito aos postulados da economia do bem-estar. Esta procura determinar, simultaneamente, a eficiência de alocação dentro de uma economia e a distribuição de renda a ela associada.

### 3. Metodologia

#### 3.1. Objeto e área de estudo

Os objetos desse estudo são a barragem subterrânea e sua utilização plena, considerando essa tecnologia social como muito apropriada para a região semiárida do Nordeste do Brasil.

Para o Instituto de Tecnologia Social (ITS) (2004), a tecnologia social diz respeito ao “conjunto de técnicas e metodologias transformadoras, desenvolvidas e/ou aplicadas na interação com a população e apropriadas por ela, que representam soluções para inclusão social e melhoria das condições de vida”.

Cirilo *et al.* (2003) a definem como sendo “uma obra caracterizada por um barramento artificial do fluxo de água subterrânea, construído comumente encaixado no leito do riacho, com o[s] fim[s] de manter elevado o nível freático, aumentar o armazenamento de água e estabelecer condições favoráveis de captação à montante. Tais características evitam que a água, no aquífero aluvional, continue a escoar até que se esgote com o fim do período de chuvas”.

Oliveira *et al.* (2010), por sua vez, afirmam que barragem subterrânea consiste em construir um septo no depósito aluvional de um rio ou riacho, com a finalidade de impedir que a água, nele acumulada, continue a escoar durante o período de estiagem. Como resultado, tem-se, à montante, um substrato úmido para cultivo agrícola e oferta de água para o consumo humano e animal. A barragem subterrânea é uma estrutura hídrica de baixo custo, de processo simples de construção e operação, podendo ser construída em grande escala, desde que as condições naturais sejam favoráveis.

A barragem subterrânea pode ser construída por meio de várias modalidades, destacando-se, no Nordeste do Brasil, as modalidades denominadas de *Caatinga*, *Costa e Melo* e *CPATSA/Embrapa*. O modelo *Costa e Melo* (Figuras 1 e 2) foi o escolhido para a análise deste estudo por apresentar várias facilidades de construção e manejo, além de ser o mais disseminado. Esse tipo de barramento apresenta, como característica básica, a utilização de lona plástica como material impermeável na construção do septo da barragem. “A maior parte das barragens, numa percentagem superior a 90%, possui profundidade máxima de 3 m [metros] e extensão máxima de 50 m do eixo barrável” (CIRILO; COSTA, 1999).

Este estudo orienta-se na experiência do Programa de Desenvolvimento Hidroambiental (Prodhm)<sup>4</sup>, executado no município de Canindé, Ceará (CE). O referido programa foi conduzido pela Secretaria dos Recursos Hídricos (SRH) do Estado do Ceará e financiado pelo Banco Mundial. Além da microbacia hidrográfica do rio Cangati, em Canindé, foi estendido a mais três microbacias, em ações realizadas de 1999 a 2009. Nessas quatro localidades, foram construídas, em parceria com as comunidades locais e em propriedades privadas, 27 barragens subterrâneas. Considerando o caráter experimental e didático do Prodhm, todo o custo e/ou a orientação técnica do processo de escolha do local, a construção e o aproveitamento socioeconômico das barragens subterrâneas foram assumidos pelo projeto (FRANÇA *et al.*, 2010).

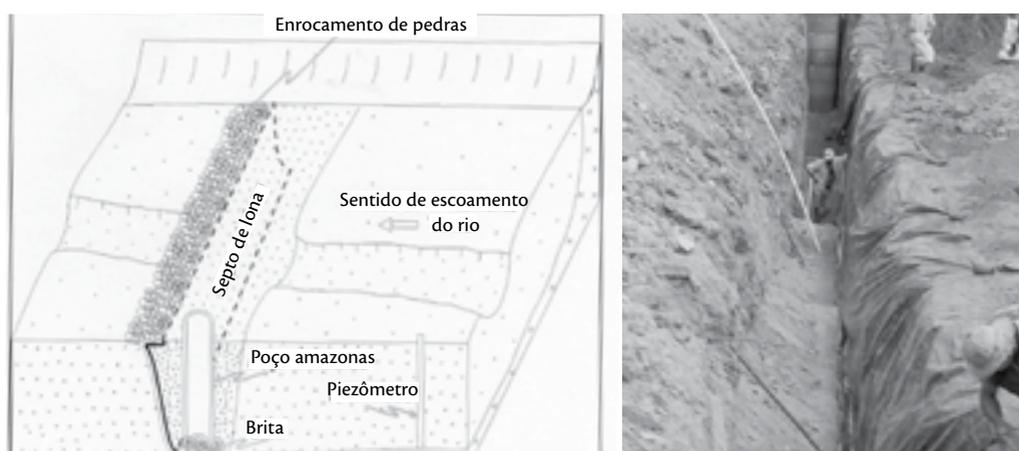


Figura 1. Desenho esquemático e detalhe da construção de uma barragem subterrânea no Modelo Costa e Melo

Fonte: Cirilo; Costa (1999).

<sup>4</sup> O Prodhm é um projeto de caráter piloto, ações articuladas e sustentáveis, que tem como objetivo a recuperação e conservação hidroambiental de microbacias hidrográficas situadas em áreas degradadas do semiárido cearense, como Rio Cangati, Rio Pesqueiro, Riachos Salgado/Oiticica e Rio Batoque, nos municípios de Canindé, Aratuba, Pacoti/Palmácia e Paramoti, respectivamente. Fonte: <<http://www.sohidra.ce.gov.br/index.php/prodhm>>.



**Figura 2.** Aspecto da construção e exploração econômica de uma barragem subterrânea.

Fonte: Oliveira et al. (2010).

A barragem *Modelo Costa e Melo* caracteriza-se por: a) escavação (manual ou mecânica) de uma trincheira retilínea perpendicular à direção do escoamento; b) septo impermeável ao longo da trincheira, com uso de lona de polietileno; c) um ou mais poços amazonas à montante, d) encaixe enfileirado de pedras, sem rejunte, sobre o septo; e e) um ou mais piezômetros ao longo da bacia hidráulica da barragem.

As principais vantagens desse modelo de obra geoambiental são: a) rapidez de execução (um a dois dias, se mecanizada); b) baixo custo de construção; c) execução com mão de obra local; d) condições de controle do processo de salinização; e) permissão de monitoramento do nível da água ao longo do ano; f) utilização de forma conjunta à exploração agropecuária em regime de subirrigação; g) fonte de água potável para os animais e as famílias da comunidade do entorno; e h) fonte de renda para o agricultor durante a entressafra.

As desvantagens são: a) custo maior que o modelo Caatinga; b) não adequação a todo tipo de ambiente; c) falta de conhecimento básico sobre barragem subterrânea por parte dos agricultores; e d) ausência de percepção da importância dos estudos de locação.

O potencial fisiográfico do Estado do Ceará para a construção de barragens subterrâneas reside no fato de existirem 195.700 ha de solos do tipo neossolo flúvico, ou seja, aluviões de rios e riachos, onde podem ser construídas as barragens subterrâneas (IPLANCE, 1997). Atualmente, essas manchas de solo são subaproveitadas e vislumbra-se que poderão ser, em grande parte, potencializadas com explorações agrícolas, por meio das barragens subterrâneas.

As barragens subterrâneas são, necessariamente, localizadas em áreas de preservação permanente, em razão de serem barramentos de cursos de rios e riachos, e caracterizam-se como uma obra típica de agricultura de vazante. Para isso, a Resolução nº 425/2010 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama) define os casos excepcionais de interesse social, em que o órgão ambiental competente pode regularizar a intervenção ou supressão de vegetação em Área de Preservação Ambiental Permanente (APP) para agricultores familiares.

A área estudada, objetivando fornecer os principais subsídios para a construção e avaliação do padrão de barragens subterrâneas, abrange a microbacia hidrográfica do rio Cangati, em Canindé, onde foram construídas quatro barragens subterrâneas (Tabela 2).

Com a finalidade de delinear um padrão de exploração sustentável para barragens subterrâneas no Semiárido do Estado do Ceará, foram incorporados à proposta deste artigo os seguintes procedimentos, técnicas e enfoques, compatíveis com a natureza dessa tecnologia: (i) adoção das tecnologias de exploração de vazantes em bases mais modernas; (ii) consideração da barragem subterrânea e sua área de influência como um módulo de produção da propriedade; (iii) produção de bens que alcancem preços mais elevados, por serem produzidos na época de estiagem (entressafra); (iv) utilização da subirrigação (vazante), por requerer pouca mão de obra e energia elétrica; (v) exploração dos cultivos, visando à produção agroecológica; e (vi) 100% de mão de obra familiar utilizada no módulo de produção.

**Tabela 2.** Dados básicos das barragens subterrâneas existentes na microbacia hidrográfica do rio Cangati, em Canindé (CE)

Barragens	Localização coordenadas	Profundidade média (m)	Comprimento do eixo (m)	Bacia hidráulica (ha)
Riacho Chicote	458151 N 9484074 S	4,5	39,6	1,3
Riacho Salgadinho	458526 N 9488844 S	2,7	25,5	3,9
Riacho Felão I	455500 N 9489822 S	4,6	51,9	7,6
Riacho Felão II	456094 N 9489636 S	3,7	42,5	
Valores médios	---	3,9	39,9	4,2

Fonte: elaborado pelos autores, com base em SRH-CE/Funceme (2010).

O padrão de barragem subterrânea proposto, dentre as várias alternativas estudadas, teve como referência a realidade das barragens construídas pela SRH-CE/Prodham, em Canindé, e as dimensões médias consideradas foram: 50 m de comprimento do eixo barrado, 3,5 m de profundidade e 3 hectares de área agricultável, sendo 2 ha à montante e 1 ha à jusante.

A planilha de custos e receitas utilizada para essa análise foi a do ano de estabilização do fluxo financeiro (ano 2), que é de 10 anos, por ser o prazo que os bancos financiadores adotam para os projetos que demandam crédito para tais atividades.

Os preços dos insumos, serviços e das vendas praticadas representam valores médios conservadores do que foi verificado no ano de 2012. Nos preços de venda, não incidem impostos, nem custos de comercialização, uma vez que correspondem a vendas na porteira da fazenda.

A estrutura de custos e receitas adotada é representativa de um nível tecnológico razoável, superior à média geral vigente, porém compatível com o perfil socioeconômico e cultural dos agricultores familiares. Dois fatores são marcantes na proposta. Um é a utilização da barragem subterrânea como um módulo de produção e o outro é a participação da família como supridora de 100% da mão de obra. Estima-se, com base em BNB (2009), que uma barragem padrão requer 61 homens/dia na sua exploração. Essa mão de obra familiar é alocada no período de entressafra da produção agropecuária, ou seja, no período de estiagem e de preços mais elevados dos produtos agrícolas.

Serão utilizadas as técnicas de *análise de rentabilidade simples* e *análise custo-benefício*, cujas estruturas de custos e receitas e medidas de resultados, a serem adotadas neste estudo, são as recomendadas pelo Instituto de Economia Agrícola de Secretaria de Agricultura de São Paulo.

### 3.2. Natureza e fonte das informações utilizadas

Considerando que as explorações agropecuárias praticadas em barragens subterrâneas no Nordeste do Brasil não seguem um padrão empresarial que caracterize um segmento econômico profissional, o delineamento da proposta padrão de exploração econômica desse tipo de barragem não é tarefa simples.

Assim, recorreu-se a uma série de fontes primárias e secundárias para obtenção das informações, com o objetivo de delinear o sistema de exploração que melhor retrate a realidade atual e as perspectivas futuras. Procurou-se, portanto, conhecer o perfil dessas unidades produtivas

(barragens subterrâneas) que, em seu conjunto, reflete o que em estatística descritiva é denominado de “Moda”, uma das medidas de tendência central.

Para se delinear a proposta com o máximo de realismo, foram adotados os seguintes procedimentos:

- a) pesquisa exploratória com visita às barragens subterrâneas localizadas na microbacia do rio Cangati, em Canindé (CE);
- b) entrevistas com agentes públicos e agricultores envolvidos com construção e explorações de barragens subterrâneas;
- c) entrevistas com técnicos da Secretaria dos Recursos Hídricos e da Secretaria do Desenvolvimento Agrário (SDA), ambas do Estado do Ceará, e com quatro agricultores, proprietários de áreas com barragem subterrânea;
- d) pesquisa bibliográfica aprofundada sobre o tema central deste estudo, inclusive nos anais da *2nd International Conference: Climate, Sustainability and Development in Semi-arid Regions* (ICID+18), realizada em Fortaleza, em 2010; e
- e) levantamento da experiência do Banco do Nordeste no fornecimento dos coeficientes técnicos, em estudos e pesquisas, na análise, aprovação e acompanhamento de projetos de financiamento de pequenos agricultores familiares.

Por meio de todos esses contatos e prospecções, foram coletadas as informações locais de preços, índices técnicos, conceitos, perfil tecnológico das explorações e opiniões abalizadas dos atores envolvidos.

### 3.3. Modelo de análise de custos e rentabilidade simples

#### a) Caracterização dos itens de custos

A estrutura de custos e receitas adotada neste estudo segue a metodologia proposta pelo Instituto de Economia Agrícola de Secretaria de Agricultura de São Paulo, por ser o procedimento mais moderno e compatível com os objetivos da barragem padrão que se propõe. Tal procedimento é relatado nos estudos *Análise Econômica da Ovinocultura no Distrito Federal* (UNB, 2004) e *Análise da Viabilidade Financeira e Econômica do Modelo de Exploração de Ovinos e Caprinos no Ceará por Meio do Sistema Agrossilvipastoril* (FRANÇA et al., 2011).

Assim, a caracterização dos custos e receitas definidos nos próximos parágrafos baseia-se nos estudos anteriormente referidos:

- Custo operacional efetivo: refere-se aos custos variáveis ou diretos e alguns itens de custos fixos incorridos, por meio de desembolso real. Neste componente de custos, estão incluídas as despesas normais para a obtenção da produção no período considerado.
- Custo operacional total: é composto pelo custo operacional efetivo mais os custos indiretos, representados pela depreciação e pelo valor da remuneração da mão de obra familiar.
- Custo total: é o mesmo que custo econômico e é representado pelo custo operacional total, acrescido do custo de oportunidade.

Dentre os componentes da estrutura de custos, merece destaque a remuneração do capital investido, que é definida como a taxa de retorno que o capital (fixo), empregado na produção, obteria em investimento alternativo.

## b) Medidas de resultados financeiros

Esses indicadores de renda são utilizados para análise da eficiência financeira de uso dos fatores de produção. Para Gomes (2002) apud Pereira (2003), “são os seguintes os indicadores de resultado: margem bruta, margem líquida, lucro, lucratividade e recuperação dos investimentos. Justificam-se esses diferentes indicadores financeiros porque eles têm mais ou menos importância, dependendo da unidade de tempo em referência. Assim, no curto prazo, o produtor deve estar mais preocupado com a margem bruta, no médio prazo, com a margem líquida e, no longo prazo, com o lucro”.

## 3.4. Modelo de avaliação com taxa de desconto - Análise custo-benefício

### 3.4.1. Sob a ótica financeira

A análise custo-benefício consiste em comparar todos os custos de cada projeto de investimento com os benefícios a serem gerados, a partir de um fluxo de caixa a uma determinada taxa

de atratividade do investimento. A viabilidade de projetos deverá resultar de uma análise de benefícios e custos econômicos de longo prazo, atendendo ao princípio de maximização da rentabilidade social do investimento, em que o valor presente dos benefícios totais, gerados pelo projeto, seja maior que o valor presente de todos os custos necessários a sua implantação e posterior funcionamento, ambos descontados com a mesma taxa.

Nas análises de empreendimentos produtivos, é desejável que se conheça todos os indicadores financeiros e econômico. Cada indicador utiliza medidas de resultados que permitem a avaliação do projeto por parte dos empreendedores e dos tomadores de decisões. Os primeiros indicadores dizem respeito, primordialmente, à ótica financeira, em que o foco refere-se às relações entre custos e receitas. Por sua vez, os indicadores do segundo segmento (econômico), pouco utilizados em análises de natureza similar a este estudo, identificam índices relacionados com a ótica econômica ou social, mais abrangente, por ter reflexos na dimensão socioeconômica.

Pela ótica financeira, são mostrados indicadores que mensuram o nível de atratividade do projeto para o empreendedor, bem como as condições de sustentabilidade e solvência. Para tanto, são utilizados os procedimentos:

- Fluxo Líquido de Caixa (FC): consiste na diferença entre as entradas e saídas do projeto em um horizonte de tempo compatível com a natureza do projeto. As entradas são obtidas pela soma de receitas/benefícios auferidas(os) e as saídas são os investimentos e custos realizados pelo produtor.
- Valor Presente Líquido (VPL): um projeto será rentável se seu VPL (descontado a uma determinada taxa) for maior que zero, pois, nesse caso, o valor monetário dos benefícios obtidos é maior que os recursos utilizados. A fórmula matemática do VPL é apresenta no quadro a seguir:

$$VPL = \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+i)^t} \quad (1)$$

Onde:

$FC_t$  = fluxo de caixa por período

$t$  = período (anos)

$n$  = tempo total do projeto (anos ou meses)

$i$  = taxa de desconto

- Taxa Interna de Retorno (TIR): a regra de decisão é aceitar aqueles projetos cuja TIR seja maior que a taxa de desconto mínima exigida. A seguir, apresenta-se a fórmula matemática da TIR:

$$TIR = \sum_{t=0}^T \frac{B_t - C_t}{(1+i)^t} = 0 \quad (2)$$

Onde:

$B_t$  = benefícios no período  $t$

$C_t$  = custos no período  $t$

$T$  = último ano em que se sentem os efeitos do projeto

- Relação Benefício-Custo (BC): se a RBC for igual a 1 ( $VPL = 0$ ), significa que o valor presente dos fluxos de benefícios e de custos, descontados à mesma taxa, é igual. Se for maior que 1, significa que os benefícios superam os custos. A fórmula matemática da RBC é mostrada no quadro:

$$\text{Relação B/C} = \frac{\sum_{t=0}^T \frac{B_t}{(1+i)^t}}{\sum_{t=0}^T \frac{C_t}{(1+i)^t}} \quad (3)$$

Onde:

$B_t$  = benefícios no período  $t$

$C_t$  = custos no período  $t$

$T$  = último ano em que se sentem os efeitos do projeto

$t$  = período (anos)

$i$  = taxa de desconto

- Recuperação do Investimento ou *Payback* (PB): este indicador mostra o número de períodos (anos) necessários para recuperar os recursos despendidos (investimentos) na implantação do projeto. O *payback* clássico é calculado por:

$$\text{Payback} = \frac{I_0}{(B_t - C_t)} \quad (4)$$

Onde:

$I_0$  = custos de investimento inicial, consistindo de todos os custos de investimento

$(B_t - C_t)$  = fluxo de caixa anual

As variáveis e os procedimentos selecionados neste estudo para a montagem do fluxo de caixa foram: a) fluxo de saída: valor dos investimentos iniciais e de despesas operacionais; b) fluxo de entrada: estimativa dos benefícios (receitas), além da receita de desinvestimento; c) adoção de uma taxa de desconto de 6% e de 12% ao ano; e d) fluxo financeiro para um horizonte de 10 anos.

Para a análise, optou-se pela seleção de duas taxas de desconto: i) uma, de 6% a.a., correspondente à remuneração média da caderneta de poupança, por ser compatível com a realidade financeira dos agricultores familiares; e ii) outra, de 12% a.a., por retratar a taxa Selic<sup>5</sup> prevista pelo Banco Central.

O fluxo de caixa, caracterizado aqui, configura a situação-base da análise, a partir da qual será construído o fluxo de caixa para a ótica econômica e para as várias simulações da análise de sensibilidade.

### 3.4.2. Sob a ótica econômica

Pela ótica social, procura-se determinar a atratividade do empreendimento para a sociedade como um todo. Trata-se de avaliar os fluxos de entradas e saídas, levando-se em conta os custos reais, isto é, sem as distorções dos preços de mercado, introduzidas por intervenções do governo, tais como tributação, subsídios e outras distorções do sistema de preços.

Na avaliação privada (financeira), os investimentos e fatores de produção, em geral, são valorados pelo preço de mercado. No entanto, nem todos os preços vigentes no mercado refletem adequadamente os benefícios e os custos incididos sobre sociedade. Dessa forma, é necessário que se estime o preço social (preço-sombra) dos fatores de produção, bens e serviços.

Como os preços econômicos ou preços sociais não são observados diretamente, via mercado, é necessário que se utilize algum critério ou metodologia de cálculo para se chegar até eles. Neste estudo, são adotados os fatores de conversão propostos pelo Banco Mundial, conforme Tabela 3.

---

5 A taxa Selic é um índice por meio do qual o mercado se orienta no estabelecimento das taxas de juros.

**Tabela 3.** Conversão dos itens de investimento de preços de mercado para preços de eficiência

Componentes do investimento e custos operacionais	Fator de conversão <sup>1</sup>
Mão de obra não qualificada	0,46
Mão de obra qualificada	0,81
Materiais e insumos nacionais	0,83
Equipamentos nacionais	0,80
Fundação de culturas	0,78 <sup>2</sup>
Valor da terra	1,00
Subtotal de investimentos	---
Custos operacionais	0,78 <sup>2</sup>

Fonte: *Contador (2008) e Carrera-Fernandez; Garrido (2002)*.

(<sup>1</sup>) Valores usualmente recomendados pelo Banco Mundial.

(<sup>2</sup>) Fator de conversão médio.

O enfoque utilizado para este trabalho foi o método aceito pelo Banco Mundial, tendo como precursores os autores L. Squire e H. G. Van der Tak, que procuraram operacionalizar as técnicas de Little; Mirrlees (1968).

## 4. Resultados e reflexões

### 4.1. Estrutura de investimentos, custos e receitas

Na simulação do padrão de uso da barragem subterrânea considerou-se como tecnologia de exploração a de vazante, porém, em patamares superiores à média vigente. Em Silva *et al.* (2007b), encontra-se o relato de que, nas áreas agricultáveis das barragens subterrâneas, “o preparo do solo é semelhante ao sistema de agricultura de vazante<sup>6</sup>, feito, geralmente, por tração animal”. A exploração é realizada dentro dos princípios da agroecologia. O financiamento da

6 A agricultura de vazante, praticada quando cessam as chuvas, consiste em cultivar nas faixas de terras situadas às margens úmidas dos açudes, barragens, lagoas e leitos dos rios, em declive suave, à medida que a água vai baixando (ANTONINO; AUDRY, 2001).

barragem padrão proposta poderá ser feito por meio do Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (Pronaf), nas modalidades Pronaf-Semiárido e Pronaf-Agroecologia, em que as bases e condições do financiamento são compatíveis com a renda do agricultor familiar.

Assim, os orçamentos de implantação e custeio das culturas exploradas foram feitos a partir dessa tipologia tecnológica. As tabelas 4, 5, 6 e 7 registram todas as informações concernentes à exploração agrícola da barragem.

Na Tabela 4, são apresentados os três estratos de custos de implantação que somam R\$ 14.717,00. A base física da barragem (terra e cercas) equivale ao valor de R\$ 4.332,00, os itens correspondentes à construção da barragem, por sua vez, somam R\$ 4.993,00 e, por fim, os investimentos com a implantação das culturas e aquisição de equipamentos perfazem um total de R\$ 5.392,00.

Ressalte-se que os dois parâmetros para estimar o custo com a barragem foram a extensão do eixo barrável de 50 m e a profundidade de 3,5 m. O investimento com a construção da barragem representa apenas 33,9% do investimento total.

**Tabela 4.** Valor dos investimentos totais de uma barragem subterrânea padrão no Ceará, considerada como um módulo de produção do estabelecimento rural

(R\$ 1,00 – dezembro de 2012)				
Estrato	Item	Discriminação	Valor (R\$)	Fonte da informação
Base física da barragem	Estimativa do valor da terra nua	3 ha de terra do estabelecimento correspondentes à bacia hidráulica da barragem e às áreas limítrofes	722,00	Consulta direta a agropecuaristas
	Cercas perimetrais	Cerca para proteger cultivos	3.610,00	BNB (2009)
	<b>Subtotal</b>		<b>4.332,00</b>	
Construção da barragem	Estudos prévios da barragem	Estudos de locação de barragem a ser feito por um especialista	602,00	Cirilo <i>et al.</i> (2003)
	Construção da barragem	Escavação mecânica, anéis e tampos de concreto, brita, manta de polietileno, reaterro, encaixe enfileirado de pedras e mão de obra. Dimensão: 50 m de extensão e 3,5 m de altura	4.091,00	Consulta direta a SRH-CE e Cirilo <i>et al.</i> (2003)
	Capacitação da família do agricultor para exploração racional da barragem	Realização de eventos para disseminar técnicas de cultivo de vazantes, uso da água do poço, seleção das culturas mais adequadas e manejo racional da barragem	300,00	Consulta direta ao Serviço Nacional de Aprendizagem Rural (Senar/CE)
	<b>Subtotal</b>		<b>4.993,00</b>	

(R\$ 1,00 – dezembro de 2012)				
Estrato	Item	Discriminação	Valor (R\$)	Fonte da informação
Exploração agrícola da barragem	Fundação de capineira	1 ha de capim de corte. 12 toneladas de matéria seca (t/MS)	722,00	BNB (2009)
	Fundação de culturas	Milho, feijão, batata, jerimum, melancia, cana-de-açúcar	2.202,00	SILVA <i>et al.</i> (1998)
	Máquina forrageira	Equipamento de pequeno porte	1.806,00	Pesquisa direta
	Arado manual	Arado mais animal de tração	662,00	Pesquisa direta
	Subtotal		5.392,00	
<b>Total geral</b>			<b>14.717,00</b>	

Fonte: elaboração dos autores com base nas fontes indicadas na coluna 5 da tabela.

**Tabela 5.** Valores da depreciação; conservação e manutenção; e receita de desinvestimento de uma barragem subterrânea padrão no Ceará, considerada como um módulo de produção do estabelecimento rural

(R\$ 1,00 – dezembro de 2012)					
Discriminação	Vida útil (anos)	Valor atual	Depreciação linear	Conservação e manutenção (2% a.a.)	Desinvestimento (ano 10)
Barragem	25	4.693,00	188,00	94,00	1.408,00
Cercas perimetrais	10	3.610,00	361,00	72,00	722,00
Máquina forrageira	10	1.805,00	180,00	36,00	-
Arado+animal	10	662,00	66,00	13,00	--
<b>Total</b>	-	<b>10.770,00</b>	<b>795,00</b>	<b>215,00</b>	<b>2.130,00</b>

Fonte: elaboração dos autores.

Os custos operacionais (Tabela 5 e 6), considerados no segundo ano do projeto (estabilização), somaram R\$ 3.452,00, ou seja, 23,45% do total. Os valores considerados tomaram por base a exploração de vazante, que é uma situação intermediária entre exploração irrigada e em sequeiro.

**Tabela 6.** Valor dos custos operacionais de uma barragem subterrânea padrão no Ceará, considerada como um módulo de produção do estabelecimento rural

(R\$ 1,00 – dezembro de 2012)			
Item	Discriminação	Valor (R\$)	Fonte da informação
Custeio das explorações agrícolas	Inclui mão de obra a partir do ano 02 do fluxo:		
	1,5 ha de feijão, milho, melancia e jerimum = R\$ 1.360,00	2.082,00	BNB (2009) e Pesquisa Direta
	1,0 ha de capim de corte = R\$ 361,00		
	0,5 ha de cana forrageira = R\$ 361,00		
Energia com a forrageira	6 meses	144,00	Estimativa do autor
Conservação e manutenção	2% do valor da barragem, cercas, forrageira e arado	215,00	BNB (2009)
Depreciação	Barragem, cercas, forrageira e arado	795,00	---
<b>Total</b>		<b>3.236,00</b>	

Fonte: elaboração dos autores com base nas fontes indicadas na Coluna 4.

Nas estimativas das receitas apresentadas na Tabela 7, considerou-se o nível dos preços pouco mais elevado que o dos praticados na época da safra, redundando no valor de R\$ 6.973,00. Outro benefício gerado pelo projeto é a valorização da terra nua (externalidade positiva), sob a influência da barragem, estimado em R\$ 4.700,00.

**Tabela 7.** Valor das receitas diretas da barragem padrão no Ceará, de porte médio, considerada como um módulo de produção do estabelecimento rural

R\$1,00 – dezembro de 2012)				
Item		Discriminação	Valor (R\$)	Fonte da Informação
Milho e feijão	Milho: 0,5 ha - 1.000 quilogramas (kg) Feijão: 0,5 ha - 450 kg	Preços elevados de entressafra. Valor do autoconsumo	1.745,00	BNB (2009) e Silva <i>et al.</i> (2007a)
Batata, melancia e jerimum	0,5 ha - 2.500 kg	Preços elevados na entressafra	3.008,00	Silva <i>et al.</i> (2007a)
Capineiras	1,0 ha	Produção 60 t/ano-12 t de MS	866,00	BNB (2009)
Cana-de-açúcar	0,5 ha - 22,5 t	Para alimentação animal	1.354,00	BNB (2009) e Silva <i>et al.</i> (2007a)
<b>Total</b>			<b>6.973,00</b>	

Fonte: elaboração dos autores com base nas fontes indicadas na Coluna 5.

Outra informação relevante para subsidiar políticas públicas é que, segundo Oliveira (2010), uma barragem subterrânea de porte médio acumula<sup>7</sup> em torno de 15 mil metros cúbicos (m<sup>3</sup>) de água.

## 4.2. Análise de custos, receitas e medidas de resultados

A partir da Tabela 8, são visualizados todos os componentes – incluindo as medidas de resultados - necessários para a análise de custos e receitas da barragem padrão. Os valores dos itens constantes da referida tabela são decorrentes dos procedimentos metodológicos, da sondagem de campo e de subsídios fornecidos pelas Tabelas 4, 5, 6 e 7. Na composição dos custos diretos, não constam os itens de assistência técnica, assumidos pelo Governo, nem encargos sociais, em função do caráter familiar do empreendimento.

**Tabela 8.** Demonstrativo de custos, receitas e medidas de resultados da barragem subterrânea padrão, em um período de seis meses

Especificação	Total da Atividade (R\$) (R\$ 1,00 – Dez/2012)
Renda Bruta (RB)/Benefícios	7.443,00
Vendas da produção + valor do autoconsumo	6.973,00
Varição patrimonial-1/10 da valorização da terra nua	470,00
<b>Custo de Produção</b>	
Explorações agrícolas* (30% do total de R\$ 2.082,00)	625,00
Energia elétrica (forrageira, etc.)	144,00
Conservação/manutenção	215,00
Custo Operacional Efetivo (COE)	984,00
Mão de obra familiar (70% do total de R\$ 2.082,00)	1.457,00
Depreciação	795,00
<b>Custo Operacional Total (COT)</b>	<b>2.252,00</b>
Remuneração do capital investido	872,00
<b>Custo Total (CT)</b>	<b>3.124,00</b>
<b>Medidas de Resultado</b>	

7 Parâmetros para o cálculo da disponibilidade de água de uma barragem subterrânea padrão:

L = largura média do depósito aluvional: 70 m.

C = comprimento da área à montante do barramento: 500 m.

E = espessura saturada média do depósito aluvional: 3 m.

X = coeficiente de porosidade: 15%.

Fórmula para o cálculo do volume de água disponível:  $V = L \times C \times E \times X$ .

Especificação	Total da Atividade (R\$) (R\$ 1,00 – Dez/2012)
Margem Bruta (RB – COE)	6.459,00
Margem Líquida (RB - COT)	5.191,00
Lucro Líquido (RB - CT)	4.319,00
Lucratividade (%)	58,0
Recuperação do Investimento (Anos)	3,5
Margem Líquida Mensal Média – R\$ (seis meses)	865,16
Renda Familiar Disponível Mensal – R\$ (seis meses)	1.108,00

Fonte: elaboração dos autores.

(\*) Excluído o custo com mão de obra, que se insere no item mão de obra familiar

Dos custos diretos, destacam-se apenas os gastos com as explorações agrícolas no valor de R\$ 625,00. O custo operacional efetivo representa apenas 13,2% da receita total, ficando o percentual restante do custo total representado pela mão de obra familiar (R\$ 1.457,00), depreciação (R\$ 795,00) e remuneração do capital investido (R\$ 872,00).

Os valores encontrados denotam a viabilidade da exploração proposta, tendo em vista que a margem líquida, no período de exploração da barragem, alcançou o valor de R\$ 5.191,00, representando uma lucratividade de 58,0%. A margem líquida mensal, por sua vez, foi de R\$ 865,16. Já a renda familiar mensal de R\$ 1.108,00 foi gerada no período de seis meses e composta pela soma da margem líquida mais a remuneração da mão de obra familiar, que representa 1,78% do salário mínimo.

Ainda com base na Tabela 4, a recuperação dos investimentos, no valor de R\$ 14.717,00 (Tabela 4), ocorreria em 3,5 anos, caso fosse utilizado todo o lucro líquido do módulo de produção. Por outro lado, caso tais investimentos, excluindo-se a terra, fossem oriundos de financiamento orientado para agricultores familiares - no prazo de 10 anos, com juros reais igual a zero, por se tratar de pequeno produtor localizado no Semiárido nordestino -, o reembolso corresponderia a R\$ 1.400,00/ano, comprometendo apenas 27% da margem líquida, sendo uma situação confortável para o produtor e plenamente aceita pelos bancos financiadores.

### 4.3. Indicadores da análise custo-benefício

#### a) Indicadores Obtidos

Para obtenção dos indicadores, por meio da análise custo-benefício financeira e econômica, foi feita a estimativa do orçamento do projeto (R\$ 14.717,00) e foram reagrupados os valores, objetivando levantar os componentes de custos, de acordo com a estrutura constante da coluna 1 da Tabela 3, para efeito de aplicação do fator de conversão de preços de mercado para preço de eficiência, conforme demonstrado na Tabela 9.

A partir desses novos valores de investimento (R\$ 11.435,00) e de custos operacionais (R\$ 2.524,00), foi construído o fluxo de caixa, sob a ótica econômica, para a barragem-padrão. Essa nova planilha difere da planilha do fluxo financeiro-base apenas nos itens de investimentos e custos operacionais.

Assim procedendo, para a análise financeira (privada), os indicadores (Tabela 10) foram bem razoáveis, tendo em vista que a TIR atingiu o percentual de 60,62%, muito superior à taxa de desconto de 6% e de 12%. Como consequência, os demais indicadores (Relação B/C, VPL e *payback*) foram, também, sinalizadores de retorno muito acima dos custos.

**Tabela 9.** Valor dos investimentos e dos custos operacionais da barragem subterrânea padrão, a preços de mercado e a preços de eficiência

Componentes do investimento <sup>1</sup>	Valor do investimento (preços de mercado)	Valor do investimento (preços de eficiência) <sup>2</sup>
Mão de obra não qualificada	1.731,00	796,00
Mão de obra qualificada	2.367,00	1.917,00
Materiais e insumos nacionais	4.688,00	3.891,00
Equipamentos nacionais	2.286,00	1.829,00
Fundação de culturas	2.923,00	2.280,00
Valor da terra	722,00	722,00
Subtotal de investimentos	14.717,00	11.435,00
Custos operacionais	3.236,00	2.524,00

Fonte: elaboração dos autores com base nas tabelas 3 e 4.

(<sup>1</sup>) Orçamento do projeto conforme tabelas 4, 5 e 6.

(<sup>2</sup>) Transformação feita com base na Tabela 3.

Quando se analisa a viabilidade do projeto da barragem subterrânea padrão, sob a ótica econômica, os indicadores sinalizam altíssima viabilidade. A TIR obtida foi de 212,07%, quando 12% já garantiria viabilidade.

**Tabela 10.** Indicadores financeiros e econômicos decorrentes da análise custo-benefício

Indicadores	Fluxo financeiro	Fluxo econômico (ótica social)
Relação Benefício/Custo	1,63	2,14
Valor Presente Líquido a 6% - R\$	20.568,40	29.903,31
Valor Presente Líquido a 12% - R\$	14.570,16	22.743,66
Taxa Interna de Retorno - %	60,62	212,07
Payback – anos	3,5	2,7

Fonte: elaboração dos autores.

Conforme dados apresentados na Tabela 10, a TIR do empreendimento em análise foi de 60,62%, na ótica financeira, e 212,07%, na ótica econômica. Essa situação demonstra que a diferença entre as duas taxas resulta na contribuição que os produtores familiares repassariam indiretamente à sociedade. Em outras palavras, os agricultores familiares, ao adotarem a barragem padrão, gerariam um valor presente líquido anual (6% de taxa de retorno) de R\$ 29.903,31, mas só se apropriariam de R\$ 20.568,40, ficando a diferença, de R\$ 9.334,90, com a sociedade, na forma de tributação, transferências, câmbio desvirtuado e outras distorções no sistema de preços.

## b) Análise de sensibilidade

O estudo de sensibilidade, que, de um modo geral, é uma análise de riscos, apresenta alternativas de viabilidade para variações, para mais ou para menos, em componentes de custos e receitas, em perspectivas probabilisticamente aceitáveis. Os aumentos ou as reduções de custos de implantação da barragem poderão ocorrer em função da impossibilidade de se conhecer tais valores previamente, pois são muito variáveis. As receitas poderão variar em função da característica da quadra invernososa: caso seja de poucas chuvas, as receitas devem aumentar e, se for rigorosa e longa, os benefícios monetários são reduzidos.

As simulações feitas na análise de sensibilidade (tabelas 11 e 12) denotam que aumentos nos custos afetam fortemente a viabilidade do projeto, ensejando a necessidade de cuidados no

planejamento e na execução das obras e nas explorações agrícola e social, no sentido de cumprir os orçamentos e evitar aumento nos custos, o que tornaria o projeto inviável. Em todas as simulações feitas, com cenário de variações nos custos e nas receitas, a TIR ficou muito acima de 12%. Para o fluxo financeiro, nas quatro simulações (Tabela 10) feitas para taxa de desconto de 6% e 12%, a TIR oscilou entre 24,60% e 29,48%. Já na ótica econômica, a TIR variou de 69,70 a 82,40%. Estes indicadores asseguram a robustez da viabilidade financeira e econômica desse padrão de exploração agrícola centrado na barragem subterrânea.

**Tabela 11.** Indicadores observados sob a ótica financeira para a análise de sensibilidade

Indicadores	Incremento de 20% nos Custos	Redução de 20% nos Benefícios	Incremento de 10% nos custos e Redução de 10% nos Benefícios
Relação Benefício-Custo	1,36	1,31	1,34
Valor Pres. Líquido a 6% - R\$	12.609,95	8.496,27	10.553,11
Valor Pres. Líquido a 12% - R\$	7.565,65	4.651,62	6.108,64
Taxa Interna de Retorno - %	29,48	24,60	27,23

Fonte: elaboração dos autores.

**Tabela 12.** Indicadores observados sob a ótica econômica para a análise de sensibilidade

Indicadores	Incremento de 20% nos Custos	Redução de 20% nos Benefícios	Incremento de 10% nos custos e Redução de 10% nos Benefícios
Relação Benefício-Custo	1,78	1,71	1,75
Valor Pres. Líquido a 6% - R\$	23.811,83	17.831,17	20.947,58
Valor Pres. Líquido a 12%-R\$	17.373,85	12.825,11	15.176,29
Taxa Interna de Retorno - %	82,24	69,70	76,29

Fonte: elaboração dos autores.

Assim, as conclusões mais relevantes extraídas da análise da viabilidade da exploração agropecuária de barragem subterrânea feita neste artigo são as seguintes:

- a exploração agropecuária na bacia hidráulica de barragem subterrânea é financeira e economicamente viável para o agricultor familiar;
- é um empreendimento que requer baixo investimento para ser implantado;

- tem relevância social em função de ocupar mão de obra familiar, de ofertar alimentos e água potável no período de entressafra (estiagem);
- apresenta elevada lucratividade com retorno rápido dos investimentos; e
- os indicadores de viabilidade financeira são desfavoráveis ao agricultor se comparado aos indicadores sob a ótica econômica.

## Referências

- ANTONINO, A.C.D.; AUDRY, P. **Utilização de água no cultivo de vazante no semiárido do Nordeste do Brasil**. Recife: UFPE/IRD, 2001. 100 p.
- BANCO DO NORDESTE DO BRASIL - BNB. **Sistema de elaboração e análise de projetos SEAP: orçamentos**. Fortaleza: versão 2009.
- CARRERA, F.J.; GARRIDO, R.J. **Economia dos recursos hídricos**. Salvador: EDUFBA, 2002.
- CIRILO, J.A . *et al.* Soluções para o suprimento de água de comunidades rurais difusas no semiárido brasileiro: avaliação de barragens subterrâneas. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. v. 8, n. 4, p. 5-24 out./dez. 2003.
- CIRILO, J.A.; COSTA, W.D. Barragem Subterrânea: Experiência em Pernambuco subsurface inpoudments, The experience of the Pernambuco State. In: INTERNATIONAL RAINWATER CATCHMENT SYSTEMS CONFERENCE, 9., Brasil, 1999 in Portuguese. **Anais...** Brasil, 1999.
- CONTADOR, C.R. **Projetos sociais**. São Paulo: Atlas, 2008.
- DA MOTTA, R.S. **Análise de custo-benefício: uma revisão metodológica**. Rio de Janeiro, RJ: Ed. IPEA / INPES, Relatório Interno n.7, 1988.
- FOSTER, S.; TUINHOF, A. **Brasil, Kenya: subsurface dams to augment groundwater storage in basement terrain for human subsistence**. Washington-DC/USA: The World Bank, 2004. (Case Profile Collection, 5).

FRANÇA, F.M.C. *et al.* Análise da viabilidade financeira e econômica do modelo de exploração de ovinos e caprinos no Ceará por meio do sistema agrossilvipastoril. **Revista Econômica do Nordeste**, v. 42, n. 2, abr./junho 2011.

\_\_\_\_\_. **Avaliação socioeconômica dos resultados e impactos do Projeto de Desenvolvimento Hidroambiental do Estado do Ceará PRODHAM e sugestões de políticas**. Fortaleza: Secretaria dos Recursos Hídricos, 2010. 174 p.

FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS – FUNCEME. Secretaria dos Recursos Hídricos - SRH-CE. **Avaliação geoambiental de práticas conservacionistas implantadas na microbacia do rio Cangati, Canindé-CE**. Fortaleza: 2010. 390 p.

FUNDAÇÃO INSTITUTO DE PESQUISA E INFORMAÇÃO DO CEARÁ – IPLANCE. **ATLAS DO CEARÁ**. FORTALEZA: 1997. 65 P.

GUIMARÃES, G.A.M.C.; GUANZIROLI, C.H. Desenvolvimento regional rural sustentável e economias de escopo na agricultura: um exemplo a explorar. In: CONGRESSO DA SOBER, 43. Ribeirão Preto-SP, 24 a 27 de julho de 2005, **Anais...** Ribeirão Preto-SP, 2005.

INSTITUTO DE TECNOLOGIA SOCIAL – ITS. **Caderno de Debate Tecnologia Social no Brasil**. São Paulo: 2004.

LITTLE, M.I.D.; MIRRLEES, J.A. **Manual de projetos industriais nos países em desenvolvimento**. Paris, França: Ed. OCDE, 1968.

OLIVEIRA, J.B. **Práticas inovadoras de controle edáfico e hidroambiental para o semiárido do Ceará**. Fortaleza: SRH-CE, 2010.

OLIVEIRA, J.B.; ALVES, J.J.; FRANÇA, F.M.C. **Barragem subterrânea**. Fortaleza: Secretaria dos Recursos Hídricos, 2010. 31p.

PEREIRA JUNIOR, J.S. **Nova delimitação do semiárido brasileiro**. Brasília: Câmara dos Deputados, 2007. 25 p.

PEREIRA, G. F. **Estudo da rentabilidade de um sistema de produção de leite de cabra no estado do Rio Grande do Norte**. Monografia (Especialização) - UFRN, Natal: 2003.

PINDYCK, R.S.; RUBINFELD, D.L. **Microeconomia**. 6. ed. 3. reimpr. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.

SILVA, M.S.L. *et al.* Exploração agrícola em barragens subterrânea. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 33, n. 6, jun.1998.

SILVA, Ma.S.L. *et al.* Barragem subterrânea: água para produção de alimentos. In: BRITO, L.T. de L.; MOURA, M.S.B. de; GAMA, G.F.B. eds. **Potencialidades da água de chuva no semiárido brasileiro**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2007a. cap. 6, p. 121-137.

SILVA, Ma.S.L. **Barragem subterrânea**: uma opção de sustentabilidade para a agricultura familiar do semiárido do Brasil. Recife: Embrapa Solos, 2007b. Circular Técnico, 36.

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - UnB. **Análise econômica da ovinocultura no Distrito Federal**. Brasília: 2004.

VÉTÉRINAIRES SANS FRONTIÈRES - VSF. **SubSurface dams**: a simple, safe and affordable technology for pastoralists. Belgium: 2006. Disponível em: <[http://friendsofkitui.com/images/PDFs/Sub\\_surface\\_dams\\_VSF.pdf](http://friendsofkitui.com/images/PDFs/Sub_surface_dams_VSF.pdf)>. Acesso em: 20 mai 2011.